

**МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ  
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ**

**Академия Государственной противопожарной службы**

**В.В. Жучков,  
Ю.Л. Карасёв, А.А. Пименов, Е.Н. Болдырев, М.В. Кашин**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ»**

**Москва 2013**

МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ  
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

Академия Государственной противопожарной службы

В.В. Жучков,  
Ю.Л. Карасёв, А.А. Пименов, Е.Н. Болдырев, М.В. Кашин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ»

Под общей редакцией кандидата технических наук,  
доцента В.В. Жучкова

*Одобрено редакционно-издательским советом  
Академии ГПС МЧС России*

Москва 2013

УДК 614.842.62  
ББК 38.960.2-51  
М 54

Рецензенты:

Кандидат технических наук, доцент  
Начальник кафедры пожарной безопасности  
технологических процессов  
Академии ГПС МЧС России  
*С.А. Швырков*

Кандидат технических наук, доцент  
Начальник УНК пожарной и аварийно-спасательной техники  
Академии ГПС МЧС России  
*А.В. Рожков*

**М 54 Жучков В.В.**

Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Противопожарное водоснабжение» / В.В. Жучков, Ю.Л. Карасёв, А.А. Пименов, Е.Н. Болдырев, М.В. Кашин; под общ. ред. В.В. Жучкова - М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. – 73 с.

Предназначены для выполнения курсового проекта слушателями и курсантами высших пожарно-технических учебных заведений.

Издано в авторской редакции.

© Академия Государственной противопожарной  
службы МЧС России, 2013

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Задание на курсовой проект</b> .....	4
1.1. Обоснование принятой схемы водоснабжения .....	8
1.2. Определение водопотребителей и расчет требуемого расхода воды на хозяйственно-питьевые, производственные и пожарные нужды поселка и предприятия .....	9
<b>2. Гидравлический расчет водопроводной сети</b> .....	19
2.1. Пример гидравлического расчета водопроводной сети .....	23
2.2. Увязка кольцевых водопроводных сетей на компьютере методом Лобачева – Кросса .....	32
<b>3. Определение режима работы НС-II</b> .....	39
<b>4. Гидравлический расчет водоводов</b> .....	41
<b>5. Расчет водонапорной башни</b> .....	42
5.1. Определение высоты водонапорной башни .....	42
5.2. Определение емкости бака водонапорной башни.....	43
<b>6. Расчет резервуаров чистой воды</b> .....	44
<b>7. Подбор насосов для насосной станции второго подъема</b> .....	48
<b>8. Гидравлический расчет объединенного хозяйственно-производственного и противопожарного водопровода производственного здания</b> .....	50
8.1. Методика гидравлического расчета внутреннего водопровода производственного здания.....	51
8.2. Пример гидравлического расчета внутреннего объединенного хозяйственно-производственного и противопожарного водопровода производственного здания.....	55
<b>Приложения</b> .....	61
<b>Литература</b> .....	70

В соответствии с учебной программой каждый учащийся Академии ГПС МЧС России должен выполнить курсовой проект по дисциплине «Противопожарное водоснабжение».

Задачей курсового проекта является закрепление знаний в области противопожарного водоснабжения. В процессе выполнения курсового проекта учащийся должен получить полное представление об устройстве всей системы водоснабжения, определить расчетные расходы воды, произвести гидравлический расчет водопровода, а также расчет запасных и регулирующих емкостей, насосных станций.

## 1. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Исходные данные для расчета и проектирования системы противопожарного водоснабжения населенного пункта и промышленного предприятия выбираются по двум последним цифрам номера зачетной книжки учащегося из табл. 1.1, 1.2, 8.1 и прил. 10. Кроме того, учащемуся выдается схема водопроводной сети населенного пункта. Схема выполнена в определенном масштабе, что позволяет определить длину всех участков водопроводной сети.

