

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)  
Кафедра «Автотранспортная и техносферная безопасность»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ  
РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ»

Составитель:  
И.С. Кощев

Владимир 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

Практическая работа №1. <b>Определение сил гидростатического давления, сил давления на стенки</b> .....	3
Практическая работа №2. <b>Решение задач с применением уравнения Бернулли и уравнений неразрывности потока</b> .....	4
Практическая работа №3. Лабораторная работа №1. <b>Потери напора в трубопроводах и пожарных рукавах. Определение расхода и напора у ствола для получения пожарных струй требуемой длины</b> .....	17
Практическая работа №4. <b>Упрощенный расчет насосно-рукавных систем с помощью таблиц</b> .....	29
Практическая работа №5 - 8. Лабораторная работа №3 – 4 <b>Противопожарные резервуары, водопроводные сооружения, насосные сооружения</b> .....	33
Практическая работа № 9 – 10. Лабораторная работа № 2, 5, 6 <b>Наружное и внутреннее противопожарное водоснабжение</b> .....	51
Список литературы.....	71

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

### Определение сил гидростатического давления, сил давления на стенки.

**Тема работы:** Решение задач по расчету гидростатического давления в резервуарах и трубопроводах.

**Цели работы:**

- закрепление теоретических знаний по теме «Гидростатика»;
- научиться расчету гидростатического давления в резервуарах и трубопроводах.

### 1 Краткие теоретические сведения

Гидравликой называют науку, изучающую законы равновесий и движения различных жидкостей.

Жидкости характеризуются определенными физическими свойствами: плотностью, удельным весом, сжимаемостью, вязкостью и др.

**Плотностью**  $\rho$  называется масса жидкости, содержащейся в единице объема, кг/м<sup>3</sup>:

$$\rho = M/V \quad (1)$$

Для дистиллированной воды при 4 °С  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

**Удельным весом**  $y$  жидкости называется вес единицы объема жидкости, Н/м<sup>3</sup>:

$$y = G/V = mg/(m/p) = pg, \quad (2)$$

где  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> — ускорение свободного падения. Для дистиллированной воды при 4 °С  $y = 9806$  Н/м<sup>3</sup>.

**Удельным объемом**  $v$  жидкости называется объем, занимаемый единицей массы жидкости, м<sup>3</sup>/кг:

$$v = V/M = 1/\rho \quad (3)$$

**Сжимаемость** (или объемная упругость) жидкости характеризуется коэффициентом сжимаемости (или объемного сжатия). Под упругой сжимаемостью жидкости понимают ее способность принимать прежний объем  $V$  после снятия нагрузки  $Ap$ . Отношение относительного изменения объема жидкости  $\Delta V/V$  к изменению давления  $Ap$  и называется коэффициентом объемного сжатия:

$$P_v = -(\Delta V/V)/Ap. \quad (4)$$

При изменении давления до 500 атм = 49 МПа коэффициент  $P_v$  для воды практически постоянен и равен  $4,9 \cdot 10^{-10}$  м<sup>2</sup>/Н.

Величина, обратная коэффициенту сжимаемости, называется **модулем объемной упругости**

$$E_0 = 1/P_v = -Ap/(\Delta V/V). \quad (5)$$

Для воды в обычных условиях  $E_0 = 2,03 \cdot 10^9$  Па -  $2,07 \cdot 10^4$  кгс/см<sup>2</sup>.

**Вязкость** — это свойство жидкости оказывать сопротивление относительному движению (сдвигу) слоев жидкости.

**Основное уравнение гидростатики.** Абсолютное давление в любой точке жидкости на глубине  $h$  равно сумме поверхностного давления  $p_0$  и избыточного давления, созданного весом столба жидкости,  $\rho gh$ .

$$P = P_0 + \rho gh \quad (6)$$

**Закон Паскаля.** Давление, приложенное к внешней поверхности жидкости, не нарушающее ее равновесия, передается всем точкам этой жидкости без изменения.

$$P_2 = P_1 F_2 = P_j (F_2/F) = P_i (d_2/d_i)^2. \quad (7)$$

**Закон Архимеда.** На тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, направленная вертикально вверх и равная весу жидкости, вытесненной телом.

$$P = P_2 - P_1 = \rho_{жк} g h F = \rho_{жк} g V = P_A. \quad (8)$$

где  $\rho_{жк} g V$  — вес жидкости, вытесненной телом.

**Давление жидкости на плоскую стенку.** Полная сила давления жидкости на плоскую стенку равна произведению площади стенки на гидростатическое давление в центре тяжести этой площади.

$$P = (p_0 + \rho gh_c) F = p_c F. \quad (9)$$

**Гидравлическим радиусом  $R_h$ .** Отношение площади живого сечения потока к смоченному периметру:

$$R_h = F/P. \quad (10)$$

**Уравнением неразрывности потока.** При установившемся движении несжимаемой жидкости произведение площади живого сечения на среднюю скорость потока есть величина постоянная.

$$F v_{ср} = const \text{ (вдоль потока)}. \quad (11)$$

## 2 Практическая часть

### Задача 1.

Уровень мазута в вертикальном цилиндрическом баке, диаметром  $d$ , за некоторое время понизился на  $Ah$  м. Определить количество израсходованного мазута, если его плотность при температуре окружающей среды  $20^\circ\text{C}$  равна  $\rho = 990$  кг/м<sup>3</sup>.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d$	2	3	4	5	4,5	3,5	2,5	5,5	6
$Ah$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6

Задача 2.

По условиям гидравлического испытания водопровода диаметром  $d$  мм и длиной  $l$  м давление должно быть поднято от атмосферного до 2 МПа. Определить объем воды, который потребуется дополнительно подать в трубопровод.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$d$	200	250	300	350	220	320	240	340	210
$l$	1000	1200	1400	1100	1500	1300	1700	1600	1300

Задача 3.

Как измениться объем воды в системе отопления, имеющей емкость  $V$ , после подогрева воды от начальной температуры  $t_{хол}$  до  $t_{гор}$ ? Температурный коэффициент объемного расширения воды принять равным.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$V$ ,	100	105	110	115	120	115	110	105	100
$t_{хол}$	5	8	10	12	15	5	8	10	12
$t_{гор}$	95	90	100	95	100	105	110	90	105

Задача 4.

Определить изменение объема 27 т нефтепродукта в хранилище при колебании температуры от  $t_{хол}$  до  $t_{гор}$  °С если при  $t_{хол}$  плотность  $\rho_{хол}$  кг/м<sup>3</sup>, а температурный коэффициент объемного расширения  $\rho_t=0,001$  1/°С.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\rho_{хол}$	900	850	800	850	900	850	800	900	850
$t_{хол}$	20	25	30	20	30	35	20	25	30
$t_{гор}$	50	55	60	65	60	55	50	65	60

Задача 5.

Прямоугольный открытый резервуар предназначен для хранения  $V, m^3$  воды. Определить силы давления на стенки и дно резервуара, если ширина дна  $a$ , а длина  $L$ .

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$V$	30	35	38	40	42	40	38	35	30
$A$	3	3,5	4	4,5	3	3,5	4	4,5	4,5
$L$	5	5,5	6	6,5	5	5,5	6	6,5	6

Задача 6.

Вертикальный цилиндрический резервуар емкостью  $V$  м и высотой  $h$  м заполнен водой. Определить силы давления воды на боковую стенку и дно резервуара.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$V$	314	315	316	317	318	319	320	321	322
$h$	4	4,2	4,4	4,8	5,0	5,2	5,4	5,8	6,0

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

### Решение задач с применением уравнения Бернулли и уравнений неразрывности потока

**Тема работы:** Решение задач с применением уравнения Бернулли и уравнений неразрывности потока.

#### Цели работы:

- закрепление теоретических знаний по темам «Уравнение неразрывности потока», «Уравнение Бернулли»;
- научиться рассчитывать расход воды при помощи ствола-водомера;
- определять скорость движения воды в насадке пожарного ствола;
- определить расход воды в трубопроводе при помощи водомера Вентури.

#### Порядок выполнения работы:

- 1 Повторить пройденный материал.
- 2 Изучить материал по теме работы.
- 3 Ознакомиться с заданием.
- 4 Выполнить задание.
- 5 Сдать работу на проверку в сроки установленные преподавателем.

### Методические рекомендации

#### 1. Краткие теоретические сведения

##### Уравнение неразрывности потока

Рассмотрим установившееся движение жидкости в жестком русле переменного сечения между двумя произвольно выбранными сечениями 1-1 и 2-2, проведенными нормально к средней линии потока (рис. 1).

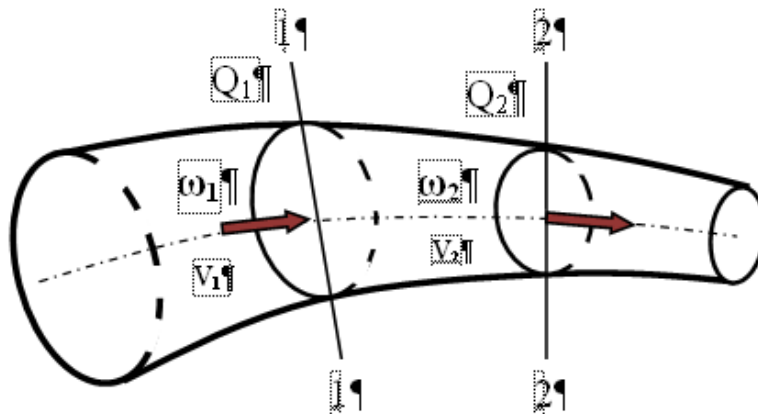


Рисунок 1 - Схема к выводу уравнения неразрывности потока

Через сечение 1-1 за единицу времени поступит объем жидкости  $Q_1$ , а через сечение 2-2 за это время выйдет объем жидкости  $Q_2$ . Объем  $Q_1$  должен быть равен  $Q_2$ , так как жидкость несжимаема, стенки русла жесткие и установившееся движение сплошного потока происходит без разрывов. Следовательно,

$$Q_1 = Q_2 = const \quad (12)$$

Это уравнение называют уравнением постоянства расхода. Из него следует, что при установившемся движении несжимаемой жидкости расход ее в любом сечении постоянен.

Так как  $Q = V \cdot \omega$ , то уравнение (1) можно записать в таком виде:

$$V_1 \cdot \omega_1 = V_2 \cdot \omega_2 = const \quad (13)$$

Уравнение (2) называют уравнением неразрывности потока. Оно устанавливает следующую закономерность при установившемся движении несжимаемой жидкости: произведение средней скорости в любом сечении потока на площадь этого живого сечения является постоянной величиной. Из уравнения (2) находим

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

т. е. средние скорости потока обратно пропорциональны площади соответствующих живых сечений.

### Уравнение Бернулли

Рассмотрим установившееся движение и определим удельную энергию, которой обладает элементарная струйка идеальной жидкости. Напомним, что удельная энергия есть энергия, отнесенная к единице силы тяжести жидкости. Любая частица жидкости массой  $m$  обладает запасом полной удельной энергии  $E$ , которая складывается из **удельной потенциальной энергии**  $E_{\Pi}$  и **удельной кинетической энергии**  $E_K$ , т.е.  $E = E_{\Pi} + E_K$ .

Запас удельной потенциальной энергии частицы жидкости состоит из удельных потенциальных энергий положения  $E_{\text{пол}}$  и давления  $E_D$  можно записать

$$E_{\Pi} = z + p / \rho g ,$$

где  $z$  – удельная потенциальная энергия положения.

$p / \rho g$  – удельная потенциальная энергия давления.

Частица жидкости массой  $m$ , движущаяся со скоростью  $V$ , обладает кинетической энергией, при этом удельная кинетическая энергия  $E_K$  будет равна:

$$E_K = mv^2/2mg = v^2/2g .$$

Таким образом, полная удельная энергия частицы жидкости в сечении 1-1 (рис. 2) будет равна:

$$E_1 = z_1 + p_1 / \rho g + v_1^2/2g .$$

Тогда полная удельная энергия в сечении 2-2 соответственно рассчитывается по формуле:

$$E_2 = z_2 + p_2 / \rho g + v_2^2/2g .$$



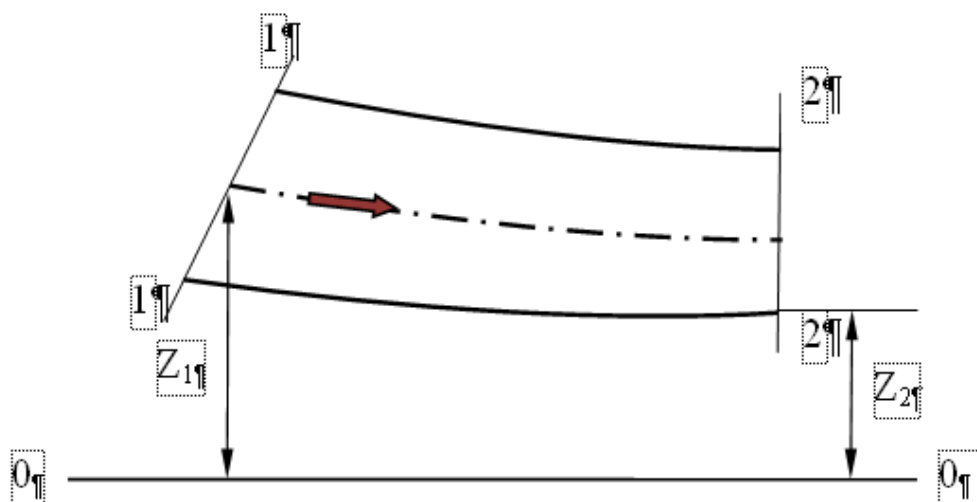


Рисунок 2 - Схема к выводу уравнения Бернулли

При движении идеальной жидкости не возникает сил сопротивления (трения), поэтому на основе законов сохранения энергии можно написать  $E_1 = E_2$  или поскольку сечения 1-1 и 2-2 были взяты произвольно, то вдоль всей длины струйки

$$z + p / \rho g + v^2 / 2g = \text{const.}$$

Полученное уравнение называется **уравнением Бернулли**. Оно показывает, что для **элементарной струйки идеальной жидкости полная удельная энергия**, т.е. сумма удельных энергий положения, давления и кинетической, есть **величина постоянная во всех сечениях**.

Если вместо идеальной жидкости рассматривать жидкость реальную, обладающую вязкостью, то по длине потока полная удельная энергия будет уменьшаться, так как часть энергии затрачивается на преодоление сопротивления движению, обусловленного внутренним трением в жидкости. В связи с этим полная удельная энергия в сечении 1-1 будет всегда больше, чем в следующем за ним сечении 2-2, на величину указанных потерь энергий  $h$ . Тогда в соответствии с законом сохранения энергии можно записать  $E_1 = E_2 + h$ , и уравнение Бернулли для потока реальной жидкости получит вид:

$$z_1 + p_1 / \rho g + v_1^2 / 2g = z_2 + p_2 / \rho g + v_2^2 / 2g.$$

Величина  $h$  также измеряется в единицах длины и называется **потерянным напором**.

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

Все члены уравнения Бернулли имеют размерность длины, поэтому его можно представить графически (рис. 3). Соединив уровни жидкости в пьезометрах, получим линию удельной потенциальной энергии или линию пьезометрического напора. Она находится на расстоянии  $z + p / \rho g$  от плоскости отсчета.



Рисунок 3 - Иллюстрация уравнения Бернулли

Величину удельной кинетической энергии  $v^2/2g$  можно измерить, если поместить в движущуюся жидкость, как это видно из рисунка 3, трубку, изогнутую в направлении, противоположном движению. Тогда уровень жидкости в трубке поднимается выше уровня в пьезометре на величину  $v^2/2g$ , так как жидкость при движении оказывает дополнительное давление, равное давлению столба жидкости высотой  $v^2/2g$ . Такая трубка называется скоростной трубкой, или трубкой Пито, а величина  $v^2/2g$  - **скоростным напором**. Отложив вверх от пьезометрической линии для всех сечений соответствующий скоростной напор  $v^2/2g$  и соединив отмеченные точки плавной линией, получим линию полной удельной энергии или линию полного (или гидродинамического) напора, равного  $H = z + p/\rho g + v^2/2g$ .

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

Проводя на расстоянии  $H_1$  от плоскости отчета 0-0 горизонтальную прямую  $mn$  (величина полного напора в сечении 1-1), соответствующую линии полного напора для идеальной жидкости, получим для сечения 2-2 между линиями полных напоров для идеальной и реальной жидкостей отрезок  $h$ , который представляет собой потерю напора на пути между первым и вторым сечениями;  $h = H_1 - H_2$ , где  $H_2$  - гидродинамический напор в сечении 2-2. Уменьшение полной удельной энергии жидкости вдоль потока, приходящееся на единицу его длины  $i = h/l$ , называется **гидравлическим уклоном**.

## 2. Практическая часть

### Практическое применение уравнения Бернулли

Применение некоторых приборов и устройств в пожарной практике основано на знании уравнения Бернулли. Далее приводятся несколько примеров

применения уравнения Бернулли в этой области.

### Ствол-водомер

Ствол-водомер используется для измерения расхода воды, проходящей по рукавным линиям. Он состоит из собственно ствола 1 с манометром 2 и насадка 3 (рис.4).

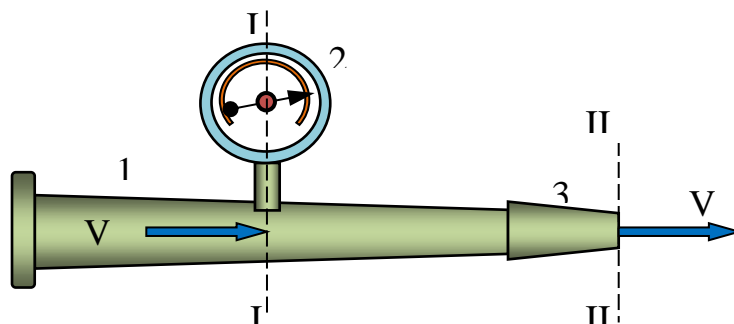


Рисунок 4 - Ствол-водомер

Составим уравнение Бернулли для сечений I-I и II-II, учитывая, что плоскость отсчета проходит по оси ствола

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_{1-2},$$

$$z_1 = z_2 = 0; \quad \frac{p_1}{\rho g} = \frac{p_{\text{ман}}}{\rho g} = H_{\text{ман}},$$

где  $p_{\text{ман}}$  - показания манометра;  $\frac{p_2}{\rho g} = 0$ , так как  $p_2 = 0$  - избыточное давление на выходе из насадки при истечении в атмосферу.

Потери напора  $h_{1-2}$  можно приближенно считать равными потерям напора в насадке и выразить через коэффициент местного сопротивления в насадке  $\xi_n$

$$h_{1-2} = \xi_n \frac{V^2}{2g}.$$

Определим показания манометра  $H_M = p/\rho g$ , учитывая, что избыточное давление при выходе струи в атмосферу равно нулю ( $p_2/\rho g = 0$ ), так как происходит полное преобразование потенциальной энергии в кинетическую:

$$p_1/\rho g = H_M = v_2^2/2g - v_1^2/2g$$

В полученном выражении скоростной напор  $v_1^2/2g$  можно не учитывать, так как он составляет очень малую величину по сравнению со значениями других параметров. С учетом принятых допущений определим скорость  $V_2$  на выходе струи из насадки:

$$V_2 = \sqrt{2gH_{\text{ман}}}$$

Расход жидкости, протекающей через ствол-водомер, определяют **из выражения:**

$$Q = v_2 \omega_2 = \omega_2 \sqrt{2gH_{\text{ман}}}$$

## Струйные аппараты

Струйные аппараты нашли широкое применение в различных областях техники. Они представляют собой устройство, которое позволяет подсасывать и поднимать на определенную высоту жидкость, порошок или другую рабочую среду. Достоинством струйных аппаратов является простота их устройства и безопасность в работе, что в какой-то мере искупает их основной недостаток - низкий коэффициент полезного действия, составляющий 25 %. В пожарной технике наиболее широко используются водоструйные аппараты, в которых рабочей средой, подводимой к аппарату, является вода, а эжектируемой - порошок, пенообразователь или вода (у гидроэлеваторов).

Принципиальное устройство водоструйного аппарата показано на рисунке 5. Он состоит из следующих основных элементов: рабочего насадка 1, приемной камеры 2, камеры смешения 3, диффузора 4. Принцип действия аппарата состоит в следующем: рабочая жидкость с расходом воды  $Q_1$  проходит через насадок, на выходе из которого в результате увеличения скорости давление падает и в приемной камере образуется разрежение, за счет которого создается подсасываемый поток  $Q_2$ .

Максимальное значение разрежения наблюдается на входе в камеру смешения. В диффузоре давление увеличивается. Струйный аппарат рассчитывается с использованием уравнений Бернулли для сечений I-I и II-II, III-III и IV-IV, V-V и VI-VI.

Для сечений I-I и II-II уравнение Бернулли имеет вид

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_{1-2} \quad (14)$$

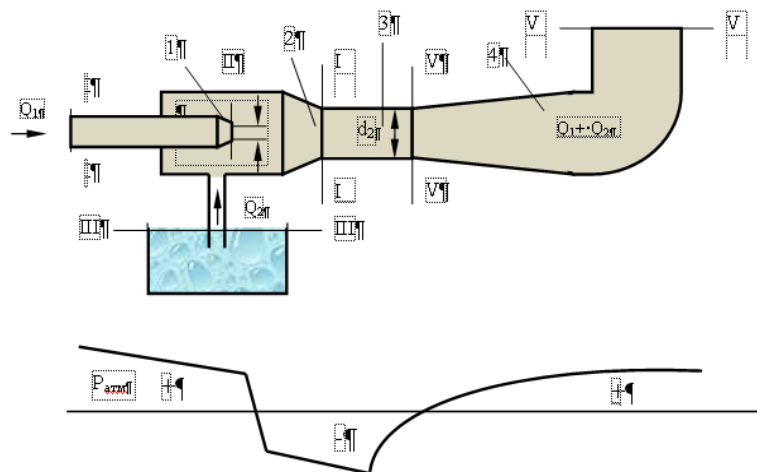


Рисунок 5 - Схема водоструйного аппарата и примерное распределение давления по его длине

В сечении I-I давление всегда избыточное, а в сечении II-II - вакуум. Тогда соотношение (3) переписывается в виде

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_{1-2} \quad (15)$$

С учетом уравнения неразрывности потока жидкости

$$Q_1 = V_1 \frac{\pi d_1^2}{4} = V_2 \frac{\pi d_2^2}{4},$$

$$h_{\text{вак}} = Q_1^2 \frac{16}{\pi^2 2g} \left( \frac{\alpha_2}{d_2^4} - \frac{\alpha_1}{d_1^4} \right) - \frac{p_1}{\rho g} + h_{1-2} \quad (16)$$

Аналогичные соотношения получаются при использовании уравнения Бернулли для сечений III-III и IV-IV, V-V и VI-VI. Такая система уравнений позволяет связать между собой рабочие и геометрические параметры эжектора  $Q_1, Q_2, p_1, p_6, d_2, d_3$ . Обычно параметрами  $Q_1, Q_2, p_1, p_6$ , задаются, а значения  $d_2, d_3$ , находятся. Подробности расчета струйных аппаратов можно найти в специальной литературе.

### Водомер Вентури

Водомер Вентури является одним из устройств, предназначенных для измерения расхода жидкости в трубопроводах. Водомер (рис.6) состоит из следующих основных элементов: плавно сужающегося сопла 1, постепенно расширяющегося диффузора 2 и дифференциального манометра 3. Принцип измерения расхода состоит в том, что при движении жидкости в сопле скорость потока постепенно возрастает, а давление (напор) падает.

Запишем уравнение Бернулли для сечений I-I и II-II (плоскость сравнения 0-0) и уравнение неразрывности потока

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

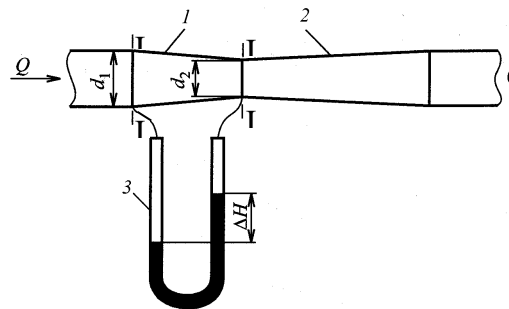


Рисунок 6 - Схема водомера Вентури

$Q = V_1 \omega_1 = V_2 \omega_2$ , очевидно, что:

- $z_1 = z_2 = 0$ ;  $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$  (для турбулентных потоков);
- $\frac{p_1 - p_2}{\rho g} = \Delta h$  - перепад напоров;
- $\rho$  - ПЛОТНОСТЬ ВОДЫ;
- $V_1 = V_2 \frac{\omega_2}{\omega_1}$ ;

- $h_{1-2} = \xi \frac{V_2^2}{2g}$ ;
- $\xi$  - коэффициент сопротивления в сопле.

При подстановке указанных величин в уравнение Бернулли получается

$$V_2 = \sqrt{\frac{2g\Delta h}{1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4 + \xi}}$$

Формула для объемного расхода будет иметь вид

$$V_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} \sqrt{\frac{2g\Delta h}{1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4 + \xi}}$$

Для данного водомера комплекс  $A = \frac{\pi d_2^2}{4} \sqrt{\frac{2g}{\omega_1^2 - \omega_2^2}}$  является величиной по-

стоянной, и тогда формула принимает вид:

$$Q = A\sqrt{\Delta h}. \quad (17)$$

Постоянная А для данного водомера обычно определяется в результате тарировки водомера.

Часто в качестве дифференциального манометра используют ртутный манометр (см. рис.6).

С учетом того, что над ртутью в дифференциальном ртутном манометре находится вода, в формулу (6) следует подставить величину

$$\Delta h' = \frac{\rho_{рт} - \rho}{\rho} \Delta h.$$

### Трубка полного напора (трубка Пито)

Трубка полного напора (гостированное название - приемник полного давления), как следует из самого названия, позволяет измерить полный напор потока жидкости. Она представляет собой трубку, изогнутую под прямым углом и направленную навстречу потоку (рис.7).

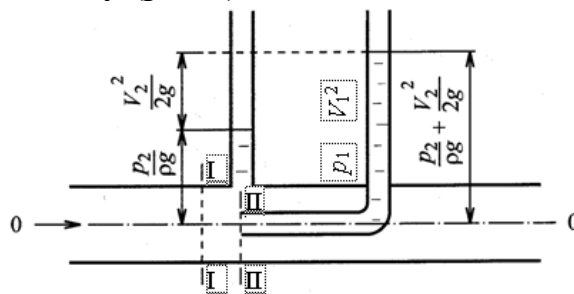


Рисунок 7 - Измерение скоростного напора

Рядом с трубкой полного напора устанавливают трубку отбора статического давления (пьезометрическую трубку), сечение которой расположено параллельно направлению потока жидкости. Сечения трубок находятся в одном и том же сечении потока (сечение II-II). Вблизи сечения II-II возьмем сечение I-I

и запишем уравнение Бернулли (плоскость сравнения 0-0).

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_{1-2},$$

очевидно, что  $z_1 = z_2 = 0$ , а  $V_2 = 0$  (на входе в трубку полного напора поток заторможен).

$$\text{Тогда } \frac{p_2}{\rho g} = \frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g}.$$

Таким образом, показание трубки Пито равно сумме пьезометрического и скоростного напоров. Разность показаний трубки Пито и пьезометрической трубки равна скоростному напору. Отсюда можно определить скорость потока жидкости, а, следовательно, расход жидкости.

Трубку Пито можно использовать для измерения расхода воды из пожарных стволов (рис. 8). Трубка вводится в струю, выходящую из насадка, на расстоянии примерно половины диаметра насадка и перпендикулярно насадку.

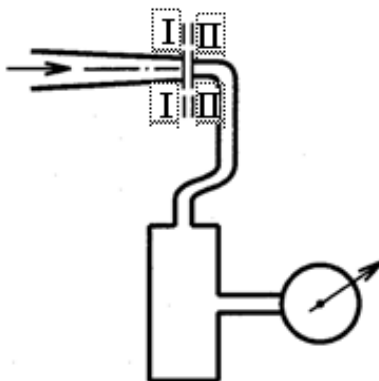


Рисунок 8 - Измерение расхода воды из пожарного ствола с помощью трубки Пито

Для двух сечений струи, одно из которых находится на выходе насадка, а другое на входе в трубку, запишем уравнение Бернулли:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_{1-2}.$$

При этом  $z_1 = z_2 = 0$ ,  $p_1 = 0$  (избыточное давление),  $p_2 = p_{\text{ман}}$  (показания манометра),  $V_2 = 0$ .

$$\text{Тогда } V_1 = \sqrt{2 \frac{p_{\text{ман}}}{\rho}}.$$

$$\text{Расход через насадок } Q = \omega \sqrt{2 \frac{p_{\text{ман}}}{\rho}},$$

где  $\omega$  - площадь выходного сечения насадка.

### 3. Задания для проведения работы

**Задание 1** Рассчитать расход воды из ствола водомер с диаметром насадка равным ??? мм. При этом напор составляет ??? м. Варианты заданий приведены в таблице 1.

**Таблица 1 - Варианты задания 1**

Вариант	Диаметр насадки, мм	Напор, м	Вариант	Диаметр насадки, мм	Напор, м
1	13	20	9	22	30
2	16	25	10	25	35
3	19	30	11	13	40
4	22	35	12	16	45
5	25	40	13	19	20
6	13	45	14	22	25
7	16	20	15	25	30
8	19	25	16	13	35

**Задание 2** Определить скорость движения воды в насадке пожарного ствола если его диаметр равен ??? мм., а расход из ствола составляет ??? л·с<sup>-1</sup>.

**Таблица 2 - Варианты задания 2**

Вариант	Диаметр насадка, мм.	Расход, л·с <sup>-1</sup> .	Вариант	Диаметр насадка, мм.	Расход, л·с <sup>-1</sup>
1	13	3,8	9	22	12
2	16	5	10	25	15
3	19	6,8	11	13	4,2
4	22	10	12	16	6
5	25	14,7	13	19	7,5
6	13	4	14	22	11,5
7	16	5,5	15	25	14,1
8	19	7	16	13	2,9

**Задание 3** Определить расход воды в трубопроводе при помощи водомера Вентури имеющего следующие параметры: D<sub>1</sub>, ??? (мм); D<sub>2</sub>, ??? (мм); Δh, ??? (м). Варианты заданий приведены в таблице 3.

**Таблица 3 – Варианты задания 3**

Вариант	D <sub>1</sub> , мм	D <sub>2</sub> , мм	Δh, м	Вариант	D <sub>1</sub> , мм	D <sub>2</sub> , мм	Δh, м
1	50	9	0,02	9	55	10	0,02
2	50	10	0,025	10	55	11	0,022
3	50	11	0,03	11	55	12	0,026
4	50	12	0,035	12	55	13	0,03
5	50	13	0,04	13	55	14	0,033
6	50	14	0,045	14	55	15	0,037
7	50	15	0,05	15	60	16	0,041
8	55	9	0,018	16	60	17	0,047



## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

### Потери напора в трубопроводах и пожарных рукавах. Определение расхода и напора у ствола для получения пожарных струй требуемой длины.

**Тема работы:** Потери напора в трубопроводах и пожарных рукавах.  
Определение расхода и напора у ствола для получения пожарных струй требуемой длины.

#### Цели работы:

- закрепление теоретических знаний по темам «Виды гидравлических сопротивлений», «Потери напора по длине трубопровода»;
- научиться рассчитывать потери напора в трубопроводах;
- определять скорость движения воды в трубопроводах;
- научиться рассчитывать потери напора в местных сопротивлениях.
- научиться определять потери напора в пожарных рукавах;
- научиться определять потери напора в рукавных системах;
- отрабатывать навыки графических изображений пожарного оборудования.

#### Порядок выполнения работы:

- 1 Повторить пройденный материал.
- 2 Изучить материал по теме работы.
- 3 Ознакомиться с заданием.
- 4 Выполнить задание.
- 5 Сдать работу на проверку в сроки установленные преподавателем.

### Методические рекомендации

#### 1. Краткие теоретические сведения

##### Виды гидравлических сопротивлений

Решение многих практических задач гидравлики сводится к определению потерь напора при движении перекачиваемой по трубопроводам жидкости. Потери напора движущегося потока вызываются сопротивлениями двух видов:

- **сопротивлениями по длине**, обусловленными трением жидкости о стенки трубы и слоев жидкости друг о друга;
- **местными сопротивлениями**, обусловленными изменением скорости потока по величине и направлению.

Общую величину **потерь напора  $h$**  для участка трубопровода, заключенного между двумя сечениями, определяем, используя уравнение Бернулли:

$$h = z_1 - z_2 + \frac{p_1 - p_2}{\rho g} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}.$$

Следовательно, для определения  $h$  достаточно измерить разности гео-

метрических отметок  $z_1 - z_2$  показаний пьезометров  $(p_1 - p_2)/\rho g$  и скоростных напоров  $(v_1^2 - v_2^2)/2g$  в указанных сечениях потока. При равномерном движении в горизонтальной трубе ( $z=\text{const}$ ,  $v=\text{const}$ ) потери напора определяют по формуле:

$$h = z_1 - z_2 + \frac{p_1 - p_2}{\rho g} + \frac{\Delta p}{\rho g},$$

т. е. потери напора находят по разности показаний пьезометров в сечениях трубопровода.

### Потери напора по длине трубопровода

При установившемся движении жидкости потери напора зависят от физических свойств жидкости, скорости течения, размеров трубопровода и шероховатости стенок трубы. Эта зависимость может быть выражена формулой Дарси-Вейсбаха, позволяющей рассчитать потери напора по длине и применимой как при ламинарном, так и при турбулентном режиме:

$$h_l = \frac{\lambda l}{d(v^2 / 2g)} \quad (18)$$

где:  $h_l$  – потери напора по длине трубопровода;

$\lambda$  - коэффициент гидравлического трения;

$l$  - длина трубопровода;

$d$  - внутренний диаметр трубы;

$v$  – средняя скорость течения;

$g$  - ускорение силы тяжести.

Из формулы (7) следует, что потери напора на трение по длине прямо пропорциональны, т.е. возрастают с увеличением скорости течения и длины трубопровода и обратно пропорциональны диаметру трубы. Коэффициент гидравлического трения в формуле Дарси-Вейсбаха в общем случае определяется величиной двух безразмерных параметров, представляющих собой число  $Re$  и относительную шероховатость  $\Delta/d$ .

Установлено, что при ламинарном режиме коэффициент  $\lambda$  зависит только от числа  $Re$  и может быть определен по формуле Пуазейля-Стокса, получаемой теоретическим путем и хорошо согласующейся с опытными данными:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (19)$$

При турбулентном режиме коэффициент гидравлического трения рассчитывают по эмпирическим формулам, учитывающим в той или иной степени влияние шероховатости труб. Шероховатость характеризуется величиной и формой различных выступов и неровностей, имеющих на поверхности стенок, и зависит от материала стенок трубы, способа изготовления и чистоты обработки поверхности. В качестве основной характеристики шероховатости служит так называемая абсолютная шероховатость  $A$ , представляющая собой средний размер указанных выступов, измеренных в единицах длины.

Если размер выступов шероховатости будет меньше толщины ламинарного подслоя, турбулентное ядро потока будет соприкасаться не с выступами

шероховатости, а с ламинарным подслоем жидкости, скользя по его поверхности, как по гладкой трубе. В этом случае труба называется **гидравлически гладкой**, и коэффициент гидравлического трения будет зависеть только от числа Рейнольдса.

В области гидравлически гладких труб при  $Re \Delta/d \leq 10$  можно использовать формулу:

$$\lambda = \frac{0,31164}{Re^{0,25}} \quad (20)$$

Если же толщина ламинарного подслоя меньше величины выступов шероховатости, то неровности поверхности стенок будут выступать в турбулентное ядро потока, увеличивать беспорядочность движения и существенным образом влиять на потери энергии. Такие трубы называются гидравлически шероховатыми.

Для гидравлически шероховатых труб коэффициенте зависит как от числа  $Re$ , так и от шероховатости внутренней поверхности трубы и может быть определен по формуле А.Д. Альбшула:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{68}{Re} + \frac{\Delta}{d} \right)^{0,25} \quad (21)$$

В этой формуле фигурирует не абсолютный размер  $\Delta$  выступов шероховатости, а отношение этого размера к диаметру трубы, т.е. так называемая относительная шероховатость  $\Delta/d$ , так как одна и та же абсолютная шероховатость может совершенно не сказаться на сопротивлении трубы большого диаметра, но способна значительно увеличить сопротивление трубы малого диаметра.

При развитой турбулизации потока и больших значениях  $Re$  и  $\Delta/d$ . Коэффициент  $\lambda$  перестает зависеть от  $Re$  и становится постоянным для данной относительной шероховатости.

В области с развитой турбулентностью потока при  $Re \Delta/d > 100$  для определения  $\lambda$  справедлива формула Шифринсона:

$$\lambda = 0,024 d^{-0,3} \quad (22)$$

Ориентировочные значения абсолютной шероховатости  $\Delta$  в зависимости от материала труб и их состояния приведены в таблице 4.

Условия эксплуатации водопроводных сетей при пропуске пожарных расходов в большинстве случаев соответствуют турбулентному течению воды в гидравлически шероховатых трубах, при котором коэффициент гидравлического трения  $\lambda$ , является постоянной величиной и может определяться заранее с учетом вида материала и состояния труб. Это обстоятельство позволяет значительно упростить формулу Дарси-Вейсбаха, выразим в формуле среднюю скорость через расход, исходя из условия неразрывности потока:

$$v = \frac{Q}{\omega}.$$

Тогда потери можно выразить уравнением:

$$h_1 = \frac{\lambda l}{d Q^2 / \omega^2 2g} = \frac{8\lambda / \pi^2 g d^5}{l Q^2}.$$

Обозначая  $A = \frac{8\lambda}{\pi^2 g d^5}$ , получим:

$$h_1 = A l Q^2 \quad (23)$$

Величину  $A$  в формуле (12) называю удельным сопротивлением, оно определяет потери напора, приходящиеся на один метр трубопровода при единичном расходе и имеет размерность  $c^2 / m^6$ . Значения удельного сопротивления  $A$  для стальных и чугунных труб приведены в таблице 5. Сопротивление по всей длине трубопровода  $l$  составит:

$$S = A l. \quad (24)$$

Тогда формула для определения потерь напора по длине примет вид:

$$h_1 = S Q^2. \quad (25)$$

В таблице 5 значения  $A$  даны при сопротивлениях с постоянным значением  $\lambda$ , которые, как указывалось выше, наблюдаются при скорости движения воды  $v \geq 1,2$  м/с.

При  $v < 1,2$  м/с в формулы (12) и (13) необходимо вести поправочный коэффициент  $K_n$ , величина которой зависит от средней скорости движения воды в трубе (табл. 6.)

$$h_1 = K_n A l Q^2 = K_n S Q^2 \quad (26)$$

**Таблица 4 - Значения абсолютной шероховатости  $\Delta$  для труб**

<b>Материал и вид труб</b>	<b>Состояние труб</b>	<b><math>\Delta</math>, мм</b>
Стальные бесшовные	Новые и чистые, тщательно уложенные	0,015
	После нескольких лет эксплуатации	0,022
Стальные сварные	Новые и чистые	0,06
	Умеренно заржавевшие	0,5
	Старые заржавевшие с большими отложениями	1,0-3,0
Оцинкованные стальные, чугунные	Новые и чистые	0,15
	После нескольких лет эксплуатации	0,5
	Новые асфальтированные	0,08
	Новые без покрытия	0,3
	Бывшие в употреблении	1,0
Асбестоцементные	Новые	0,075
	Очень старые	3,0
Бетонные	Новые из предварительно напряженного бетона	0,03
	Новые центробежные	0,2
	Бывшие в употреблении	0,5
	Из необработанного бетона	2,0

**Таблица 5 - Значения удельных сопротивлений (А) для труб различных диаметров**

d, мм	Стальные трубы	Чугунные трубы
	А (для Q, м <sup>3</sup> /с)	(для Q, м <sup>3</sup> /с)
80	1168	1044
100	267	339,1
125	86,2	103,5
150	33,9	39,54
175	20,79	-
200	6,959	8,608
250	2,187	2,638
300	0,8466	0,9863
350	0,3731	0,4368
400	0,1859	0,2191
450	0,09928	0,1187
500	0,05784	0,06782
600	0,02262	0,02596
700	0,01098	

**Таблица 6 - Значения поправочного коэффициента**

V, м/с	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
$K_{II}$	1,41	1,28	1,20	1,15	1,11	1,09	1,06	1,04	1,03	1,0

В настоящее время промышленность выпускает напорные пожарные рукава из льняных и синтетических нитей в виде тканого круглого чехла с герметизацией его полимерными материалами или резиной. В отличие от жестких трубопроводов в мягких рукавах при подаче воды происходит изменение длины и площади поперечного сечения. Тонкая резиновая или латексная прокладка под напором воды вдавливается в ткань рукава, вследствие чего шероховатость внутренней поверхности несколько увеличивается. Кроме того, прямая рукавная линия при удлинении рукавов принимает волнистую форму.