Таблица 1.1

Исходные данные по населенному пункту

Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Число жителей в населенном пункте, тыс. чел.	45	28	21	26	9	40	11	17	24	35
Тип общественного здания	Больница с общими ванными и душевыми объемом 28000 м <sup>3</sup>	Прачечная механизированная объемом 9000 м <sup>3</sup>	Предприятие общественного питания объемом 4000 м <sup>3</sup>	Гостиница с общими ванными и душевыми объемом 27000 м <sup>3</sup>	Баня для мытья в мыльной и ополаскиванием в душе объемом 3000 м <sup>3</sup>	Учебное заведение с душевыми при гимн. залах объемом 30000 м <sup>3</sup>	Санаторий с душами при всех жилых комнатах объемом 12000 м <sup>3</sup>	Аптека, лаборатория приготовления лекарств объемом 6000 м <sup>3</sup>	Стадион для физкульт. с учётом приёма душа объемом 24000 м <sup>3</sup>	Прачечная механизированная объемом 8000 м <sup>3</sup>
Измеритель	400 коек	1200 кг сухого белья	1000 блюд	400 мест	200 посетителей	1500 уч-ся	2000 жителей	8 работающих	300 человек	700 кг сухого белья
Последняя цифра номера зачетной книжки	1 и 2		3 и 4		5 и 6		7 и 8		9 и 0	
Этажность зданий	5		4		2		3		5	

Окончание табл. 1.1

Степень благоустройства районов жилой застройки	Внутренний водопровод, канализация и централизованное горячее водоснабжение	Внутренний водопровод, канализация и ванны с местными водонагревателями	Внутренний водопровод, канализация без ванны	Внутренний водопровод, канализация и ванны с местными водонагревателями	Внутренний водопровод, канализация и централизованное горячее водоснабжение
Материал труб магистральных участков	Асбестоцемент	Чугун с внутренним цементно-песчаным покрытием, нанесенным методом центрифугирования	Пластмасса	Сталь с внутренним пластмассовым покрытием	Чугун с полимерным покрытием, нанесенным методом центрифугирования
Длина водопроводов от НС-II до водонапорной башни, м	900	800	500	600	700

Таблица 1.2

Последняя цифра номера зачетной книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Категория помещений и зданий по пожарной опасности	А	Б	В	Г	Д	В	Б	Г	Б	В
Степень огнестойкости здания производственного корпуса	I	II	II	III	IV	III	II	III	II	I
Объем зданий*, тыс. м <sup>3</sup>	190; 430	220; 550	110; 250	90; 190	20; 150	310; 180	160; 290	99; 201	410; 515	340; 623
Ширина здания, м	Более 60	Более 60	До 60	До 60	До 60	До 60	До 60	До 60	Более 60	Более 60
Площадь территории предприятия, га	Свыше 150	Свыше 150	До 150	До 150	До 150	До 150	До 150	До 150	Свыше 150	Свыше 150
Число рабочих смен	3	2	3	3	2	2	3	2	3	3
Количество рабочих в смену, чел.	500	400	300	350	200	300	500	400	600	700
Расход воды на производственные нужды, м <sup>3</sup> /смену	600	500	400	300	350	200	500	600	700	800
Количество рабочих в смену, принимающих душ, %	100	90	80	70	90	50	60	70	80	100

\* В графе «Объем зданий» первая цифра – объем первого производственного корпуса, а вторая – объем второго производственного корпуса.

## Отчетный материал

Курсовой проект выполняется в виде расчетно-пояснительной записки и графического приложения.

Расчетно-пояснительная записка должна быть оформлена на одной стороне листа формата А4 (210×297 мм) чернилами с соблюдением следующих размеров полей: левое - не менее 30 мм, правое - не менее 10 мм, верхнее - не менее 15 мм, нижнее - не менее 20 мм. Страницы нумеруются арабскими цифрами. Титульный лист включается в общую нумерацию страниц работы. На титульном листе номер не ставят, на последующих страницах номер проставляют в правом верхнем углу. Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всего курсового проекта и обозначаться цифрами с точкой в конце. Введение не нумеруется. Подразделы нумеруются в пределах каждого раздела, например "2.3" (третий подраздел второго раздела). Пункты нумеруются в пределах каждого подраздела, например "1.1.2" (второй пункт первого подраздела первого раздела). Иллюстрации обозначаются словом "Рис." с последующим названием и нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах раздела, например "Рис. 2.3" (третий рисунок второго раздела). Таблицы нумеруются последовательно в пределах раздела. В правом верхнем углу таблицы над соответствующим заголовком помещают надпись "Таблица" с указанием номера раздела и порядкового номера таблицы, например "Таблица 1.2" (вторая таблица первого раздела). При переносе таблицы на другой лист (страницу) над другими ее частями пишут "Продолжение табл. 1.2".