Таким образом, с одной стороны, имеет место уменьшение потерь напора вследствие увеличения диаметра и, с другой стороны, возрастание потерь напора из-за удлинения рукавной линии и увеличения шероховатости. Произведенные исследования показали, что эти изменения в потерях напора уравновешиваются между собой, и поэтому их отдельно не учитывают, а относят к общим потерям в рукавах.

Для упрощения расчетов рукавных систем экспериментально устанавливают величину сопротивления одного пожарного рукава длиной 20м при рабочих напорах, имеющих место в практике пожаротушения.

Зная сопротивление одного пожарного рукава (таблица 11), потери напора рукавной линии, составленной из последовательно соединенных одинаковых рукавов, можно определить по формуле

$$h = nS_p Q^2,$$

где  $h$ - потери напора, м;

$n$ - количество рукавов длиной 20м;

$S_p$  - сопротивление одного рукава длиной 20м;

$Q$ - расход, л/с;

$SQ^2$  - потери напора в одном рукаве.

**Таблица 11 - Потери напора в пожарном рукаве длиной 20 метров**

D, мм	Рукава прорезиненные		Рукава не прорезиненные	
	$S_p, (с/л)^2$ м	$A_p, (с/л)^2$	$S_p, (с/л)^2$ м	$A_p, (с/л)^2$
51	0,13	0,0065	0,24	0,012
66	0,034	0,0017	0,077	0,00385
77	0,015	0,00075	0,030	0,0015
89	0,007	0,00035	-	-
110	0,0022	0,00011	-	-
150	0,0004	0,00002	-	-

Из сопоставления формул  $h = nS_p Q^2$  и  $h = A\ell Q^2$  видно, что

$$nS_p = A_p \ell.$$

Следовательно, потери напора в пожарных рукавах могут быть определены по формуле

$$h_p = A_p \ell Q^2,$$

где  $A_p$  - удельное сопротивление пожарных рукавов, значения которого приведены в таблице 11.

Если рукавная линия подаётся на высоту, то к общим потерям прибавляется  $Z$  подъёма:

$$h = nS_p Q^2 + Z.$$

**Таблица 12 – Значения сопротивлений водопроводной арматуры**

Местное сопротивление	S (при Q, л/с)							
Гидрант и колонка ленинградского типа	$S_r = 0,0036$ ; $S_K = 0,0021$							
Подземный гидрант и колонка московского типа	$S_r = 0,0016$ ; $S_K = 0,0035$							
Наземный гидрант и колонка московского типа	$S_{r+K} = 0,0063$							
Гидрант пожарный подземный (ГОСТ 8220-62*) при высоте гидранта:								
– до 1,5м	$S_r = 0,0015$							
– более 1,5м	$S_r = 0,002$							
Водомеры крыльчатые	<b>d, мм</b>	10	15	20	25	30	40	
	<b>S</b>	36	14,4	5,18	2,64	1,3	0,32	
Водомеры турбинные	<b>d, мм</b>	50	80	100	150	200	250	

Местное сопротивление	S (при Q, л/с)						
	S - 10 <sup>4</sup>	265	20,7	6,75	1,3	0,45	0,2

## 2. Практическая часть

### Потери напора в местных сопротивлениях.

Местные потери напора зависят от скорости движения жидкости, геометрических размеров и формы местных сопротивлений и определяются по формуле Вейс-баха:

$$h_m = \zeta \frac{V^2}{2g}, \quad (27)$$

где  $\zeta$  - коэффициент местного сопротивления, отнесенный к скоростному напору за местным сопротивлением.

Иногда коэффициент местного сопротивления выражают через эквивалентную длину трубопровода. Эквивалентной длиной называют длину такого прямого участка трубопровода данного диаметра, путевые потери напора в котором при пропуске постоянного по объему расхода равны потерям напора от местных сопротивлений.

Приравнивая формулы (7) и (16), получим уравнение:

$$h_1 = \frac{\lambda l}{d(v^2 / 2g)},$$

$$\text{откуда } \zeta = \frac{\lambda l}{d}.$$

В водопроводных трубах потери напора в местных сопротивлениях (повороты, задвижки, краны, разветвления, изменение живого сечения и т.п.) составляют обычно 5-30% потерь напора на трение по всей длине трубопровода. На некоторых участках водопроводной сети, например во всасывающих линиях, местные потери напора могут быть больше линейных потерь. Следует отметить, что при турбулентном режиме движения жидкости величина коэффициента местного сопротивления  $\zeta$  постоянна.

При ламинарном режиме движения на местные потери напора влияет не только характер сопротивления, но и вязкость жидкости. А.Д. Альбшуль предложил определять коэффициент местного сопротивления по следующей формуле, применяемой как при ламинарном, так и при турбулентном режиме:

$$\zeta = \frac{A}{\text{Re}} + \zeta_T,$$

где A - коэффициент, зависящий от вида местного сопротивления;

$\zeta_T$  - коэффициент местного сопротивления при турбулентном режиме.

Значения A и  $\zeta_T$  для некоторых сопротивлений приведены в таблице 13.

**Таблица 13 - Значения коэффициентов местного сопротивления**

Вид местного сопротивления	A	$\zeta_T$
Прямой вход из резервуара в трубу	30	0,5
Плавный вход из резервуара в трубу	-	0,25

Выход из трубы в резервуар	30	1,0
Внезапное расширение, $\Omega_2 / \Omega_1 = 1-2$	30	0,01-1,0
Внезапное сужение, $\Omega_2 / \Omega_1 = 0,1-0,9$	-	0,45-0,05
Поворот трубопровода от 30 до 90°	130	0,2-1,1
Угольник:		
– 90°	400	1,4
– 135°	600	0,4
Обыкновенный вентиль	3000	6,0
Угловой вентиль	4000	0,8
Шаровой клапан	5000	45
Задвижка:		
– полностью открытая, $n=1$	75	0,15
– $n=0,75$	350	0,2
– $n=0,5$	1300	2,0
– $n=0,25$	3000	20
Диафрагма:		
– $n=0,64$	70	1
– $n=0,4$	120	7
– $n=0,16$	500	70
Всасывающие клапаны насосов	-	5-6
Обратные клапаны	-	5,5-6,5
Кран проходной	-	2-4

В некоторых случаях потери напора в местных сопротивлениях  $h_M$  (в пожарных гидрантах, колонках, водомерах и др.) определяют по формуле:

$$h_M = SQ^2 \quad (28)$$

аналогичной формуле (16), в которой средняя скорость  $v$  выражена через расход  $Q$ , а постоянная величина  $\xi/2g\omega^2$  - через сопротивление  $S$ . Величины сопротивлений  $S$  водопроводной арматуры и приборов приведены в таблице 14.

**Таблица 14 - Значения сопротивлений водопроводной арматуры**

Местное сопротивление	S (при Q, л/с)							
Гидрант и колонка ленинградского типа	$S_r = 0,0036$ ; $S_K = 0,0021$							
Подземный гидрант и колонка московского типа	$S_r = 0,0016$ ; $S_K = 0,0035$							
Наземный гидрант и колонка московского типа	$S_{r+K} = 0,0063$							
Гидрант пожарный подземный (ГОСТ 8220-62*) при высоте гидранта:								
– до 1,5м	0,0015							
– более 1,5м	0,002							
Водомеры крыльчатые	<b>d, мм</b>	10	15	20	25	30	40	



	<b>S</b>	36	14,4	5,18	2,64	1,3	0,32
Водомеры турбинные	<b>d, мм</b>	50	80	100	150	200	250
	<b>S-10<sup>4</sup></b>	265	20,7	6,75	1,3	0,45	0,2

## 2 Задания для проведения работ

**Задание 1** Рассчитать потери напора в водопроводной сети состоящего из двух участков стальных труб разных диаметров. Первый участок длиной  $L_1 = ???$  с диаметром  $D_1 = ???$ . Второй участок длиной  $L_2 = ???$  с диаметром  $D_2 = ???$ . Скорость движения воды на участке  $L_1$  равна 0,9 м/с. Скорость движения воды на участке  $L_2$  равна 2 м/с. По полученным результатам определить потери напора в водопроводной сети если расход составляет  $Q = ???$  л/с. Задания приведены в таблице 9.

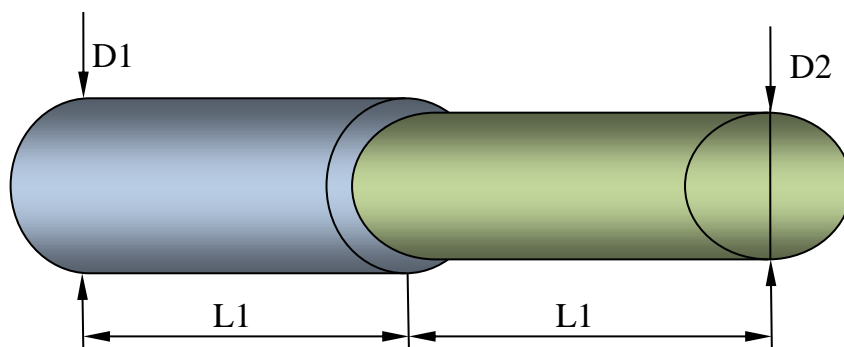
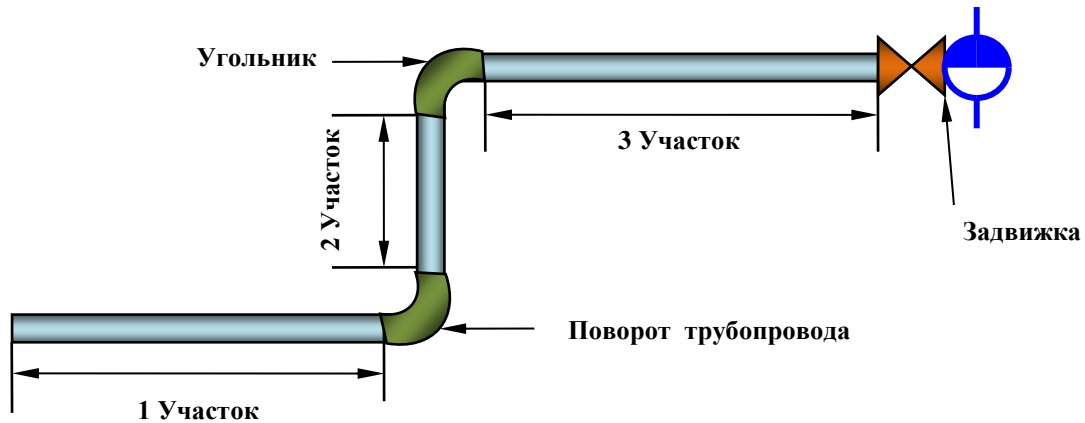


Таблица 15 - Варианты задания 1

Вариант	$L_1, \text{ м}$	$D_1, \text{ мм}$	$L_2, \text{ м}$	$D_2, \text{ мм}$	$Q, \text{ л/с}$
В-1	1000	200	800	100	10
В-2	1100	250	850	125	12
В-3	1150	300	900	150	15
В-4	1200	350	950	175	20
В-5	1250	400	1000	200	25
В-6	1300	450	1050	250	30
В-7	1350	500	1100	300	40
В-8	1400	200	1150	125	10
В-9	1450	250	1200	150	12
В-10	1500	300	1250	175	15
В-11	1550	350	1300	200	20
В-12	1600	400	1350	250	25
В-13	1650	450	1400	300	30
В-14	1700	500	1450	350	40
В-15	1750	600	1500	400	50
В-15	1755	620	1550	450	55
В-16	1760	650	1600	450	55
В-17	1765	650	1500	500	60

**Задание 2** Рассчитать потери напора водопроводной сети питающей пожарный гидрат если: 1-й участок водопроводной сети диаметром  $D_1 = ???$ , длиной  $L_1 = ???$ ; поворот трубопровода  $\alpha = ???$  градусов; 2-й участок  $D_2 = ???$ , длиной  $L_2 = ???$ ; угольник  $\beta = ???$  градусов; 3й участок  $D_3 = ???$ , длиной  $L_3 = ???$ ; задвижка полностью открытая. Задания приведены в таблице 10.



**Таблица 16 - Варианты задания 2**

№ п/п	$D_1, \text{мм}$	$L_1, \text{м}$	$\alpha^\circ$	$D_2, \text{мм}$	$L_2, \text{м}$	$\beta^\circ$	$D_3, \text{мм}$	$L_3, \text{м}$
1	700	800	30	600	600	90	125	100
2	600	800	35	500	600	135	450	300
3	600	800	40	450	600	90	350	300
4	500	800	45	400	600	135	350	300
5	450	700	50	350	600	90	200	100
6	450	700	55	300	600	135	200	150
7	400	700	60	300	600	90	150	50
8	400	700	65	250	600	135	150	100
9	350	600	70	200	500	90	100	50
10	350	600	75	300	500	135	100	100
11	300	600	80	250	500	90	100	80
12	300	600	90	200	500	135	80	20
13	600	500	45	300	500	90	125	50
14	500	500	50	300	500	135	200	50
15	450	500	55	300	400	90	125	50
16	400	500	60	250	400	135	100	20
17	350	500	65	200	400	90	100	50

**Задание 3** Определить потери напора магистральной линии состоящей из прорезиненных рукавов разных диаметров при расходе воды  $Q = ??? \text{ л/с}$ ;  $L_1 = ??? \text{ м}$ ,  $D_1 = ??? \text{ мм}$ ;  $L_2 = ??? \text{ м}$ ,  $D_2 = ??? \text{ мм}$ ;  $L_3 = ???$ ,  $D_3 = ??? \text{ мм}$ . Задания приведены в таблице 13.

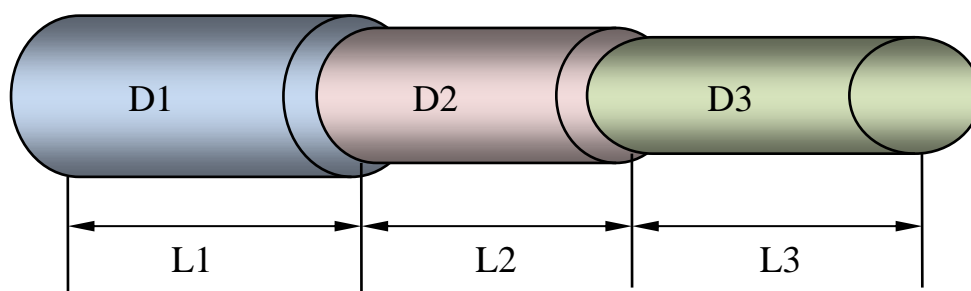
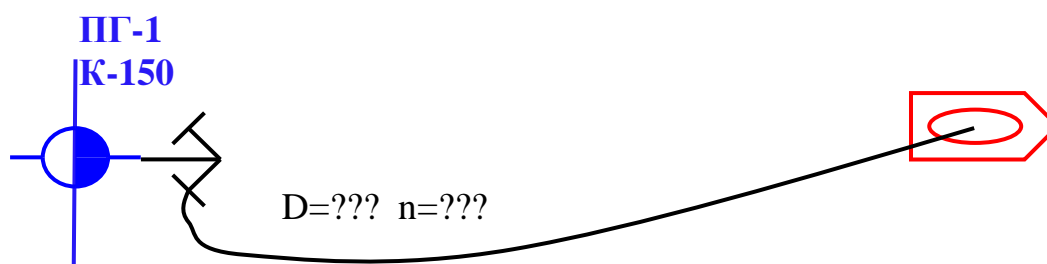


Таблица 17 - Варианты задания 1

Вариант	$L_1, \text{ м}$	$D_1, \text{ мм.}$	$L_2, \text{ м}$	$D_2, \text{ мм}$	$L_3, \text{ м}$	$D_3, \text{ мм}$	$Q, \text{ л/с}$
В-1	1000	150	800	89	300	77	20
В-2	1100	150	840	89	300	66	18
В-3	1140	150	900	89	300	51	15
В-4	1200	150	940	89	240	77	10
В-5	1240	110	1000	89	240	66	20
В-6	1300	110	1050	89	440	51	18
В-7	1340	110	1100	89	200	77	15
В-8	1400	110	1140	89	200	66	10
В-9	1440	150	1200	110	200	51	20
В-10	1500	150	1240	110	140	77	18
В-11	1540	150	1300	110	140	66	15
В-12	1600	110	1450	110	140	51	10
В-13	1640	110	1400	77	100	77	20
В-14	1700	110	1440	77	100	66	15
В-15	1740	110	1500	77	100	51	10
В-16	1800	150	1100	89	80	51	15
В-17	1800	110	1100	77	60	51	10

**Задние 4** Определить потери напора в рукавной системе, при заправке пожарного автомобиля АЦ-40 (130) 63Б, состоящей из пожарного гидранта ПГ-??? с общим расходом воды  $Q=??? \text{ л/с}$ , пожарной колонки ПК-??? и рукавной линии диаметром  $D=??? \text{ мм}$ , и длиной  $L=??? \text{ м}$ . Высота пожарного автомобиля 2,5 метра. Задания приведены в таблице 14.



**Таблица 18 - Варианты задания 2**

<b>Вариант</b>	<b>ПГ</b>	<b>ПК</b>	$D_2$ , мм	$L_3$ , м	<b>Q л/с</b>
В-1	подземный	колонка	77	100	22
В-2	ленинградский	ленинградская	66	80	38
В-3	(ГОСТ 8220-62*), 1м	колонка	66	60	25
В-4	(ГОСТ 8220-62*), 1,5м	ленинградская	77	80	30
В-5	(ГОСТ 8220-62*), 1,250м	ленинградская	77	40	20
В-6	(ГОСТ 8220-62*), 2м.	ленинградская	66	40	31
В-7	подземный	колонка	66	100	25
В-8	(ГОСТ 8220-62*), 1,5м	колонка	77	120	28
В-9	ленинградский	ленинградская	66	120	23
В-10	(ГОСТ 8220-62*), 0,750м	ленинградская	77	80	38
В-11	подземный	колонка	66	80	34
В-12	ленинградский	колонка	66	60	29
В-13	(ГОСТ 8220-62*), 1,250м	ленинградская	77	60	23
В-14	(ГОСТ 8220-62*), 1м	ленинградская	77	40	35
В-15	подземный	ленинградская	77	100	40
В-16	ленинградский	ленинградская	66	80	36
В-17	(ГОСТ 8220-62*), 0,750м	колонка	77	60	24

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

### Упрощенный расчет насосно-рукавных систем с помощью таблиц.

**Тема работы:** Упрощенный расчет насосно-рукавных систем с помощью таблиц.

**Цель работы:**

- научиться проводить расчёт насосно-рукавных систем упрощенным методом;

**Порядок выполнения работы:**

Ознакомиться с примерами упрощенного расчета насосно-рукавных систем пожарного водоснабжения.

Отдельные задачи по расчету насосно-рукавных систем удобно решать с помощью таблиц, составленных на основании аналитических решений. При этом руководствуются следующим правилом:

- радиус действия компактных струй ручных стволов, применяемых для тушения наружных пожаров, равняется в среднем 17 м;
- при прокладке нескольких рабочих линий напор у разветвления принимают по линии с максимальным гидравлическим сопротивлением;
- при размещении стволов на этажах здания высоту подъема определяют из расчета 4 м на каждый этаж.

Ниже приведен ряд примеров с использованием таблиц (5,6,7,8) для определения требуемого напора насоса в зависимости от схем прокладки рукавных линий (рис. 4).

Пример 1. Определить требуемый напор у насоса при подаче воды по линии ( $l = 360$  м из прорезиненных рукавов диаметром  $d = 77$  мм к стволу с насадкой диаметром  $d = 16$  мм. Ствол поднят на уровень четвертого этажа (рис. 4, а).

Решение. По табл. 5 определяем напор у ствола с диаметром насадки ( $d = 16$  мм) в рукавной линии  $H_{ст} = 29$  м, а также расход из ствола, равный подаче насоса  $Q = 300$  л/мин. Потери напора в магистральной рукавной линии составят  $h = 6$  м (табл. 8). Высота подъема ствола с учетом его расположения на четвертом этаже  $Z = 16$  м.

Необходимый в данных условиях напор составит

$$H = h + H_{cm} + Z = 6 + 29 + 16 = 51 \text{ м}$$

Пример 2. Определить напор насоса при подаче воды по схеме, приведенной на рис. 4,б. Стволы диаметром  $d = 22$  мм подняты на уровень шестого этажа. Длина линии  $L = 300$  м.

Решение. По табл. 5 напор у ствола при диаметре насадка  $d = 22$  мм составит  $H_{ст} = 26$  м; расход из одного ствола  $Q_{ст} = 500$  л/мин; потери напора в рукавной линии  $h = 33$  м (табл. 8). Высота подъема ствола  $Z = 4 \cdot 6 = 24$  м. Напор насоса будет равен:

$$H = h + H_{ст} + Z = 33 + 26 + 24 = 83 \text{ м}$$

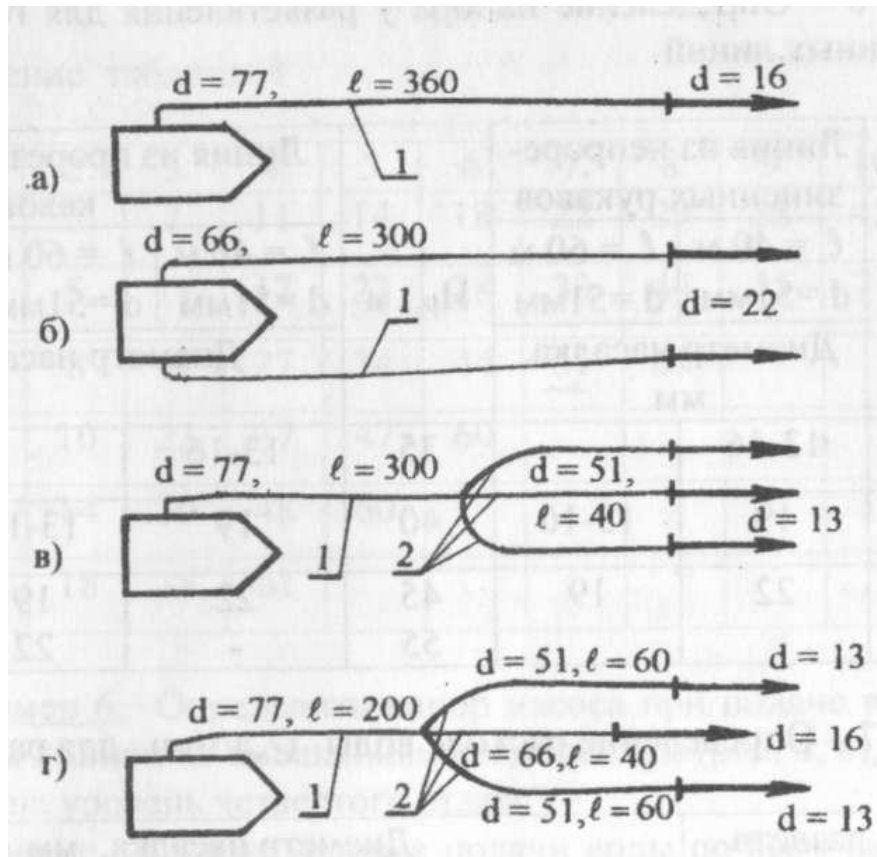


Рисунок 4 - Схема насосно-рукавных систем: а - последовательное соединение; б - параллельное соединение; в - смешанное соединение с равноценными рабочими линиями; г - смешанное соединение с различными рабочими линиями; 1 - рукава прорезиненные; 2 - рукава непрорезиненные

Производительность насоса по двум параллельным линиям составит  $Q = 1000$  л/мин.

Таблица 5 - Определение напора и расхода из ствола при  $R_K = 17$

Диаметр насадка $d$ , мм	13	16	19	22	25
Напор у ствола $H$ , м	33	29	27	26	25
Расход из ствола $Q$ , л/мин	200	300	400	500	650

Таблица 6 - Определение напора у разветвления для горизонтально проложенных линий

Нр, м	Линия из не прорезиненных рукавов		Нр, м	Линия из прорезиненных рукавов		
	L = 40 м d = 51 мм	L = 60 м D = 51 мм		L = 40 м D = 51 мм	L = 60 м D = 51 мм	L = 40-60 м D = 66-77 мм
	Диаметр насадка, мм			Диаметр насадка, мм		
40	13-16	--	35	13-16	-	13-25
50	19	13-16	40	19	13-16	
60	22	19	45	22	19 - 22	
			55			

Таблица 7 - Определение расхода воды  $Q$ , л/мин, для рабочей линии

Напор у разветвления Нр, м	Диаметр насадка, мм				
	13	16	19	22	25
	Расход $Q$ , л/мин				
35	200	300	400	500	650
40	200	300	450	550	700
50	250	350	500	600	800
60	250	400	500	650	850

Таблица 8 - Определение потерь напора  $h$ , м, в магистральной линии

Расход воды $Q$ , л/мин	Рукава $d = 66$ мм, длина линии, м										
	60	100	160	200	260	300	380	480	600	700	800
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
200	1	2	3	4	5	6	7	9	11	13	15
300	2	4	6	8	10	13	16	20	24	28	32
400	3	7	11	14	18	22	29	38	45	53	60
500	5	11	17	22	28	33	44	55	71		
600	8	17	27	34	44	51	65				
700	10	23	37	47	60						
800	14	30	48	60							
900	18	3	61								

Пример 6. Определить напор насоса при подаче воды по трем рукавным линиям со смешанным соединением (рис. 4, в), если стволы подняты на уровень четвертого этажа.

Решение. Так как условия подачи воды по всем рабочим линиям одинаковые, величину напора у разветвления определяем по любой линии из непрорезиненных рукавов при диаметре насадка 13 мм (табл. 6)  $H_p = 40$  м. Расход воды из трех стволов с насадками  $d=13$ мм, равный подаче насоса, составит  $Q = 3 \cdot 200 = 600$  л/мин (табл. 5). Потери напора в магистральной линии при этом расходе приблизительно равны  $h_m = 22$  м (табл. 8). Высота подъема стволов равна  $Z = 16$  м. Напор насоса составит:

$$H = h_m + H_p + Z = 22 + 40 + 16 = 78m$$

Пример 7. Определить напор насоса при подаче воды по схеме, приведенной на рис. 4, г. Стволы подняты на уровень второго этажа.

Решение. По табл. 6 определяем напор у разветвления для рабочих линий: для центральной линии  $H_p = 40$  м, для боковых  $H_p = 50$  м. Принимаем напор  $H_p = 50$  м, который обеспечит получение требуемых компактных струй от всех стволов. Расход воды по двум рабочим линиям со стволами  $d = 13$  мм составит  $Q = 500$  л/мин, а из ствола  $d = 16$  мм при напоре  $H_p = 50$  м расход составит  $Q = 350$  л/мин (табл. 7). Подача насоса равна  $Q = 850$  л/мин. Потери напора в магистральной линии  $h_m$  при такой подаче составят около 34 м (табл.8). Учитывая подъем стволов на 2 этаж (8 м) требуемый напор насоса составит

$$H = h_m + H_p + Z = 34 + 50 + 8 = 92m$$



## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5 – 8** **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 - 4**

### **Противопожарные резервуары, водопроводные сооружения, насосные сооружения.**

**Тема работы:** Противопожарные резервуары, водопроводные сооружения, насосные сооружения.

#### **Цели работы:**

- изучить назначение, устройство резервуаров чистой воды;
- изучить устройства обеспечивающие сохранность неприкосновенного запаса воды;
- научиться производить расчёт объёма резервуара чистой воды.
- изучить назначение, устройство водонапорной башни и гидроколонны;
- научиться проводить расчёт объема бака водонапорной башни;
- научиться производить расчёт высоты водонапорной башни;
- научиться производить подбор типовых водонапорных башен согласно произведённых расчётов.
- изучить назначение, устройство насосных станций;
- изучить требования, предъявляемые к насосным станциям;
- научиться производить подбор насосов согласно полученных расчётов.

#### **Порядок выполнения работы:**

- 1 Изучить материал по теме работы.
- 2 Ознакомиться с заданием.
- 3 Выполнить задание.
- 4 Сдать работу на проверку в сроки, установленные преподавателем.

### **Методические рекомендации**

#### **1 Краткие теоретические сведения**

В системах водоснабжения используются регулирующие и запасные емкости.

Регулирующие емкости позволяют обеспечить равномерную работу насосных, так как отпадает необходимость в подаче максимальных расходов воды в часы наибольшего водопотребления, а также уменьшить диаметры труб, что снижает стоимость водопровода.

Объем воды в регулирующем резервуаре определяется по формуле (29).

Запасные емкости повышают надежность систем водоснабжения. В них хранится запас воды на нужды очистных сооружений, пожарные, производственные и хозяйственно-питьевые.

Запасные резервуары чаще всего устраивают подземными или полуподземными. Выбор размеров емкостей должен проводиться на основе технико-экономического анализа системы водоснабжения и намеченного режима ее работы.

Резервуары чистой воды служат для регулирования неравномерности работы насосных станций I и II подъемов и сохранения воды на противопожарные, хозяйственно-питьевые и производственные нужды на время тушения пожара.

Следовательно, емкость резервуаров чистой воды в соответствии с их назначением может быть определена по формуле:

$$W_{PЧВ} = W_{РЕГ} + W_{НЗ}, \quad (29)$$

где  $W_{PЧВ}$  - ёмкость резервуара чистой воды;

$W_{РЕГ}$  - регулирующая ёмкость, которая предназначена для регулирования неравномерности работы насосных станций;

$W_{НЗ}$  - неприкосновенный противопожарный запас воды.

Кроме того, в резервуарах иногда хранится аварийный запас  $W_{AB}$  на время ликвидации аварии в случае прокладки одного водовода и запас для промывки фильтров  $W_{\phi}$ . С учетом этого формула (29) примет вид

$$W_{PЧВ} = W_{РЕГ} + W_{НЗ} + W_{AB} + W_{\phi}.$$

Регулирующий объем воды может быть определен графоаналитическим и табличным способом на основании анализа работы насосных станций I и II подъемов, так как насосная I подъема подает воду в резервуары, а насосная II подъема откачивает ее из них. Совмещая графики подачи воды насосными станциями, определяют  $W_{РЕГ}$ .

Предположим, что насосная I подъема работает в равномерном режиме, тогда ее часовая подача будет равна  $100/24=4,17\%$  от суточного водопотребления. Насосная II подъема работает чаще всего в неравномерном режиме.

Допустим, что насосная II подъема, работая по ступенчатому графику, имеет производительность: с 20 до 6 ч –  $2,84\%$ , а с 6 до 20 ч –  $5,12\%$  суточного водопотребления. Тогда графически совместная работа насосных станций может быть представлена в виде графика (рис. 1).

Следовательно, требуемый регулирующий объем резервуаров составляет  $W_{РЕГ} = 8,0 + 5,3 = 13,3\%$  суточного водопотребления. Обычно  $W_{РЕГ} = 20\%$ .

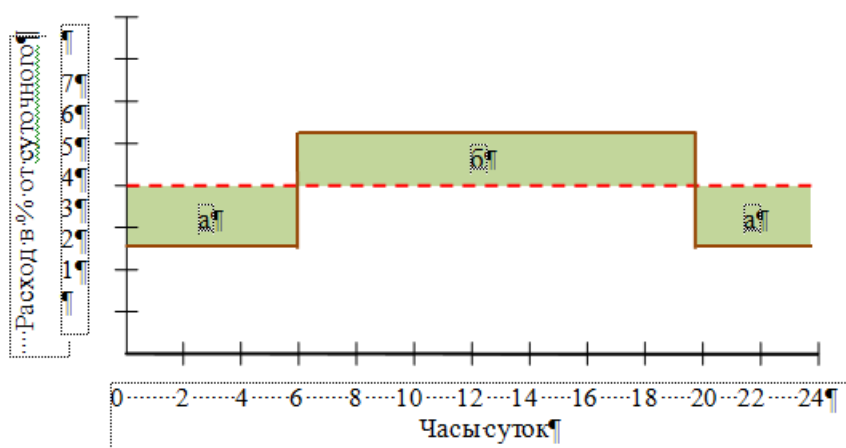


Рисунок 1 - График работы насосных станций: а, б - регулирующие объёмы резервуара чистой воды; — — — — — первого подъёма; — — — — — второго подъёма

Неприкосновенный пожарный запас воды может быть подсчитан как сумма объемов на пожаротушение и хозяйственно-производственные нужды:

$$W_{НЗ} = W_{ПОЖ} + W_{ХОЗ},$$

где  $W_{ПОЖ}$  - запас воды, необходимый для тушения пожара в течение 3 часов;

$W_{ХОЗ}$  - запас воды на хозяйственно-производственные нужды, необходимый на время тушения пожара, т.е. на 3 часа.

При этом  $W_{ПОЖ}$  определяется таким образом:

$$W_{ПОЖ} = Q_{ПОЖ} \cdot \tau_{ПОЖ} = Q_{ПОЖ} \frac{3 \cdot 3600}{1000} = 10,8 Q_{ПОЖ},$$

где  $Q_{ПОЖ}$  - расчетный пожарный расход, л/с;

$\tau_{ПОЖ}$  - время тушения пожара, равное 3 часам.

Объем воды на хозяйственно-питьевые нужды определяется исходя из условия максимального хозяйственно-питьевого и производственного расходов на время тушения пожара  $\tau_{ПОЖ} = 3ч$ , исключая душевые расходы, расходы на поливку и мойку технологического оборудования

$$W_{ХОЗ} = 10,8 \cdot Q_{ХОЗ.МАКС}, М^3,$$

где  $Q_{ХОЗ.МАКС}$  - расход воды л/с.

Объем воды  $W_{АВ}$ , необходимый на время ликвидации аварии водопровода, может быть определен следующим образом:

$$W_{АВ} = \frac{Q_{АВ} \tau_{АВ}}{1000} + \frac{Q_{ПОЖ} \tau_{ПОЖ.АВ}}{1000}, М^3,$$

где  $Q_{АВ} = Q_{ПР.АВ} + 0,7 Q_{Х-П}$

$Q_{АВ}$  - расход воды при аварии водопровода, л/с;

$Q_{ПР.АВ}$  - расход воды на производственные нужды при работе предприятий по аварийному графику, л/с;

$Q_{Х-П}$  - расчётный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды, л/с;

$Q_{ПОЖ}$  - расход воды на пожаротушение, л/с;

$\tau_{АВ}$  - время ликвидации аварии, ч, принимаемое по данным таблицы 19;

$\tau_{ПОЖ.АВ}$  - время тушения пожара, принимаемое с нормами СНиП при  $Q_{ПОЖ} \leq 25л/с$   $\tau_{ПОЖ} = 2-3ч$ , при  $Q_{ПОЖ} > 25л/с$ ,  $\tau_{ПОЖ} = 4-6ч$

0,7- коэффициент, учитывающий уменьшение хозяйственно-питьевых расходов, допускаемое по СНиП 2.04.02-84\* при аварии водопровода.

Далее рассчитываем объём воды на промывку фильтров  $W_{\phi}$

$$W_{\phi} = \frac{2Fq\tau}{1000}, М^3,$$

где F- площадь одной секции фильтра,  $м^2$ ;

q- интенсивность промывки фильтров ( $q = 12-18л/с \cdot м^2$ );

τ- продолжительность промывки фильтров ( $\tau=300-420 с$ ).

**Таблица 19 - Время ликвидации аварии, ч.**

Диаметр труб, мм	Расчетное время ликвидации аварий на трубопроводах, ч, при глубине заложения труб, м	
	до 2	более 2
До 400	8	12
Св. 400 до 1000	12	18
Св. 1000	18	24

Расчетное время ликвидации аварии на трубопроводах систем водоснабжения I категории следует принимать согласно табл. 19. Для систем водоснабжения II и III категорий указанное в таблице время следует увеличивать соответственно в 1,25 и в 1,5 раза.

Зная расчетную вместимость резервуара (табл. 20), подбирают типовой.

**Таблица 20 - Основные данные основных резервуаров**

Типовой проект	Вместимость, м <sup>3</sup>	Размеры, м	Материал
901-4-10	100	3,7x6,5	Железобетонный монолитный цилиндрический
901-4-11	250	3,7x10	
901-4-15	400-500	5,1x12	
901-4-16	1000	5,1x18	
901-4-17	2000	5,1x24	
901-4-18	150	3,82x8	
901-4-21	100	3,6x6	Цилиндрический из сборных железобетонных конструкций
901-4-22	250	3,6x10	
901-4-23	500	4,8x12	Железобетонный прямоугольный из сборных унифицированных конструкций заводского изготовления
4-18-840	100	3,5x6x6	
4-18-841	250	3,5x12x6	
4-18-842	500	3,6x12x12	
4-18-850	1000	4,8x18x12	
4-18-851	2000	4,8x24x18	
4-18-852	3000	4,8x24x30	
4-18-858	6000	4,8x36x36	
4-18-854	10000	4,8x48x48	
4-18-855	20000	4,8x64x64	
901-4-8с	100	2,5x7,6	

**Примечание.** Для цилиндрических резервуаров указаны высота и диаметр, для прямоугольных - высота и стороны резервуара.

Общее количество резервуаров в одном узле должно быть не менее 2 при наличии противопожарного запаса воды.

Резервуары выполняются из железобетона (преимущественно) круглой (до 2000 м<sup>3</sup>) или прямоугольной формы (рис. 2). Они оборудуются подающими и всасывающими трубопроводами, переливной и грязевой трубами. На них

устанавливают также смотровые колодцы и вентиляционные трубы.

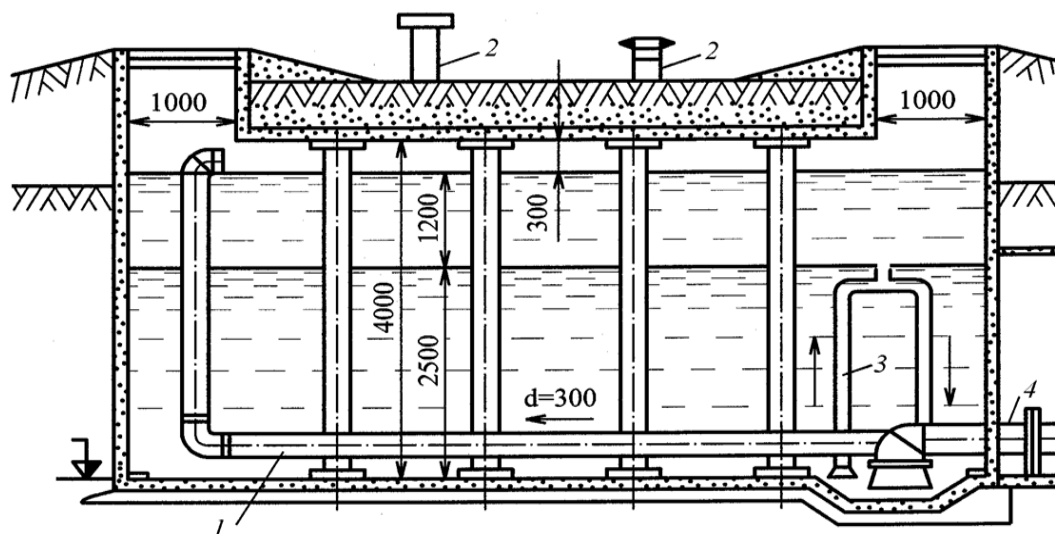


Рисунок 2 - Устройство резервуара чистой воды: 1 - подающий трубопровод; 2 - вентиляционная труба; 3 - трубопровод отбора воды (всасывающий трубопровод хозяйственно-питьевых насосов); 4 - трубопровод отбора воды на пожаротушение

Для сохранения неприкосновенного пожарного запаса воды резервуары должны быть оборудованы автоматическими устройствами (реле уровня поплавкового или электродного типа), которые при достижении уровня неприкосновенного запаса отключают хозяйственные насосы и подают сигнал в диспетчерский пункт и на насосную I подъема для включения I резервных. Такой способ сохранения неприкосновенного запаса характерен для насосных низкого давления, не имеющих специальных пожарных насосов.

Когда в насосной установлены пожарные насосы, неприкосновенный запас может быть сохранен за счет расположения всасывающих линий хозяйственных и пожарных насосов на различных уровнях с устройством кожуха (рис. 3) и с помощью устройства воздушно-водяного затвора (рис. 4).