Пояснительная записка должна включать следующее:

*Исходные данные для проектирования.*

*Содержание.*

*Введение.*

1. Обоснование принятой схемы водоснабжения.
2. Определение водопотребителей и расчет требуемого расхода воды на хозяйственно-питьевые, производственные и пожарные нужды поселка и предприятия.
  - 2.1. Определение водопотребителей.
  - 2.2. Расчет требуемого расхода воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды.
  - 2.3. Определение расчетных расходов воды на пожаротушение.
3. Гидравлический расчет водопроводной сети поселка.
4. Определение режима работы НС-II.
5. Гидравлический расчет водоводов.
6. Расчет водонапорной башни.
  - 6.1. Определение высоты водонапорной башни.

- 6.2. Определение емкости бака водонапорной башни.
7. Расчет резервуаров чистой воды.
8. Подбор насосов для насосной станции второго подъема.
9. Гидравлический расчет объединенного хозяйственно-противопожарного водопровода производственного здания.

*Список использованной литературы.*

На титульном листе указывается название учебного заведения, кафедры, дисциплины, по которой выполняется курсовой проект. Указывается специальное звание, фамилия, имя, отчество, номер зачетной книжки и адрес места жительства слушателя. В нижней части титульного листа пишется год выполнения работы.

Содержание включает наименование всех разделов, подразделов с указанием номеров страниц. Введение курсового проекта должно содержать оценку современного состояния систем водоснабжения и перспективу их развития. Список литературы должен содержать перечень использованной литературы при выполнении курсового проекта. В пояснительной записке должны быть выполнены: расчетные схемы водопроводной сети поселка с указанием всех необходимых величин, схема водонапорной башни с разводкой труб, разрез резервуара чистой воды с устройствами для сохранения неприкосновенного запаса воды и разводкой труб. Схемы водонапорной башни и разрез резервуара чистой воды выполняются в соответствующем масштабе на отдельных листах формата А4 с обязательным указанием размеров, полученных в результате расчетов.

Графическая часть работы выполняется на 2 листах чертежной бумаги формата А1 (594×840 мм). На одном чертеже необходимо изобразить план и разрезы насосной станции II подъема, узел насосной станции – камеру переключения (только план) с резервуарами чистой воды. На втором чертеже необходимо выполнить схемы в соответствии с требованиями, изложенными на с. 50 данных методических указаний. Количество, тип и марка насосов, все размеры должны соответствовать расчету. Графическое изображение, обозначения, шрифт должны соответствовать требованиям ЕСКД. Чертежи рекомендуется выполнять в карандаше в масштабе, принятом при реальном проектировании. Чертежи должны иметь рамку и в правом углу штамп основной надписи. При выполнении курсового проекта рекомендуется пользоваться настоящими методическими рекомендациями, а также литературой, указанной в списке. Получив задание и выбрав согласно номеру зачетной книжки исходные данные, слушатель знакомится с материалами, выясняет содержание и объем курсового проекта, изучает необходимую литературу и приступает к выполнению курсового проекта.



## 1.1. Обоснование принятой схемы водоснабжения

По заданию слушателю предлагается схема объединенного хозяйственно-питьевого, производственного и противопожарного водопровода низкого давления поселка и предприятия (например, рис. 1.1) с забором воды из подземного источника (артезианские скважины). В начале магистральной сети установлена водонапорная башня.