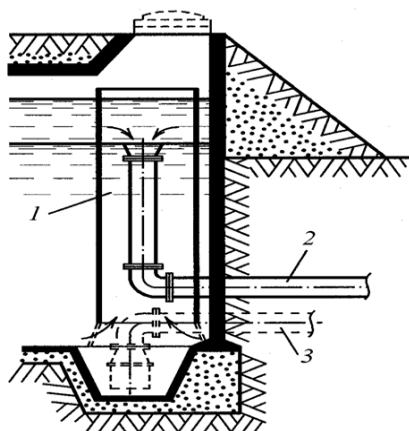


Рисунок 3 - Расположение всасывающих линий хозяйственных и пожарных насосов на различных уровнях с устройством кожуха: 1- кожух перемешивания воды в резервуаре; 2- всасывающая труба производственно-хозяйственных насосов; 3- трубопровод отбора воды на пожаротушение

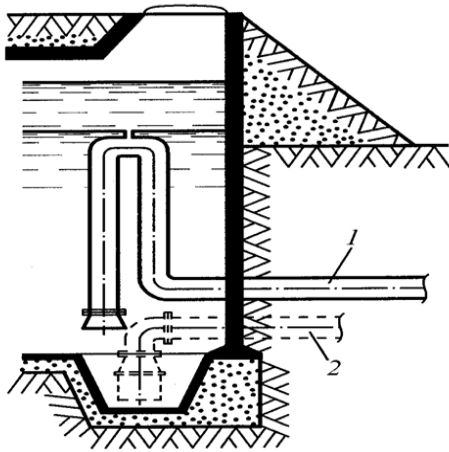


Рисунок 4 - Расположение всасывающих линий хозяйственных и пожарных насосов на различных уровнях с помощью устройства воздушно-водяного затвора: 1-всасывающая труба производственно-хозяйственных насосов; 2-трубопровод отбора воды на хозяйственных насосах; пожаротушение

### Водонапорные башни

Водонапорные башни предназначены для регулирования неравномерности водопотребления, хранения неприкосновенного запаса воды и создания требуемого напора в водопроводной сети.

Исходя из назначения водонапорной башни, вместимость бака ее должна быть равна

$$W_B = W_{PEГ} + W_{HЗ} \quad (31)$$

где  $W_{PEГ}$  - регулирующая емкость бака. Обычно регулирующий  $W_{PEГ}$  объем бака составляет примерно 10%;

$W_{HЗ}$  - противопожарный объем воды, рассчитанный на 10-минутную продолжительность тушения пожара на промышленных предприятиях внутренними пожарными кранами, а также спринклерными или дренчерными установками при наибольшем расходе воды на другие нужды или на 10-минутную продолжительность тушения одного внутреннего и одного наружного пожаров при одновременном наибольшем расходе воды на другие нужды.

Таким образом, неприкосновенный запас воды равен сумме

$$W_{HЗ} = W_{ХОЗ} + W_{ПОЖ} \quad (32)$$

Объем воды для хозяйственно-питьевых нужд и для целей пожаротушения может быть определен таким образом:

– для  $Q_{ХОЗ.МАК}$  в л/с при  $\tau = 10 \text{ мин.}$

$$W_{ХОЗ} = \frac{Q_{ХОЗ.МАК} \tau}{1000} = \frac{10 \cdot 60}{1000} Q_{ХОЗ.МАК} = 0,6 Q_{ХОЗ.МАК}, \text{ м}^3$$

– для  $Q_{ПОЖ}$  в л/с при  $\tau = 10 \text{ мин.}$

$$W_{ПОЖ} = \frac{Q_{ПОЖ} \tau}{1000} = \frac{10 \cdot 60}{1000} Q_{ПОЖ} = 0,6 Q_{ПОЖ}, \text{ м}^3.$$

При определении объема неприкосновенного противопожарного запаса воды расход ее в душевых и на мытье полов не учитывается.

В том случае, когда забор воды на наружное пожаротушение осуществляется из водоемов, а в здании требуется устройство объединенного пожарного водопровода, объем воды для неприкосновенного запаса определяется из усло-

вия работы одного пожарного крана в течение одного часа при обычных расходах воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды. В населенных пунктах сельской местности и на животноводческих фермах при небольших расчетных расходах в баках водонапорных башен хранится запас воды на 3 ч тушения пожара. В этом случае вместимость бака водонапорной башни определяется так же, как и вместимость резервуаров чистой воды.

При общей водонапорной башне, предназначенной для водоснабжения предприятия и населенного места при нем, пожарный запас воды в баке следует принимать по наибольшему расчетному расходу только на предприятии или только в населенном пункте. Определив необходимую вместимость бака, по табл. 21 подбирают типовой проект водонапорной башни.

**Таблица 21 - Основные данные типовых водонапорных башен**

Типовой проект	Число баков	Вместимость бака, м <sup>3</sup>	Высота расположения баков (напор), м
4-18-664	3	100, 200, 300	28, 32, 36
901-5-12/70	1	500	41
901-5-26/70	1	300	21, 24, 30, 36, 42
901-5-28/70	1	800	24, 30, 36
901-5-14/70	1	15	6, 9
901-5-9/70	1	150	18, 24
901-5-20/70	1	12	9, 12, 15, 18, 21
901-5-21/70	1	50	9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 2
901-5-22/70	1	100	9, 12, 15, 18, 21, 24
901-5-23/70	1	200	9, 12, 15, 18, 21, 24
901-5-24/70	1	300	15, 18, 21, 24, 30
901-5-25	1	500	15, 18, 21, 24, 30
901-5-13/70	1	15	6, 9
901-5-15/70	1	25	12
901-5-16/70	1	50	18

Основными элементами водонапорной башни (рис. 5) являются бак и поддерживающая его конструкция (стакан).

Определение высоты водонапорной башни. Высота водонапорной башни определяется из условия преодоления сопротивления в водопроводной сети и необходимости подъема воды на определенную высоту, а также создания свободного напора в диктующей точке.

Формулы для определения высоты водонапорной башни получим, пользуясь уравнением Д. Бернулли, известным из курса гидравлики, которое для сечений б и в (рис. 27) водопроводной сети запишется таким образом:

$$H_{BB} = 1,05h_C + H_{CB} + (Z_{ДГ} - Z_{BB})$$

где 1,05 – коэффициент, учитывающий потери напора в местных сопротивлениях;

$h_c$  – потери напора в сети;

$H_{CB}$  – свободный напор в диктующей точке водопроводной сети принимаемый равным 10 м для одноэтажного здания, при большей этажности – на каждый этаж добавлять 4м;

$Z_{ДТ} - Z_{ВБ}$  – разность геодезических отметок диктующей точки и места установки водонапорной башни.

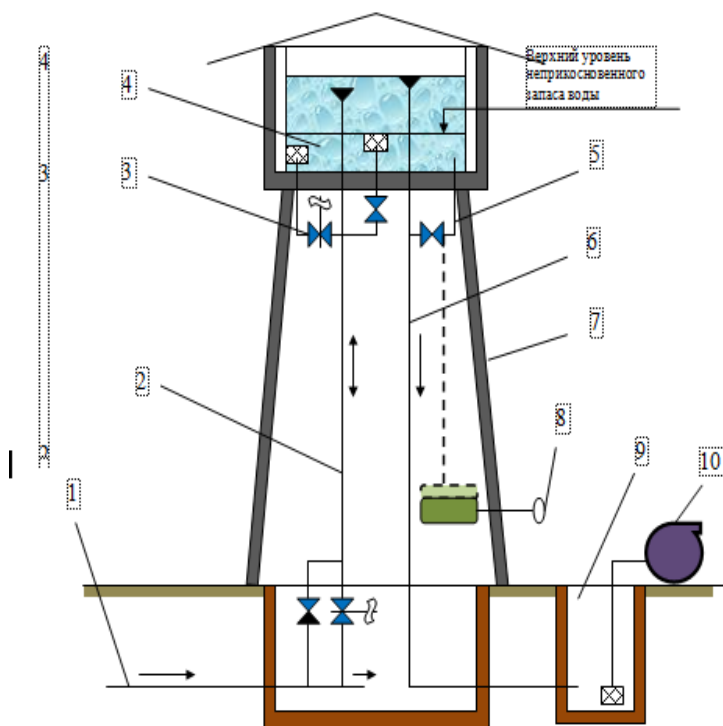


Рисунок 5 - Схема оборудования водонапорной башни: 1 – водопровод; 2 – стояк для отбора воды; 3 – вентиль для включения подачи воды при пожаротушении; 4 – бак водонапорной башни; 5 – слив отстоя; 6 – переливная труба; 7 – основание башни; 8 – труба; 9 – устройство спуска воды; 10 – передвижной пожарный насос

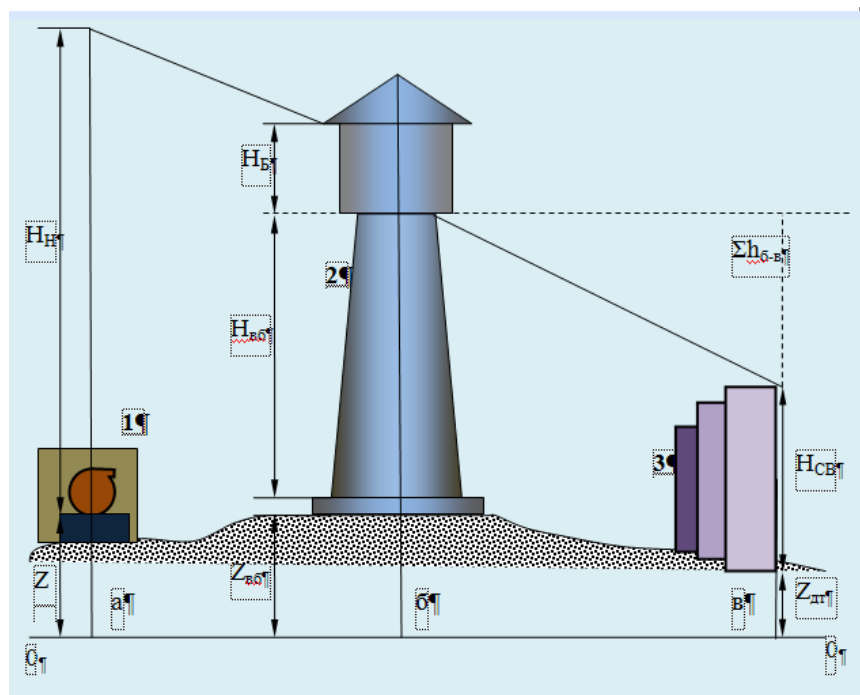


Рисунок 6 - К определению высоты водонапорной башни: 1 - насосная станция; 2 - водонапорная башня; 3- водопотребители

### Требования СНиП 2.04.02-84\* к водонапорным башням

1 Резервуары для воды и баки водонапорных башен должны быть оборудо-



ваны: подводными и отводящими трубопроводами или объединенным подводяще-отводящим трубопроводом, переливным устройством, спускным трубопроводом, вентиляционным устройством, скобами или лестницами, люками-лазами для прохода людей и транспортирования оборудования.

В зависимости от назначения емкости дополнительно следует предусматривать:

- устройства для изменения уровня воды, контроля вакуума и давления согласно п. 13.36;
  - световые люки диаметром 300 мм (в резервуарах для воды не питьевого качества);
  - промывочный водопровод (переносной или стационарный);
  - устройство для предотвращения перелива воды из емкости (средства автоматики или установка на подающем трубопроводе поплавкового запорного клапана);
  - устройство для очистки поступающего в емкость воздуха (в резервуарах для воды питьевого качества).
- 2 Водонапорные башни допускается проектировать с шатром вокруг бака или без шатра в зависимости от режима работы башни, объема бака, климатических условий и температуры воды в источнике водоснабжения.
  - 3 Ствол водонапорной башни допускается использовать для размещения производственных помещений системы водоснабжения, исключая образование пыли, дыма и газовыделений.
  - 4 При жесткой заделке труб в днище бака водонапорной башни на стояках трубопроводов надлежит предусматривать компенсаторы.
  - 5 Водонапорная башня, не входящая в зону молниезащиты других сооружений, должна быть оборудована собственной молниезащитой.

Разновидностью водонапорной башни является гидроколонна (рис. 7), которая предназначена, главным образом, для хранения аварийного запаса воды.

В отличие от водонапорной башни ствол гидроколонны полностью заполнен водой. Однако полезным объемом является практически только ее верхняя часть, расположенная на высоте, соответствующей требуемым свободным напорам в водопроводной сети. Эта часть гидроколонны используется в обычное время как регулирующая емкость, а в нижней части ее может храниться неприкосновенный запас воды, подаваемый к месту пожара стационарными или передвижными насосами.

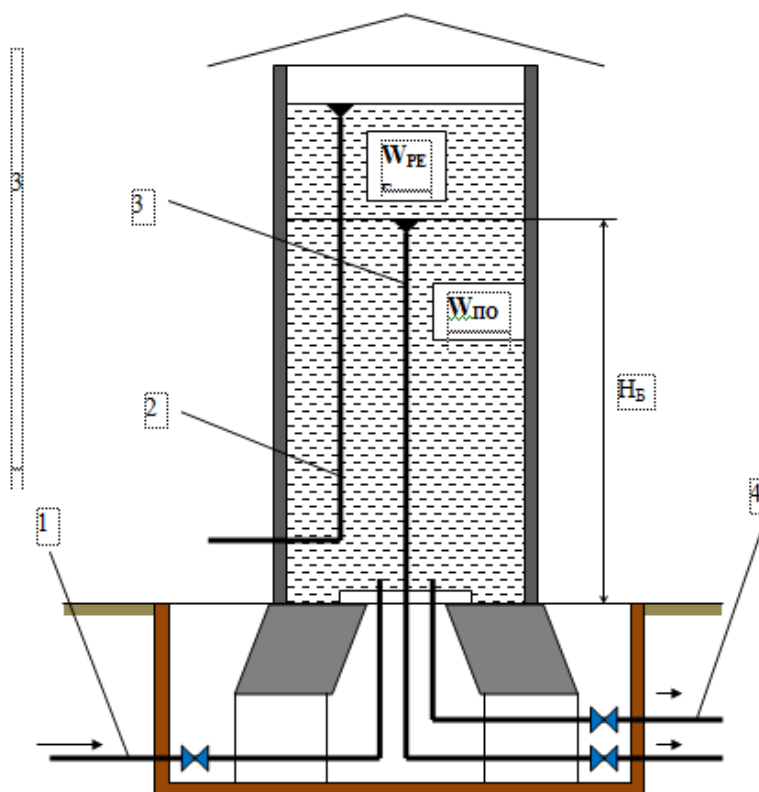


Рисунок 7 - Схема оборудования гидроколонны: 1 – водопровод; 2 – переливная труба; 3 – хозяйственно-питьевой трубопровод; 4 – пожарный трубопровод.

### Насосные станции для подачи воды

**Насосные станции в системе водоснабжения** – это сложный комплекс механического оборудования, энергетических установок, трубопроводов, арматуры, состав которых так же, как и оснащённость станций, варьируют в широких пределах в зависимости от ее целевого назначения.

Насосные станции подразделяются на:

- станции I подъёма;
- станции II подъёма;
- повысительные.

В качестве насосных агрегатов преимущественно используют центробежные насосы, приводимые в действие электродвигателями. В качестве резервных (при наличии одного источника энергопитания) применяют насосные агрегаты с двигателями внутреннего сгорания (карбюраторные и дизельные). Насосы в насосных станциях по назначению разделяются на производственно-хозяйственные, производственно-пожарные и пожарные. Пожарные насосы в свою очередь подразделяются на насосы низкого и высокого давлений. Пожарные насосы располагают в насосных станциях II подъёма, а если они отсутствуют – в насосных I подъёма.

Насосные станции I подъёма (рис. 8) забирают воду из водоисточника и в зависимости от принятой схемы водоснабжения подают её на очистные сооружения или, если этого не требуется, в резервуары, водонапорную башню или водопроводную сеть.

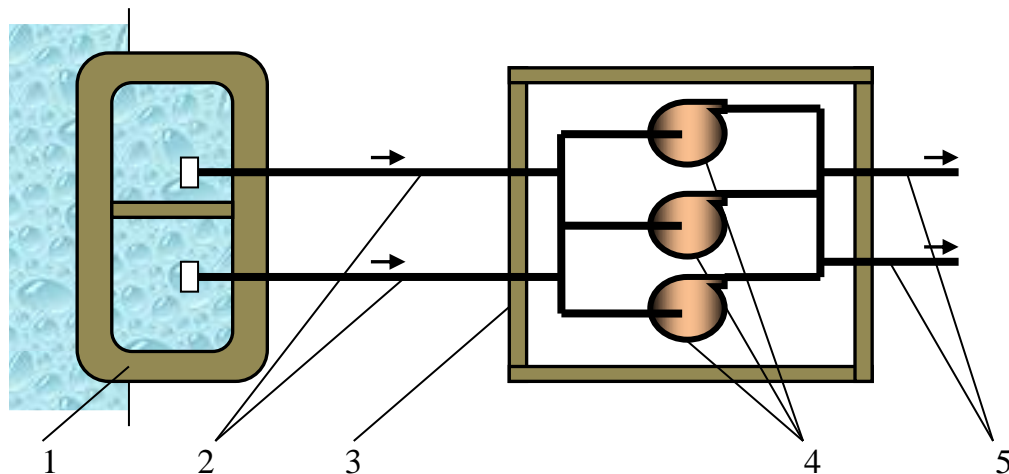


Рисунок 8 - Схема насосной станции I подъема: 1 – водоприемник; 2 - всасывающий трубопровод; 3 – насосная станция; 4 – насосные агрегаты; 5 – напорный трубопровод.

Помимо подачи воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды насосная станция пополняет израсходованный при тушении пожара неприкосновенный запас воды в резервуарах чистой воды, что достигается увеличением продолжительности работы насосов (в случае, когда насосы не работают круглосуточно), включением дополнительных насосов или возможным сокращением водопотребления на другие нужды. При равномерной работе насосов в течение суток подачу насосов в насосной станции I подъема определяют по формуле:

$$Q_1 = \frac{kQ_{свт}}{24},$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий расход воды на нужды водопровода, принимается равным 1,02 при отсутствии очистных сооружений 1,04, при их наличии 1,1.

Иногда в насосных станциях I подъема устанавливают дополнительные насосы для пополнения неприкосновенного пожарного запаса воды. Подачу этих насосов вычисляют по формуле:

$$Q = \frac{[(Q_n - Q_1)\tau_T + \sum Q]}{\tau^*},$$

где  $Q_n$  – пожарный расход воды;

$Q_1$  – средняя подача насосов I подъема;

$\tau_T$  – продолжительность тушения пожара;

$\sum Q$  – суммарный производственно-хозяйственный расход за расчетный период наибольшего водопотребления;

$\tau^*$  – продолжительность пополнения пожарного запаса воды, устанавливаемая противопожарными нормами.

Насосные станции II подъема (рис. 9) подают воду к потребителям обычно из резервуаров чистой воды. Эти станции являются основными сооружениями, обеспечивающими подачу воды на нужды пожаротушения. Вода может

быть подана под необходимым напором для тушения пожаров непосредственно от пожарных гидрантов (система высокого давления) или под напором, достаточным для тушения пожаров передвижными пожарными автонасосами (системы низкого давления). Насосы II подъема рассчитывают на подачу воды для тушения пожаров при наибольшем часовом расходе воды на производственно-хозяйственные нужды.

Если необходимый для пожаротушения напор равен или меньше напора производственно-хозяйственных насосов, то пожарный насос устанавливают такого же напора, как и остальные насосы, а подача суммарного пожарного и производственного расходов воды обеспечивается параллельным включением дополнительных (пожарных) насосов. Когда необходимый для пожаротушения напор окажется выше напора производственно-хозяйственных насосов, устанавливают отдельные пожарные насосы, подача которых обеспечивает пожарный и максимальный производственно-хозяйственный расходы. При работе этого насоса производственно-хозяйственные насосы выключаются.

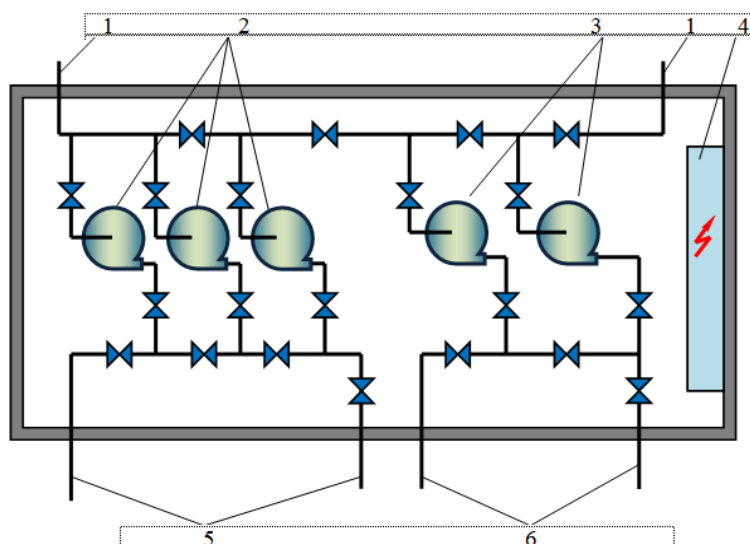


Рисунок 9 - Схема насосной станции второго подъема: 1 – напорные трубопроводы; 2 – насосы хозяйственно-питьевого назначения; 3 – насосы пожарные; 4 – электрораспределительное оборудование; 5 – всасывающие линии хозяйственно-питьевых насосов; 6 – всасывающие линии пожарных насосов

По степени надежности водопроводные насосные станции подразделяются на три категории в соответствии с п.4.4 СНиП 2.04.02-84\*.

К первой категории, согласно требованиям, относятся насосные станции, которые обслуживают объекты с технологическим оборудованием, не допускающим перерыва подачи воды (например, металлургические, химические и другие производства), или перерыв подачи воды может привести к большому материальному ущербу и остановке сложного технологического процесса.

Насосные второй категории допускают короткий перерыв в подаче воды потребителям на время, необходимое для включения обслуживающим персоналом резервных агрегатов.

Насосные третьей категории допускают перерыв в подаче воды потреби-

телям на время ликвидации аварии, но не свыше одних суток.

Насосные станции, подающие воду непосредственно в сеть противопожарного и объединенного противопожарного водопровода, надлежит относить к I категории. Насосные станции противопожарного и объединенного противопожарного водопровода объектов, указанных в примеч. 1 п. 1.11 СНиП 2.04.02-84\*, допускается относить к II категории.

Надежность работы насосных станций достигается установкой резервных насосов, устройством дополнительных водоводов и всасывающих линий.

В насосных станциях для группы насосов одного назначения, подающих воду в одну и ту же сеть или водоводы, количество резервных агрегатов следует принимать согласно табл. 22.

**Таблица 22 - Количество резервных агрегатов**

Количество рабочих агрегатов одной группы	Количество резервных агрегатов в насосных станциях для категории		
	I	II	III
До 6	2	1	1
Св. 6 до 9	2	1	-
> 9	2	2	-

В количество рабочих агрегатов включаются пожарные насосы. Количество рабочих агрегатов одной группы, кроме пожарных, должно быть не менее двух. В насосных станциях II и III категорий при обосновании допускается установка одного рабочего агрегата.

При установке в одной группе насосов с разными характеристиками количество резервных агрегатов следует принимать для насосов большей производительности по табл. 50, а резервный насос меньшей производительности хранить на складе.

В насосных станциях объединенных противопожарных водопроводов высокого давления или при установке только пожарных насосов следует предусматривать один резервный пожарный агрегат, независимо от количества рабочих агрегатов.

В насосных станциях водопроводов населенных пунктов с числом жителей до 5 тыс. чел. при одном источнике электроснабжения следует устанавливать резервный пожарный насос с двигателем внутреннего сгорания и автоматическим запуском (от аккумуляторов).

В насосных станциях II категории при количестве рабочих агрегатов десять и более один резервный агрегат допускается хранить на складе.

Количество всасывающих линий к насосной станции независимо от числа и групп установленных насосов, включая пожарные, должно быть не менее двух.

При выключении одной линии остальные должны быть рассчитаны на пропуск полного расчетного расхода для насосных станций I и II категорий и 70 % расчетного расхода для III категории.

Устройство одной всасывающей линии допускается для насосных станций III категории.

Количество напорных линий от насосных станций I и II категорий должно быть не менее двух. Для насосных станций III категории допускается устройство одной напорной линии.

Размещение запорной арматуры на всасывающих и напорных трубопроводах должно обеспечивать возможность замены или ремонта любого из насосов, обратных клапанов и основной запорной арматуры, а также проверки характеристики насосов без нарушения требований по обеспеченности подачи воды.

Насосные станции первой и второй категорий надежности должны бесперебойно снабжаться энергией, для чего их присоединяют к двум независимым источникам электроэнергии или питают от двух отдельных фидеров. В некоторых случаях их подключают к резервным агрегатам, установленным на электростанциях, или к генераторам с приводом от двигателя внутреннего сгорания, расположенных в насосных станциях.

Бесперебойность работы насосных станций обеспечивается автоматической системой, позволяющей переключать питание аварийных насосно-силовых агрегатов на резервные. Для облегчения устройства автоматизации и повышения надежности работы насосов в насосных станциях первой и второй категорий насосные агрегаты рекомендуется располагать ниже расчетного уровня воды в водоисточнике, или резервуаре чистой воды.

Повысительные насосные станции устраивают для повышения напора (для подкачки воды) на отдельных участках сети или зданий.

### **Требования пожарной безопасности к сооружениям насосных станций (СНиП 2.04.02-84\*)**

Насосные станции размером машинного зала 6х9 м и более должны оборудоваться внутренним противопожарным водопроводом с расходом воды 2,5 л/с. (п.7.18). Кроме того, следует предусматривать:

- при установке электродвигателей напряжением до 1000 В и менее: два ручных пенных огнетушителя, а при двигателях внутреннего сгорания до 300 л.с. — четыре огнетушителя;
- при установке электродвигателей напряжением свыше 1000 В или двигателя внутреннего сгорания мощностью более 300 л.с. следует предусматривать дополнительно два углекислотных огнетушителя, бочку с водой вместимостью 250 л, два куска войлока, асбестового полотна или кошмы размером 2х2 м.

#### **Примечания:**

- 1 Пожарные краны следует присоединять к напорному коллектору насосов.
- 2 В насосных станциях на водозаборных скважинах противопожарный водопровод предусматривать не требуется.

В насосных станциях с двигателями внутреннего сгорания допускается размещать расходные емкости с жидким топливом (бензина до 250 л, дизельно-

го топлива до 500 л) в помещениях, отделенных от машинного зала негоряемыми конструкциями с пределом огнестойкости не менее 2 ч (п.7.21).

Насосные станции противопожарного водоснабжения допускается размещать в производственных зданиях, при этом они должны быть отделены противопожарными перегородками (п.7.23).

## 2 Задания для проведения работ.

**Задача 1** Определить ёмкость резервуара чистой воды если: расход воды на пожаротушение  $Q_{\text{ПОЖ}} = ??? \text{ л/с}$ ; расход воды на хозяйственно-питьевые нужды в часы максимального водоотбора  $Q_{\text{ХОЗ.МАКС}} = ??? \text{ л/с}$ ; расход воды на производственные нужды  $Q_{\text{ПР}} = ??? \text{ л/с}$ ; общая площадь фильтров  $F = ??? \text{ м}^2$ ; диаметр водопроводной сети  $D = ??? \text{ мм}$ ; глубина закладки труб 2 метра, водопроводная сеть первой категории. Подобрать типовой резервуар согласно полученных расчётов. Варианты заданий приведены в таблице 23.

**Таблица 23 - Варианты задания 1**

Вариант	$Q_{\text{ПОЖ}}, \text{ л/с}$	$Q_{\text{ХОЗ.МАКС}}, \text{ л/с}$	$Q_{\text{ПР}}, \text{ л/с}$	$F = ??? \text{ м}^2$	$D = ??? \text{ мм}$
В-1	20	180	40	20	300
В-2	25	170	35	22	320
В-3	30	160	30	24	350
В-4	35	150	25	26	380
В-5	20	140	40	20	400
В-6	25	175	35	22	420
В-7	30	165	30	24	450
В-8	35	155	25	26	500
В-9	20	145	40	20	600
В-10	25	135	35	22	300
В-11	30	120	30	24	320
В-12	35	140	25	26	350
В-13	20	175	40	20	380
В-14	25	165	35	22	400
В-15	30	155	30	24	420
В-16	35	145	25	26	450
В-17	20	135	33	18	500

**Задача 2** Определить объём бака водонапорной башни промышленного предприятия, если: расход воды на внутреннее пожаротушение  $Q_{\text{ПОЖ.ВН}} = ??? \text{ л/с}$ ; расход воды на наружное пожаротушение  $Q_{\text{ПОЖ.НАР.}} = ??? \text{ л/с}$ ; расход воды на хозяйственно-питьевые нужды в часы максимального водоотбора  $Q_{\text{ХОЗ.МАКС}} = ??? \text{ л/с}$ . Подобрать типовой резервуар согласно полученных расчётов. Варианты заданий приведены в таблице 24.

**Таблица 24 - Варианты задания 1**

Вариант	$Q_{\text{ПОЖ.ВН}}, \text{л/с}$	$Q_{\text{ПОЖ.НАР.}}, \text{л/с}$	$Q_{\text{ХОЗ.МАКС}}, \text{л/с}$
В-1	5	10	14
В-2	5	15	10
В-3	6	10	11
В-4	5	10	12
В-5	10	15	8
В-6	5	15	13
В-7	6	10	11
В-8	5	10	12
В-9	10	10	14
В-10	5	10	8
В-11	10	15	9
В-12	5	10	7
В-13	6	15	10
В-14	5	15	9
В-15	10	15	7
В-16	5	15	10
В-17	10	12	8

**Задача 3** Определить высоту водонапорной башни если: водонапорная башня установлена на высоте относительно нулевой отметки  $Z_{\text{бб}} = ??? \text{ м}$ ; высота диктующей точки относительно нулевой отметки  $Z_{\text{дт}} = ??? \text{ м}$ ; микрорайон застроен зданиями этажностью  $N_{\text{эт}} = ??? \text{ м}$ ; потери напора в сети  $h_c = ??? \text{ м}$ ; Варианты заданий приведены в таблице 25.

**Таблица 25 - Варианты задания 2**

Вариант	$Z_{\text{бб}}, \text{м}$	$Z_{\text{дт}}, \text{м}$	$N_{\text{эт}}, \text{м}$	$h_c, \text{м}$
В-1	10	2	5	10
В-2	15	4	9	15
В-3	10	3	5	8
В-4	10	3	3	5
В-5	15	3	5	15
В-6	15	4	9	5
В-7	10	2	5	6
В-8	10	2	3	15
В-9	10	1	3	10
В-10	10	0	5	5
В-11	15	2	5	10
В-12	10	1	3	5
В-13	15	5	9	16
В-14	15	4	5	5



Вариант	$Z_{об}, м$	$Z_{ом}, м$	$N_{ЭТ}, м$	$h_C, м$
В-15	15	4	5	10
В-16	15	3	5	5
В-17	12	3	3	10

**Задача 4** Определить подачу дополнительных насосов для пополнения неприкосновенного запаса воды, подобрать конкретную марку насоса если: насосная станция относится к категории  $K$ -???. расход воды на пожаротушение составляет  $Q_n$ -??? л/с; средняя подача насосов  $Q_1$ -???  $м^3/ч$ ; суммарный производственно-хозяйственный расход за расчетный период наибольшего водопотребления  $\sum Q$ -??? л/с; комплекс очистных сооружений и станция II подъёма находятся на высоте  $Z_M$ -???. Варианты заданий приведены в таблице 26.

**Таблица 26 - Варианты задания**

Вариант	$K$	$Q_n, л/с$	$Q_1, м^3/ч$	$\sum Q, л/с$	$Z_M, м$
В-1	I	10	54	14	25
В-2	II	15	30	10	30
В-3	III	10	56	11	35
В-4	I	10	25	12	30
В-5	II	15	30	8	25
В-6	I	15	61	13	20
В-7	II	10	10	11	27
В-8	II	10	27	12	36
В-9	III	10	25	14	39
В-10	II	10	30	8	28
В-11	III	15	56	9	27
В-12	I	10	25	7	32
В-13	II	15	30	10	30
В-14	I	15	61	9	37
В-15	II	15	10	7	35
В-16	II	15	27	10	28
В-17	III	12	25	8	25

**Таблица 27 - Марки насосов**

Марка насоса	Подача		Полный напор, м	Вакуумметрическая высота всасывания	Мощность на валу насоса, кВт	частота вращения, об./мин
	$м^3/ч$	л/с				
2К-6	10	2,8	34,5	8,7	1,8	3000
	30	8,4	24	5,7	3,1	3000
2К-66	10	2,8	22	8,7	1,2	3000
	25	7	16,4	7,6	1,7	3000

3К, 3КМ-6	30,6	8,6	58	7	8,8	3000
	61	17	45	4,5	12,5	3000
3К-6А, 3КМ-6а	27,7	7,7	47	7	6,7	3000
	56	15,6	33,5	4,5	9	3000
3К-9	30	8,4	34,8	7	4,6	3000
	54	15	27	2,9	5,8	3000
4К6	65,1	18,1	98	6,2	29	3000
	17	32,8	72	3,5	38,2	3000
4К-8, 4КМ-8	65	18,1	61	6	16,5	3000
	112	31,2	45	4	20,1	3000
4К-12, 4КМ-12	65	18,1	40	6,5	9,8	3000
	112	31,2	27,5	3,5	12	3000
4К-18	60	16,7	25,7	5,4	5,6	3000
	100	28	18,9	4,2	6,7	3000
4К-18а	50	14	20,7	5,4	3,9	3000
	90	25	14,3	5,2	4,7	3000
6К-8	122	34	36,5	6,5	16,5	1500
	198	55	28	5,5	20,7	1500
6К-8б	106	29	26	6,5	10,9	1500
	170	43	18	5,5	14	1500
6К-12а	108	30	18	6,8	6,8	1500
6КМ-12а	165	46	14	5,5	8,5	1500
4НДВ-60	180-150	50-42	97-104	2-3,3	75	3000
	108-90	30-25	22-24	6,5	14	1500
5НДВ-60	180-125	30-25	97-104	6,8-7,3	30	1500
	250-150	50-30	22-24	4,6-7	40-30	1500
6НДВ-60	360-216	100-60	32-42	4-5,5	55	1500
	369-250	100-70	46-54	4-5	75-55	1500

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 9 -10**  
**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 - 6**  
**Наружное и внутреннее противопожарное водоснабжение**

**Тема работы:** Проекты наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения. Внутренняя водопроводная сеть

**Цели работы:**

- изучить требования СНиП 2.04.02-84\* к наружным сетям и сооружениям;
- изучить требования, предъявляемые к наружному противопожарному водопроводу;
- научиться производить экспертизу проектов наружного противопожарного водоснабжения.
- изучить методы проверки водопроводных сетей на водоотдачу;
- научиться производить расчёт водоотдачи пожарных гидрантов.

**Порядок выполнения работы:**

- 1 Изучить материал по теме работы.
- 2 Ознакомиться с заданием.
- 3 Выполнить задание.
- 4 Сдать работу на проверку в сроки установленные преподавателем.

**Методические рекомендации**

**1 Краткие теоретические сведения**

**Методика рассмотрения проектов наружных противопожарных водопроводов**

Проектные материалы обычно состоят из пояснительной записки, чертежей и смет.

В процессе ознакомления с пояснительной запиской могут быть выявлены общие вопросы наружного противопожарного водоснабжения, которые включают:

- обоснованность выбора системы водоснабжения пожарной опасности объекта и соответствие требованиям СНиП;
- соответствие принятых в проекте расходов и напоров на цели пожаротушения требованиям СНиП;
- целесообразность устройства пожарных водоемов или, исходя из надежности и экономичности, устройства противопожарного водопровода.

Экспертизу проектов противопожарного водоснабжения необходимо производить по ходу движения воды от водоисточника или водозаборного сооружения до водопотребителей, т.е. поэлементно.

По источникам водоснабжения и сооружениям для забора воды необхо-

димо проверить:

- правильно ли выбран источник водоснабжения, тип и схема размещения водозаборных сооружений, взаимодействия их с существующими и эксплуатируемыми водозаборами;
- обеспечивает ли конструкция приемного сооружения забор из вод источника расчетных расходов воды на все нужды, в том числе и на цели пожаротушения;
- защищены ли водозаборные сооружения от различных механических повреждений (льдом, якорями, плотами, подмывом грунта и др.);
- предусмотрены ли устройства, защищающие систему водоснабжения от попадания в нее мусора, планктона, биологических обрастаний, наносов, льда, рыбы и пр.

По насосным станциям I подъема необходимо проверить:

- количество и марку насосов, соответствие напоров и расходов расчетным;
- восстановление неприкосновенного пожарного запаса воды в запасных и регулирующих емкостях;
- бесперебойность работы НС-1 в случае, если пожарный запас не предусматривается или он уменьшается, исходя из условий пополнения;
- защиту от гидравлического удара в напорных водоводах предохранительной аппаратурой.

По насосным станциям II подъема необходимо установить:

- тип насосной станции (высокого или низкого давления);
- категорию надежности насосной станции и соответствие ее требованиям норм;
- количество, марку насосов, соответствие их по напору и подаче расчетным данным до пожара и при пожаре, наличие установки резервных пожарных насосов;
- соответствие запроектированной насосной станции с архитектурно-строительной и инженерной точки зрения требованиям СНиП;
- правильность установки насосов, исходя из их допустимой вакуумметрической высоты всасывания;
- обеспечение заливки всасывающих линий пожарных насосов в случае их установки выше наинизшего уровня воды в резервуарах в течение не более 3 мин (для водопроводов высокого давления);
- правильность проектирования всасывающих и напорных коммуникаций в насосной станции (пожарные насосы должны иметь самостоятельные всасывающие линии);
- правильность размещения и расстановки запорной арматуры, обратных клапанов;
- наличие двух независимых источников энергопитания двигателей насосов (пожарные насосы должны иметь питание по самостоятель-

- ным фидерам);
- наличие контроля за исправностью схем автоматики и отдельных автоматизированных сооружений, а также автоматического переключения электропитания насосов с одного фидера на другой;
  - наличие устройств контроля за уровнем и сохранностью неприкосновенного пожарного запаса воды в резервуарах и водонапорных башнях;
  - наличие световой и звуковой автоматической сигнализации о включении пожарных насосов;
  - наличие телефонной связи с пожарной охраной и диспетчерским пунктом объекта;
  - правильность окраски пожарных насосов; наличие устройств защиты от гидравлического удара в водоводах, а также обоснование возможности пуска пожарных насосов при открытой задвижке на напорной линии;
  - наличие подъемно-транспортного оборудования для эксплуатации арматуры, трубопроводов, оборудования в насосной станции и тип его;
  - наличие насосной станции внутреннего противопожарного водопровода, первичных средств пожаротушения;
  - наличие подъезда к насосной станции с твердым покрытием.
  - По резервуарам чистой воды (пожарным водоемам) необходимо проверить:
  - количество, тип и емкость резервуаров (водоемов), как правило, количество резервуаров должно быть не менее двух;
  - правильность определения объема неприкосновенного пожарного запаса воды;
  - соразмерность емкости запроектированных резервуаров (водоемов) расчетному неприкосновенному пожарному запасу воды;
  - наличие меры по увеличению запаса воды в резервуарах, когда СНиП допускается прокладка водовода в одну нитку;
  - пропорциональность распределения неприкосновенного пожарного запаса в резервуарах:
  - правильность оборудования резервуаров необходимыми трубопроводами и обеспечена ли защита от замерзания воды в них;
  - сроки восстановления неприкосновенного пожарного запаса воды и соответствие их нормативным;
  - наличие устройств, обеспечивающих сохранение неприкосновенного пожарного запаса воды и автоматических указателей уровня для подачи сигнала на включение дополнительных насосов на НС-1;
  - наличие устройств для забора воды из резервуаров передвижными пожарными насосами и правильность их расчета;
  - соответствие количества пожарных водоемов, расстояний от них до

- зданий требованиям норм;
- правильность размещения водоемов из условия обслуживания ими зданий, сооружений и вида передвижной пожарной техники;
  - правильность проектирования водоемов в отношении их теплоизоляции и гидроизоляции;
  - соответствие глубины водоемов нормам (3,5 м);
  - возможность периодической смены воды в пожарных водоемах и способ подачи воды в них;
  - наличие в проекте подъездов и площадок с твердым покрытием у водоемов для установки пожарных автомобилей для забора воды и соответствие этих площадок требованиям норм;
  - наличие указателей и искусственного освещения водоемов при заборе воды из них в ночное время.