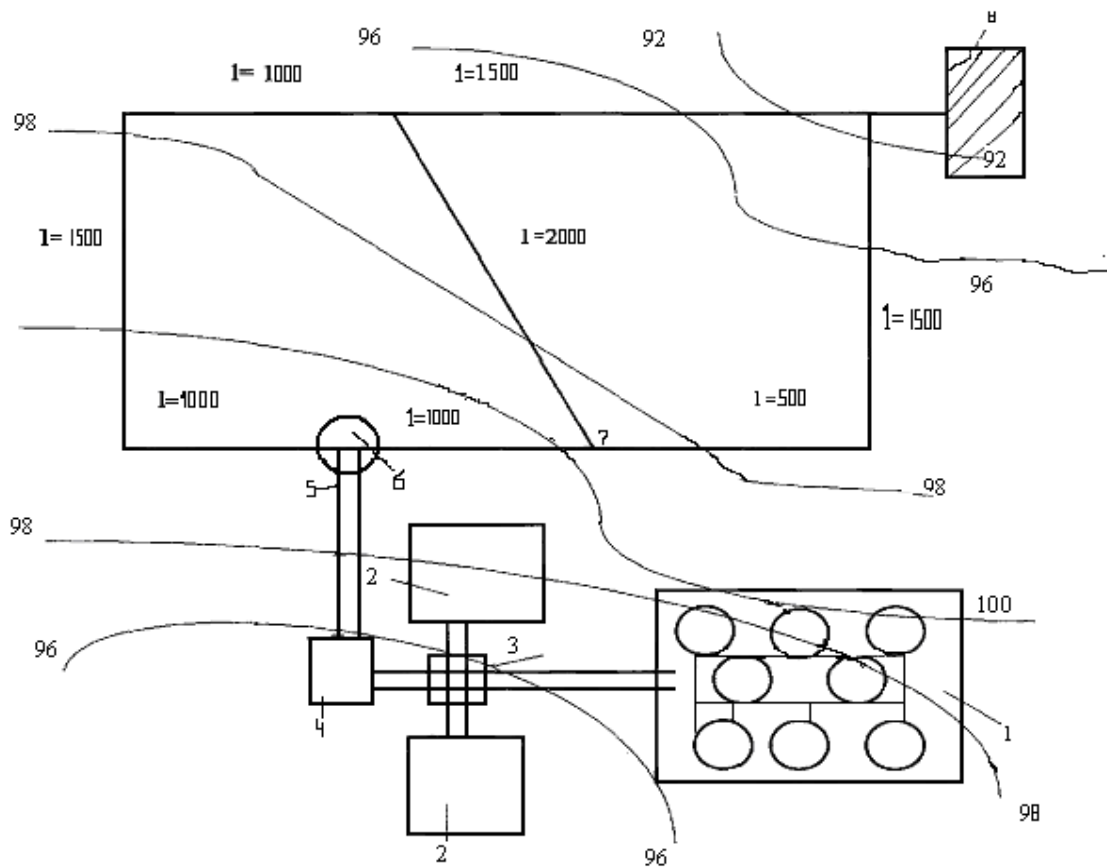


Рис. 1.1. Схема хозяйственно-противопожарного водопровода поселка и предприятия:  
1– санитарная зона артезианских скважин; 2– резервуары чистой воды; 3– камера переключения; 4– насосная станция II подъема; 5– водоводы; 6– водонапорная башня; 7– водопроводная сеть поселка; 8 – предприятие

Необходимо описать расположение и назначение водонапорной башни, резервуаров чистой воды, насосов насосной станции II подъема, водоводов, магистральных сетей, привести технико-экономические обоснования [12,13,14].