По водопроводной сети. В этом случае необходимо выяснить следующие вопросы:

- возможность бесперебойной подачи пожарных расходов воды, если объект присоединяется к городскому водопроводу;
- соответствие требованиям норм типа водопроводной сети - кольцевая или тупиковая;
- соответствие тупиковой сети нормативным условиям ее применения;
- наличие пожарных водоемов у наиболее важных и пожароопасных объектов;
- соответствие наименьших диаметров распределительных труб минимально допускаемым нормами;
- соответствие нормативным требованиям расстояний между пожарными гидрантами - от гидрантов до зданий и различных коммуникаций. В случае установки на сети гидрантов-колонок ВНИИПО расстояние между ними принимается по нормам размещения водоразборных колонок;
- наличие мер, облегчающих отыскание пожарных гидрантов на сетях (например, таблички и светоуказатели);
- наличие сопровождающих линий и правильность расстановки на них пожарных гидрантов в случае проектирования водопроводных линий диаметром 500мм и более. Если трассировка магистральных линий выполнена по типу трассировки водоводов, то следует проверить, предусмотрено ли их закольцевание и устройство на них переключений через каждые 2-3км;
- правильность разделения водопроводной сети задвижками на ремонтные участки (при ремонте допускается одновременное отключение не более 5 гидрантов);
- предусмотрена ли надежная гидроизоляция, обеспечивающая водонепроницаемость колодцев пожарных гидрантов в водонасыщенных грунтах;

- правильность расположения подземных гидрантов в колодцах (ось гидранта располагается не ближе 175мм и не далее 200мм от стенки горловины люка, а расстояние от верхней части гидранта до верхней кромки люка должно быть не более 400мм и не менее 150мм), надежность способа гидроизоляции колодцев и наличие отверстий для стока воды (в сухих колодцах), а также мер против замерзания гидрантов в зимнее время, особенно в районах Крайнего Севера;
- установить соответствие пропускной способности водопроводной сети принятому расходу и напору воды для целей пожаротушения.

По ходу экспертизы рекомендуется вести рабочие записи по следующей форме, приведенной в таблице 67:

### **Методики испытаний наружных и внутренних противопожарных трубопроводов.**

Настоящая методика регламентирует условия и порядок проведения гидравлических испытаний на водоотдачу наружных (низкого и высокого давлений) и внутренних сетей противопожарного водоснабжения.

Целью испытаний является определение фактических расходов воды, используемой для пожаротушения, и оценка их соответствия требуемым.

Испытания на водоотдачу наружных водопроводных сетей проводятся перед приемкой их в эксплуатацию, по завершении ремонтных работ, а также не реже 1 раза в 5 лет при инвентаризации противопожарного водоснабжения.

Пожарные гидранты, гидрант-колонки и пожарные краны перед приемкой в эксплуатацию и не реже чем через каждые 6 мес. (в весенне-летний и осенне-зимний периоды) подвергаются техническому осмотру и проверяются на работоспособность посредством пуска воды.

Конкретные сроки испытаний определяются приказом начальника территориального органа управления ГПС МЧС России исходя из местных условий (климатических, геологических, технического состояния водопроводных сетей и т.п.).

Испытания наружных водопроводных сетей низкого давления могут проводиться двух видов: полные и сокращенные.

Полные испытания производятся последовательной установкой на гидранты необходимого количества передвижных насосных установок, введением пожарных стволов по типовой рукавной схеме, определением фактического расхода воды или водоотдачи.

Содержание сокращенных испытаний заключается в установке на требуемое количество гидрантов измерительных комплектов, регистрации давления на пожарных стволах до и после подачи воды, определении сопротивлений системы, приведенных к точкам отбора воды, определении водоотдачи водопроводной сети.

### **Необходимое оборудование**

Для испытаний должно применяться следующее оборудование:

- передвижная насосная установка с номинальной подачей не менее  $40\text{л} \cdot \text{с}^{-1}$ ;
- пожарная колонка КП (ГОСТ 7499-71, НПБ 184-99);
- пожарные напорные рукава диаметром 51, 66 или 77мм и длиной 4м и 20м (ГОСТ Р 51049-97, НПБ 152-00);
- пожарный напорно-всасывающий рукав диаметром 75 мм и длиной 4м (ГОСТ 5398-76);
- рукавный водосборник ВС-125 (ГОСТ 14279-79\*, НПБ 183-99);
- стволы пожарные ручные  $D_y 50$  (с насадком диаметром 13мм),  $D_y 70$  (с насадками диаметром 19мм, 22мм) (НПБ 177-99);
- переносной лафетный ствол со сменными насадками диаметром 25, 28 и 32мм (ГОСТ Р 51115-97);
- головки напорные переходные ГП 70/50, 80/50, 80/70 (ГОСТ 28352-89);
- головки-заглушки напорные ГЗ (ГОСТ 28352-89);
- разветвления рукавные трехходовые РТ-70, РТ-80 (ГОСТ Р 50400-92);
- ключи для пожарной соединительной арматуры (ГОСТ 14286-69\*);
- цилиндрические вставки (рис. 10) длиной 150мм с манометром (диаметры вставок должны соответствовать размерам используемых стволов);

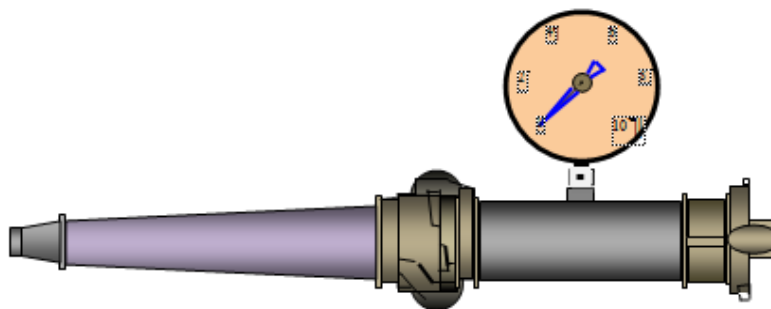


Рисунок 10 - Цилиндрическая вставка с манометром и присоединенным стволом

- показывающий манометр с пределом измерения до 10 (16)  $\text{кгс} \cdot \text{см}^{-2}$ , класс точности не ниже 2,5; диаметр корпуса 60-160 мм. Манометры должны выбираться таким образом, чтобы при испытаниях значения давления находились в средней трети шкалы, а максимально возможное давление не превышало предела измерений.

## Способы измерения расходов воды

### Объемный способ

Расход воды объемным способом определяется по времени заполнения мерной емкости водой от устройства подачи воды (ствола, пожарной колонки и т.п.).

Для проведения испытаний требуется мерная емкость вместимостью не менее 500л (в качестве мерной емкости можно использовать цистерну пожар-



ного автомобиля).

Расход воды определяется по формуле:

$$Q = \frac{W}{\tau}, \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \quad (33)$$

где  $W$  – вместимость мерной емкости, л;

$\tau$  – время заполнения мерной емкости водой, с.

### С помощью стволов-водомеров

При подаче воды фиксируются показания манометра, установленного перед стволом. По таблице 28 в зависимости от диаметра насадка, установленного на ствол, определяется расход.

Таблица 28 - Расходы из стволов  $Q_{ств,i}, \text{ л} \cdot \text{с}^{-1}$

Напор у ствола, $H_{ств,i}$ , м вод.ст.	Диаметр насадка ствола, мм						
	13	16	19	22	25	28	32
20	2,6	3,9	5,5	7,5	9,7	12,2	15,9
25	2,9	4,4	6,2	8,4	10,8	13,7	17,8
30	3,2	4,8	6,8	9,2	11,8	14,9	19,5
35	3,4	5,2	7,3	9,9	12,8	16,2	21,1
40	3,7	5,5	7,9	10,6	13,6	17,3	22,5
45	3,9	5,9	8,3	11,3	14,5	18,3	23,9
50	4,1	6,2	8,8	11,8	15,3	19,3	25,1
55	4,3	6,5	9,2	12,4	16,0	20,2	26,4
60	4,5	6,8	9,8	13,0	16,7	21,2	27,6
65	4,7	7,1	10,0	13,5	17,4	22,0	28,7
70	4,9	7,3	10,4	14,0	18,1	22,8	29,8
75	5,1	7,6	10,7	14,5	18,7	23,6	30,8
80	5,3	7,9	11,1	15,0	19,3	24,4	31,8
85	5,4	8,2	11,5	15,5	20,0	25,2	32,8
90	5,5	8,4	11,8	16,0	20,6	25,9	33,8
95	5,7	8,6	12,2	16,4	21,1	26,6	34,7
100	5,8	8,8	12,5	16,7	21,6	27,3	35,6

**Примечание:** промежуточные значения, по отношению к приведенным в таблице, определяются методом линейной интерполяции по соседним значениям

### Подготовка к испытаниям

При подготовке к испытаниям необходимо:

- 1 Изучить действующий проект водоснабжения населенного пункта (объекта, здания).
- 2 Определить по проекту (нормам) требуемый расход воды на пожарные нужды для данного объекта.
- 3 Ознакомиться с актами предыдущих проверок водопроводных сетей на водоотдачу и объемом выполненных работ по их результатам.

- 4 Определить время проведения испытания. Для противопожарного водопровода, объединенного с хозяйственно-питьевым или с промышленным, испытание необходимо производить в часы максимального водопотребления.
- 1 Определить место проведения испытания. Испытанию должны подвергаться в первую очередь участки водопроводной сети:
- с пониженным давлением,
  - тупиковые линии;
  - с малым диаметром труб (для городских наружных водопроводов 100мм, для сельских – 75мм);
  - с большой протяженностью;
  - наиболее удаленные от насосных станций;
  - с большим водопотреблением;
  - старые участки;
  - участки у наиболее пожаровзрывоопасных объектов;
  - вновь проложенные участки;
  - участки, расположенные на возвышенных участках местности;
- Как правило, для испытаний выбираются наиболее невыгодно расположенные пожарные гидранты или внутренние пожарные краны:
- максимально удаленные от вводов на объект (для наружного противопожарного водопровода);
  - наиболее высоко расположенные и максимально удаленные от вводов в здание (для внутреннего противопожарного водопровода).
- 2 Время и место проведения испытаний согласовать с органами (организациями, лицами), ответственными за содержание водопроводных сетей населенного пункта (объекта).

## **Проведение испытаний**

### **Полные испытания**

Полные испытания на водоотдачу водопроводов низкого давления производятся при помощи передвижных насосных установок в следующей последовательности.

Определяется требуемый расход воды на наружное пожаротушение населенного пункта (объекта) согласно СНиП 2.04.02-84\* «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» либо по специальным требованиям к объекту.

Определяется необходимое количество передвижных насосных установок для отбора из наружной сети требуемого расхода воды по формуле:

$$n = \frac{Q_{mp}}{Q_{насоса}}, \quad (34)$$

где:  $Q_{mp}$  – требуемый расход воды на наружное пожаротушение,  $л \cdot с^{-1}$ ;

$Q_{насоса}$  – производительность насоса,  $л \cdot с^{-1}$ .

Например:  $Q_{mp} = 100 л \cdot с^{-1}$ , номинальная подача насоса марки ПН-40УВ

$Q_{насоса} = 40 л \cdot с^{-1}$ , тогда  $n=2,5$ , т.е. для испытания потребуется 3 насоса.

Устанавливаются  $n$  передвижных насосных установок на наиболее невыгодно расположенные гидранты. При этом пожарная колонка соединяется с насосом с помощью одного напорно-всасывающего рукава диаметром 77мм и одного напорного – диаметром 77мм, длиной 4м (чтобы контролировать создание разрежения в водопроводной сети).

Прокладка рукавных линий для проведения испытаний на водоотдачу осуществляется по типовым схемам, приведенным на рис. 11. Выбор схемы осуществляется в зависимости от ожидаемой величины водоотдачи гидранта в соответствии с табл. 29. Для обеспечения большей производительности насосов следует выбирать ручные стволы с наибольшими диаметрами насадков или лафетный ствол.

Последовательно включаются в работу насосные установки. Подача каждой установки постепенно увеличивается до максимальной величины, при постоянном контроле по мановакуумметру на всасывающей линии насоса величины свободного напора, который должен быть не менее 10м.вод.ст.

Определяются расходы воды  $Q_{ств,i}$  из каждого используемого ствола одним из способов указанных в разделе 3.

Подсчитывается суммарный фактический расход воды из гидранта:

$$Q_{гидр.,j} = \sum_{i=1}^k Q_{ств,i}, л \cdot с^{-1}, \quad (35)$$

где  $Q_{гидр.,j}$  – расход воды из гидранта, л·с-1,

$Q_{ств,i}$  – расход воды из ствола, л·с-1,

$j = 1, \dots, n$  – порядковый номер гидранта,

$i$  – порядковый номер ствола,

$k$  – количество стволов, проложенных от  $j$ -ого гидранта.

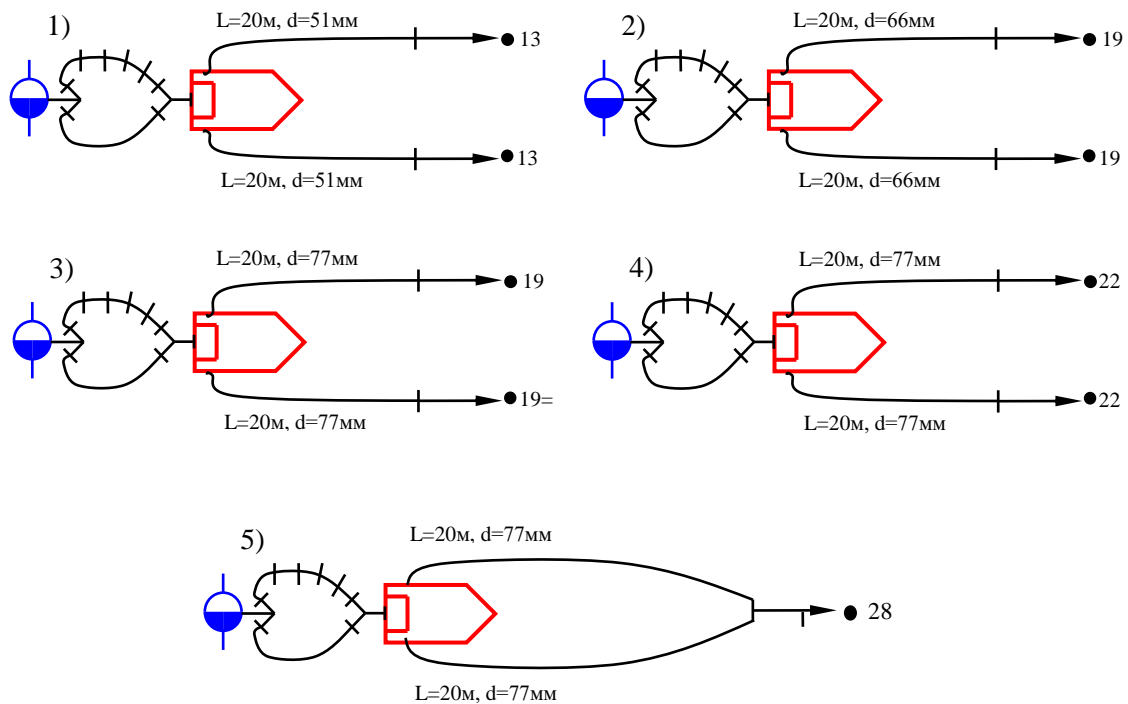


Рисунок 11 - Типовые схемы прокладки рукавных линий при полных испытаниях  
 Определение расхода воды из гидранта по показаниям манометра на насосе для типовых схем прокладки рукавных линий, составленных из прорезиненных рукавов и представленных на рисунке 11.

Таблица 29 - Расход воды  $Q_{сгв,i}, л \cdot с^{-1}$  для схем, представленных на рис.11

Напор на насосе, $H_{нас}$ , м.вод.ст.	Расход воды $Q_{сгв,i}, л \cdot с^{-1}$ для схем, представленных на рис.34				
	Схема №1	Схема №2	Схема №3	Схема №4	Схема №5
20	5,2	11,0	11,2	14,8	12,07
25	5,8	12,2	12,4	16,6	13,5
30	6,2	13,4	13,6	18,0	14,79
35	6,8	14,6	14,6	19,4	16,0
40	7,2	15,6	15,8	20,8	17,08
45	7,8	16,6	16,8	22,0	18,11
50	8,2	17,4	17,6	23,2	19,09
55	8,6	18,2	18,4	24,4	20,02
60	9,0	19,0	19,2	25,4	20,91
65	9,2	19,8	20,0	26,6	21,77
70	9,6	20,6	20,8	27,6	22,59
75	10,0	21,2	21,4	28,8	23,38
80	10,2	22,0	22,2	29,4	24,15
85	10,6	22,6	22,8	30,4	24,89

Напор на насосе, $H_{нас}$ , м.вод.ст.	Расход воды $Q_{ств,i}, л \cdot с^{-1}$ для схем, представленных на рис.34				
	Схема №1	Схема №2	Схема №3	Схема №4	Схема №5
90	11,0	23,2	23,5	31,2	25,61
95	11,2	23,8	24,1	32,0	26,32
100	11,4	24,6	24,8	32,8	27,00
105	11,6	25,2	25,4	33,8	27,67

При полных испытаниях возможен также способ измерения расхода воды из гидранта по показаниям манометра установленного на напорном коллекторе насоса. Для типовых рукавных схем, представленных на рисунке 2, определить расход воды из гидранта по показаниям манометра на насосе можно по таблице 29.

Таблица составлена для прорезиненных рукавов на основании расчета по формуле [72]:

$$Q_{гидр.,j} = 2 \cdot \sqrt{\frac{H_{нас}}{S_p + S_n}}, л \cdot с^{-1}, \quad (36)$$

где,  $S_n$  - сопротивление насадка ствола,  $(л \cdot с^{-1})^{-2} \cdot м$  (таблица 30);

$S_p$  - сопротивление одного рукава длиной 20 м,  $(л \cdot с^{-1})^{-2} \cdot м$  (таблица 31);

$H_{нас}$  - напор на насосе, м.вод.ст.

**Таблица 30 - Значения сопротивлений (S) и проводимостей (р) насадков**

d, мм	S	р	d, мм	S	р
13	2,89	0,588	28	0,135	2,72
16	1,26	0,891	32	0,079	3,56
19	0,634	1,26	38	0,04	5,00
22	0,353	1,68	50	0,013	8,77
25	0,212	2,17	65	0,0046	14,74

**Таблица 31 - Сопротивление одного пожарного рукава длиной 20 метров**

D, мм	Рукава прорезиненные		Рукава не прорезиненные	
	$S_p, (с/л)^2 \cdot м$	$A_p, (с/л)^2$	$S_p, (с/л)^2 \cdot м$	$A_p, (с/л)^2$
51	0,13	0,0065	0,24	0,012
66	0,034	0,0017	0,077	0,00385
77	0,015	0,00075	0,030	0,0015
89	0,007	0,00035	-	-
110	0,0022	0,00011	-	-
150	0,0004	0,00002	-	-

Подсчитывается суммарный фактический расход воды из водопроводной сети (участка):

$$Q_{\phi} = \sum_{j=1}^n Q_{гидр,j}, \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \quad (37)$$

Водопроводная сеть соответствует нормам в случае, если:

$$Q_{\phi} \geq Q_{тр}, \quad (38)$$

при этом свободный напор в сети противопожарного водопровода (на уровне поверхности земли) должен быть не менее 10м.

При необходимости определить максимально возможный расход воды, отбираемый из водопроводной сети, устанавливается такое количество насосов, при котором свободный напор у наиболее невыгодно расположенных гидрантов при работе насосов станет равным 10м.

### Сокращенные испытания

Сокращенные испытания допускается проводить по согласованию с территориальными органами управления ГПС МЧС России. Испытания проводятся без использования пожарных насосов в следующей последовательности.

Определяется требуемый расход воды на наружное пожаротушение населенного пункта (объекта) согласно СНиП 2.04.02-84\* "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения" либо по специальным требованиям к объекту.

Определяется необходимое количество гидрантов для отбора из наружной сети требуемого расхода воды по формуле:

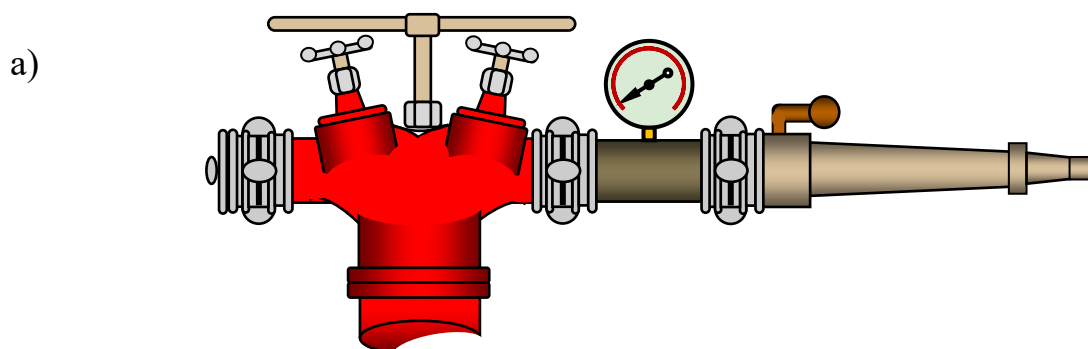
$$n = \frac{Q_{тр}}{Q_{гидр}}, \quad (39)$$

где  $Q_{тр}$  – требуемый расход воды на наружное пожаротушение,  $\text{л} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$Q_{гидр}$  – пропускная способность гидранта,  $\text{л} \cdot \text{с}^{-1}$ .

Например:  $Q_{тр} = 90 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1}$ , пропускная способность гидранта пожарного подземного (московского образца) по ГОСТ 8220-85  $Q_{гидр} = 40 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1}$ , тогда  $n=2,25$ , для испытаний потребуется задействовать 3 гидранта.

На каждый из  $n$  гидрантов устанавливается измерительный комплект с ручными пожарными стволами (рис. 12, а, б) или с гладким патрубком (рис. 12, в).



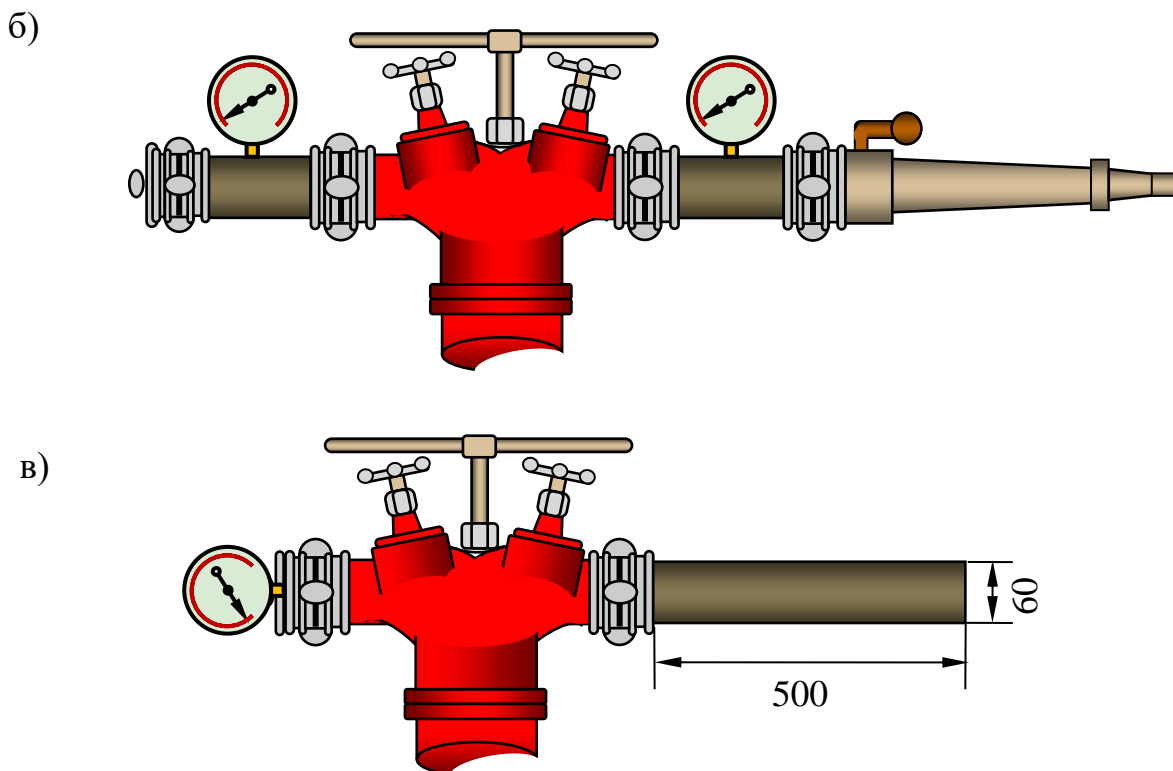


Рисунок 12 - Измерительный комплект для проведения сокращенных испытаний: а) с перекрывным стволом; б) с неперекрывным стволом; в) с гладким патрубком

При ожидаемом расходе воды из гидранта более  $20 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1}$  следует использовать стволы с диаметром насадка не менее 19 мм.

Перекрываются запорные устройства подачи воды к стволам.

Открываются гидранты (пожарные колонки заполняются водой).

Открываются соответствующие вентили колонок подачи воды, и определяется статический напор в каждом гидранте по показаниям манометров  $H_{0,j}, \text{ м}$ , ( $j$  – порядковый номер гидранта,  $j = 1, \dots, n$ ) исходя из соотношения величин:

$$0,1 \text{ МПа} \approx 1 \text{ атм} = 1 \text{ кг} \cdot \text{см}^{-2} = 10 \text{ м. вод. ст.}$$

В случае использования не перекрывных стволов, определение статического напора следует производить по дополнительному манометру, установленному либо на цилиндрической вставке (рис.12, б), либо на головке-заглушке (рис 12, в).

Далее одновременно на каждом гидранте при различных диаметрах насадков стволов:

- 1 Производится пуск воды из стволов и по манометрам определяется величина свободного напора перед стволом (патрубком)  $H_{св,i}, \text{ м}$ , м.
- 2 Определяются расходы воды из каждого гидранта  $Q_{гидр,j}, \text{ л} \cdot \text{с}^{-1}$  по табл. 28.

При использовании измерительного комплекта с гладким патрубком (рис.12) величина  $Q_{гидр,j}$ , определяется по таблице 32

$$Q_{гидр,j} = 8,5 \sqrt{H_{св,i}} \cdot \text{л} \cdot \text{с}^{-1}, \quad (40)$$

**Таблица 32 - Расходы воды из пожарной колонки с гладким патрубком**

<b>Напор, м</b>	<b>Расход воды, л·с<sup>-1</sup></b>	<b>Напор, м</b>	<b>Расход воды, л·с<sup>-1</sup></b>
14	32	28	45
16	34	30	47
18	36	32	48
20	38	34	50
22	40	36	51
24	42	38	52
26	43	40	54

3 Определяются потери напора по формуле:

$$h_j = H_{0,j} - H_{св,i}, м \quad (41)$$

4 Определяется сопротивление системы, приведенное к точкам отбора воды, по формуле:

$$S_{с,j} = \frac{h_j}{Q_j^2}, (л \cdot с^{-1})^2 \cdot м, \quad (42)$$

или по таблице 33, составленной на основании расчетных данных по этой формуле.



**Таблица 33 - Значения сопротивления системы, приведенные к точке отбора воды**

Потери напора, $h_j, м$	Расход воды $Q_j, л \cdot с^{-1}$												
	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	9	10	12	14
40,0	10,00	6,40	4,44	3,25	2,50	1,60	1,111	0,80	0,625	0,480	0,400	0,276	0,204
35,0	8,75	5,60	3,89	2,84	2,21	1,40	0,971	0,70	0,547	0,420	0,350	0,242	0,179
30,0	7,50	4,80	3,33	2,43	1,88	1,20	0,833	0,60	0,469	0,360	0,300	0,207	0,153
25,0	6,25	4,00	2,775	2,02	1,56	1,00	0,694	0,50	0,391	0,300	0,250	0,173	0,128
20,0	5,00	3,20	2,22	1,62	1,25	0,80	0,556	0,40	0,313	0,240	0,200	0,138	0,102
15,0	3,75	2,40	1,665	1,22	0,938	0,60	0,417	0,30	0,234	0,180	0,150	0,104	0,077
10,0	2,50	1,60	1,11	0,81	0,625	0,40	0,278	0,20	0,156	0,120	0,100	0,069	0,051
5,0	1,25	0,80	0,556	0,405	0,313	0,20	0,139	0,10	0,078	0,060	0,050	0,035	0,026
1,0	0,25	0,16	0,111	0,081	0,063	0,040	0,028	0,020	0,016	0,012	0,010	0,007	-
0,5	0,125	0,08	0,056	0,041	0,032	0,020	0,014	0,010	0,008	0,006	-	-	-
<b>Потери напора, <math>h_j, м</math></b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>28</b>	<b>30</b>	<b>32</b>	<b>34</b>	<b>36</b>	<b>38</b>	<b>40</b>
40,0	0,156	0,123	0,100	0,083	0,069	0,059	0,051	0,044	0,039	0,036	0,032	0,028	0,025
35,0	0,137	0,108	0,088	0,072	0,061	0,052	0,045	0,039	0,034	0,032	0,028	0,025	0,022
30,0	0,117	0,093	0,072	0,062	0,052	0,044	0,038	0,033	0,029	0,027	0,024	0,021	0,019
25,0	0,098	0,077	0,060	0,052	0,043	0,037	0,032	0,028	0,024	0,022	0,020	0,018	0,015
20,0	0,078	0,062	0,052	0,041	0,035	0,030	0,026	0,022	0,020	0,018	0,016	0,014	0,013
15,0	0,059	0,046	0,036	0,031	0,026	0,022	0,019	0,017	0,015	0,014	0,012	0,011	0,009
10,0	0,039	0,031	0,024	0,021	0,017	0,015	0,013	0,011	0,010	0,009	0,008	0,007	0,006
5,0	0,020	0,015	0,012	0,010	0,009	0,007	0,0064	0,006	-	-	-	-	-
1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- 5 Определяется водоотдача каждого гидранта при сопротивлении  $S_{c,j}$  и условии, что свободный напор в гидранте на уровне поверхности земли равен 10 м:

$$Q_{j,\max} = \sqrt{\frac{H_{0,j} - 10}{S_{c,j}}}, \text{ л} \cdot \text{с}^{-1}, \quad (43)$$

- 6 Производится смена насадка ствола.  
 7 Повторяются операции 1 – 6 для каждого из используемых диаметров насадка ствола.  
 8 Определяется величина водоотдачи гидранта  $Q'_{j,\max}$  как среднеарифметическое значение из полученных  $Q_{j,\max}$ .

В заключении определяется водоотдача сети по формуле:

$$Q_{\max} = \sum_{j=1}^n Q'_{j,\max}, \text{ л} \cdot \text{с}^{-1} \quad (44)$$

### **Наружный противопожарный водопровод высокого давления**

Цель испытания: определить возможность получения требуемого расхода воды на пожаротушение при расположении стволов на уровне наивысшей точки самого высокого здания объекта и радиусе компактной части струй не менее 10м.

Последовательность проведения испытаний следующая:

Определяется требуемый расход воды на наружное пожаротушение объекта  $Q_{mp}$  согласно СНиП 2.04.02-84\* «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» (Приложение 1), либо по специальным требованиям к объекту.

Определяется количество рукавных линий (стволов)  $n_{p.л.}$ , которые необходимо проложить при испытании:

$$n_{p.л.} = \frac{Q_{mp}}{Q_{ств}}, \quad (45)$$

где  $Q_{ств}$  – расход воды из ствола с выбранным диаметром насадка при радиусе компактной части струи 10м (табл.32),  $\text{л} \cdot \text{с}^{-1}$ .

Для ствола с насадком диаметром 19мм для получения радиуса компактной части струи не менее 10м  $Q_{ств}$  допускается принимать равным  $5 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1}$ .

При количестве рукавных линий равном 2, они прокладываются непосредственно от напорных патрубков колонки. Если число рукавных линий 3 и более, то при их прокладке от одного гидранта, для снижения общего сопротивления рукавной системы, разветвления необходимо устанавливать как можно ближе к гидранту (непосредственно на колонку), либо использовать при испытаниях несколько гидрантов в количестве, равном:

$$n_z = \frac{n_{p.л.}}{2}, \quad (46)$$

где 2 – число рукавных линий, прокладываемых от одного гидранта.

**Таблица 34 - Зависимость величины компактной части струи  $R_K$ , от напора перед насадком  $H_{ств}$  и от расхода из насадка  $Q_{ств}$**

Радиус действия компактной части струи $R_K$ , м	Диаметр насадка ствола, мм									
	13		16		19		22		25	
	Н, м	Q, л/с	Н, м	Q, л/с	Н, м	Q, л/с	Н, м	Q, л/с	Н, м	Q, л/с
6	8,0	1,7	8,0	2,5	7,5	3,5	7,5	4,6	7,5	5,9
7	9,5	1,8	9,0	2,7	9,0	3,8	9,0	5,0	8,5	6,4
8	11,0	2,0	10,5	2,9	10,5	4,1	10,0	5,4	10,0	6,9
9	13,0	2,1	12,5	3,1	12,0	4,3	11,5	5,8	11,5	7,4
10	15,0	2,3	14,0	3,3	13,5	4,6	13,0	6,1	13,0	7,8
11	17,0	2,4	16,0	3,5	15,0	4,9	14,5	6,5	14,5	8,3
12	19,0	2,6	17,5	3,8	17,0	5,2	16,5	6,8	16,0	8,7
13	21,5	2,7	19,5	4,0	18,5	5,4	18,0	7,2	17,5	9,1
14	24,0	2,9	22,0	4,2	20,5	5,7	20,0	7,5	19,0	9,6
15	26,5	3,0	24,0	4,4	22,5	6,0	21,5	7,8	21,0	10,0
16	29,5	3,2	26,5	4,6	24,5	6,2	23,5	8,2	22,5	10,4
17	33,0	3,4	29,0	4,8	27,0	6,5	25,5	8,5	24,5	10,8
18	37,0	3,6	32,0	5,1	29,5	6,8	28,0	8,9	27,0	11,3
19	41,5	3,8	35,5	5,3	32,5	7,1	30,5	9,3	29,0	11,7
20	47,0	4,0	39,5	5,6	35,5	7,5	33,0	9,7	31,5	12,2
21	53,5	4,3	43,5	5,9	39,0	7,8	36,5	10,1	34,5	12,8
22	61,0	4,6	48,5	6,2	43,0	8,2	39,5	10,6	37,5	13,3
23	70,5	4,9	54,5	6,6	47,5	8,7	43,5	11,1	40,5	13,9
24	82,0	5,3	61,5	7,0	52,5	9,1	47,5	11,7	44,5	14,5
25	98,0	5,8	70,0	7,5	59,0	9,6	52,5	12,2	48,5	15,2
26	-	-	80,5	8,0	66,0	10,2	58,5	12,9	53,5	15,9
27	-	-	94,0	8,6	75,0	10,9	65,5	13,7	59,0	16,8
28	-	-	-	-	86,0	11,6	73,5	14,5	66,0	17,7
29	-	-	-	-	-	-	83,5	15,4	74,0	18,7
30	-	-	-	-	-	-	95,5	16,5	83,0	19,8

Расчетом определяется величина необходимого давления в водопроводной сети  $H_{\Gamma}$  (расчет выполняется на стадии подготовки к испытаниям):

$$H_{\Gamma} = H_{ств.треб.} + h_{р.л.} + Z, м, м \quad (47)$$

где  $H_{ств.треб.}$  – давление на стволе, при котором радиус компактной части струи равен 10м, м, (определяется по табл.34);

$h_{р.л.}$  – потери напора в рукавных линиях, м;

$Z$  – высота здания (высота подъема стволов), м.

Потери напора в рукавных линиях определяются из выражения:

$$h_{р.л.} = S_c \cdot Q_{тр}^2, м, \quad (48)$$

где  $S_c$  – сопротивление рукавной системы,  $(л \cdot с^{-1})^2 \cdot м$ .

Для системы из  $h_{p.л.}$  параллельных рукавных линий, имеющих одинаковую длину и диаметр:

$$S_c = \frac{S_1}{n_{p.л.}^2}, \quad (49)$$

где  $h_{p.л.}$  – количество рукавных линий,

$S_1 = S_p \cdot n_p$  – сопротивление одной рукавной линии из последовательно соединенных рукавов,  $(л \cdot с^{-1})^2 \cdot м$ ;

здесь  $n_p$  – количество рукавов в рукавной линии,

$S_p$  – сопротивление одного рукава длиной 20 м

Включается стационарный пожарный насос.

Измеряется статическое давление в гидранте  $H_{0,j}$ . Если полученное значение не менее требуемого, то испытания проводятся далее. В противном случае, делается заключение о несоответствии имеющейся системы противопожарного водоснабжения требованиям норм.

На крышу наиболее высокого и наиболее удаленного от насосной станции здания от гидрантов, обслуживающих это здание, прокладываются рукавные линии одинаковой длины и одного диаметра (66 или 77мм). Стволы с насадками одинакового диаметра располагаются на уровне конька крыши. Одна из рукавных линий оборудуется стволом-водомером.

Открываются полностью вентили на пожарных колонках, и в рукавные линии подается вода. По манометру определяется напор у ствола.

Определяется высота компактной части струи и фактический расход из ствола  $Q_{ств.ф}$  по таблице 34.

Определяется суммарный расход воды из сети:

$$Q_{сети} = n_{p.л.} \cdot Q_{ств.ф}, \quad (50)$$

Водопровод будет соответствовать требованиям норм, если при расположении пожарных стволов на уровне наивысшей точки самого высокого здания  $Q_{сети} \geq Q_{тп}$  и радиус компактной части струи, выходящей из каждого ствола не менее 10м.

Допускается проводить испытания без подъема стволов на высоту. При этом число рукавных линий, их длина и диаметр, а также диаметры насадков стволов должны приниматься такими же, как и при проведении испытаний с подъемом стволов. Соответствие системы водоснабжения требованиям норм в этом случае оценивается по напору перед стволами  $H_{ств.}$ , расположенными на уровне поверхности земли. Он должен быть достаточным для получения из стволов водяных струй с радиусом компактной части не менее 10м, при их расположении на высоте  $Z$ , м:

$$H_{ств.} = H_{ств.треб.} + Z, м$$

**Таблица 35 - Форма рабочих записей**

№ п/п	Вопросы, подлежащие экспертизе	Принято в проекте	Требования норм и правил	Основание (СНиП, расчёты)	Выводы о соответствии
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

**2 Задание для выполнения работы.**

**Задание 1** Провести проверку на соответствие требованиям насосной станции второго подъёма и резервуара чистой воды. При обследовании заполнить таблицу, сделать соответствующие выводы.

**Задача 2** Определить расход воды из пожарного гидранта объёмным способом если: объём заполняемой ёмкости  $W = ??? \text{ м}^3$ , время заполнения  $\tau = ???$  мин. Варианты заданий приведены в таблице 75.

**Таблица 36 – Варианты задания 1**

Вариант	$W, \text{ м}^3$	$\tau, \text{ мин}$	Вариант	$W, \text{ м}^3$	$\tau, \text{ мин}$
В-1	2,4	1	В-10	3,2	1
В-2	3,1	1,5	В-11	3,5	1,5
В-3	2,6	2	В-12	2,3	2
В-4	3,3	2,5	В-13	3,8	2,5
В-5	2,5	1	В-14	4,3	1
В-6	3,7	3	В-15	4,7	3
В-7	4,1	3,5	В-16	5,2	3,5
В-8	3,9	2,5	В-17	3,4	2,5
В-9	2,8	2	В-18	4,2	2

**Задача 3** Определить расход воды из пожарного ствола с помощью ствола-водомера если: напор у ствола  $H_{ст} = ???$  м; диаметр насадка ствола  $D_{нас} = ???$  мм. Варианты заданий приведены в таблице 76.

**Таблица 37 - Варианты задания 2**

Вариант	$H_{ст}, \text{ м}$	$D_{нас}, \text{ мм}$	Вариант	$H_{ст}, \text{ м}$	$D_{нас}, \text{ мм}$
В-1	42	13	В-10	66	19
В-2	53	16	В-11	74	22
В-3	62	19	В-12	76	25
В-4	73	22	В-13	77	28
В-5	82	25	В-14	81	32
В-6	93	28	В-15	83	13

В-7	37	32	В-16	93	16
В-8	43	13	В-17	97	
В-9	64	16	В-18	24	22

**Задача 4** Определить расход воды из пожарного гидранта при помощи пожарной колонки и гладкого патрубка при напоре  $H=???$ м. Варианты заданий приведены в таблице 77.

**Таблица 38 - Варианты задания 3**

Вариант	Н, м	Вариант	Н, м
В-1	15	В-10	37
В-2	17	В-11	39
В-3	19	В-12	13
В-4	21	В-13	41
В-5	23	В-14	42
В-6	25	В-15	43
В-7	29	В-16	44
В-8	31	В-17	45
В-9	35	В-18	46

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абросимов Ю.Г. Гидравлика и противопожарное водоснабжение. М., 2003.
2. Качалов А.А. Противопожарное водоснабжение. М.: Стройиздат, 1985.
3. Ю.И. Иванов Расчет и проектирование противопожарного водоснабжения. кемТИПП 2003.
4. СНиП 2.04.02-84\* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
5. Пожарная тактика. Справочное пособие. Иркутск 1999.
6. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
7. Методика проверки сетей противопожарного водоснабжения на водоотдачу: Методические рекомендации. – СПб: СПбФ ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003