## **1.2. Определение водопотребителей и расчет требуемого расхода воды на хозяйственно-питьевые, производственные и пожарные нужды поселка и предприятия**

### **1.2.1. Определение водопотребителей**

При проектировании водопроводов в первую очередь следует определить то количество воды, которое водопровод должен подать. Подача объединенного водопровода должна обеспечить: хозяйственно-питьевые нужды в жилых зданиях; водопотребление в общественных зданиях; расход воды на поливку улиц и зеленых насаждений, на работу фонтанов и т.п., хозяйственно-питьевое потребление на предприятиях; водопотребление на промышленные нужды предприятий; расход воды на цели пожаротушения в поселке и на промышленном предприятии.

### **1.2.2. Расчет требуемого расхода воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды**

Нормы водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды для населенных пунктов определяются по п. 2.1, табл. 1, прим. 4 [9]; п. 5.1 табл. 1 прим. 3 [11] и зависят от степени благоустройства районов жилой застройки.

Расчетный (средний за год) суточный расход воды  $Q_{\text{сут.ж}}$ , м<sup>3</sup>/сут, на хозяйственно-питьевые нужды определяется по формуле

$$Q_{\text{сут.ж}} = (q_{\text{ж}} N_{\text{ж}}) / 1000,$$

где  $q_{\text{ж}}$  – удельное водопотребление на одного жителя, л/сут, принимаемое по табл. 1 [9]; табл. 1 [11];  $N_{\text{ж}}$  – расчетное число жителей.

Суточный расход с учетом водопотребления на нужды промышленности, обеспечивающей население продуктами, и неучтенные расходы увеличиваются на 10 ÷ 20 % п. 2.1, прим. 4 [9]; п. 5.1 табл. 3 [11].

$$Q_{\text{сут.мах}} = (1,1 \div 1,2) Q_{\text{сут.ж}}$$

Расчетный расход воды в сутки наибольшего водопотребления  $Q_{\text{сут.мах}}$ , м<sup>3</sup>/сут, определяется по формуле

$$Q_{\text{сут.мах}} = K_{\text{сут.мах}} Q'_{\text{сут.мах}}$$

где  $K_{\text{сут.мах}}$  – коэффициент суточной неравномерности водопотребления

определяется по п. 2.2 [9]; п. 5.1 [11]. ( $K_{сут.маx} = 1,1 \div 1,3$ ).  $K_{сут.маx}$  учитывает уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменение водопотребления по сезонам года и дням недели. Для зданий, оборудованных внутренним водопроводом, канализацией и централизованным горячим водоснабжением, следует принимать  $K_{сут.маx} = 1,1$ ; для зданий, оборудованных внутренним водопроводом, канализацией и ванными с местными водонагревателями,  $K_{сут.маx} = 1,2$ ; для зданий, оборудованных внутренним водопроводом и канализацией без ванн,  $K_{сут.маx} = 1,3$ .

Расчетный часовой расход воды  $q_{ч.маx}$  определяется по формуле

$$q_{ч.маx} = K_{ч.маx} Q_{сут.маx},$$

где  $K_{ч.маx}$  – коэффициент часовой неравномерности водопотребления определяется из выражения

$$K_{ч.маx} = \alpha_{маx} \beta_{маx},$$

где  $\alpha_{маx}$  – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия, принимается по п. 2.2 [9]; п. 5.2 [11];  $\beta_{маx}$  – коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте, принимается по табл. п. 2.2 [9]; п. 5.2 [11]. Для зданий, оборудованных внутренним водопроводом и канализацией, без ванн, следует принимать  $\alpha_{маx} = 1,4$ ; для зданий, оборудованных внутренним водопроводом, канализацией и ванными с местными водонагревателями,  $\alpha_{маx} = 1,3$ ; для зданий, оборудованных внутренним водопроводом, канализацией и централизованным горячим водоснабжением,  $\alpha_{маx} = 1,2$ .

$K_{ч.маx}$  – рассчитывается, а затем принимается ближайшее табличное значение по прил. 1 данных указаний.

Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды в общественных зданиях зависит от назначения здания и определяется по формуле

$$Q_{об.зд} = q_{об.зд} N_{из} / 1000,$$

где  $q_{об.зд}$  – норма расхода воды потребителями в сутки для общественных зданий принимается по прил. 3 [5]; прил. А3 [8];  $N_{из}$  – количество измерителей. Общий расход воды по поселку

$$\sum Q_{сут}^{пoc} = Q_{сут.маx} + Q_{об.зд}.$$

Расчетные величины хозяйственно-питьевого водопотребления в

производственных и вспомогательных зданиях, промышленных предприятиях определяются по формулам:

водопотребление в смену  $Q_{\text{см.х-п}}^{\text{пр}}$

$$Q_{\text{см.х-п}}^{\text{пр}} = q_{\text{н.х-п}} N_{\text{см}} / 1000 ,$$

где  $q_{\text{н.х-п}}$  – норма водопотребления на одного человека в смену, принимается согласно п. 2.4 [4] и прил. 3 [5];  $N_{\text{см}}$  – количество работающих в смену (по заданию);

суточное водопотребление  $Q_{\text{сут.х-п}}^{\text{пр}}$  :

$$Q_{\text{сут.х-п}}^{\text{пр}} = Q_{\text{см.х-п}}^{\text{пр}} n_{\text{см}} ,$$

где  $n_{\text{см}}$  – количество смен (по заданию).

Количество воды на пользование душем в бытовых помещениях промышленных предприятий определяется по формулам:

водопотребление в смену  $Q_{\text{см}}^{\text{душ}}$

$$Q_{\text{см}}^{\text{душ}} = 0,5 \tau N_{\text{с}} ,$$

где  $0,5 \text{ м}^3/\text{ч}$  – норма расхода воды через душевую сетку (прил. 3 [5]);  
 $\tau = 1 \text{ ч}$  – продолжительность действия душа после смены (прил. 3 [5]);  
 $N_{\text{с}}$  – количество душевых сеток, шт.

$$N_{\text{с}} = N_{\text{см}} / 5 ,$$

где  $N_{\text{см}}$  – количество рабочих, принимающих душ после смены (по заданию). Одной душевой сеткой в течение часа, исходя из санитарных норм, пользуются 5 человек;

суточное водопотребление на душ  $Q_{\text{сут}}^{\text{душ}}$

$$Q_{\text{сут}}^{\text{душ}} = Q_{\text{см}}^{\text{душ}} n_{\text{см}} ,$$

где  $n_{\text{см}}$  – количество смен (по заданию).

Расход воды на производственные нужды предприятия принимается по заданию  $Q_{\text{см}}^{\text{пр}}$ , который распределяется равномерно по часам смены (восьмичасовая смена с перерывом на обед один час, в течение которого

производство не останавливается). Принимается работа восьмичасовых смен: с 8 до 16 ч - первая смена; с 16 до 24 ч - вторая смена, с 24 до 8 ч - третья смена.

Часовой расход воды на производственные нужды:

$$q_{\text{ч}}^{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{см}}^{\text{пр}}}{\tau_{\text{см}}} = \frac{Q_{\text{см}}^{\text{пр}}}{8}.$$

Суточное водопотребление на производственные нужды:

$$Q_{\text{сут}}^{\text{пр}} = Q_{\text{см}}^{\text{пр}} n_{\text{см}}.$$

Суммарный расход воды по предприятию за сутки:

$$Q_{\text{сут}}^{\text{пр}} = Q_{\text{сут.х-п}}^{\text{пр}} + Q_{\text{сут}}^{\text{пр}} + Q_{\text{сут}}^{\text{душ}}.$$

Общий расход воды по поселку и предприятию за сутки:

$$Q_{\text{сут}}^{\text{общ}} = Q_{\text{сут}}^{\text{пос}} + Q_{\text{сут}}^{\text{пр}}.$$

Для определения режима работы насосных станций, емкости баков водонапорных башен и резервуаров чистой воды составляется таблица почасового суточного водопотребления и строится график водопотребления по часам суток.

### **Пример.**

Определить хозяйственно-питьевое и производственное водопотребление в системе водоснабжения, обслуживающей населенный пункт и предприятие.

Число жителей в населенном пункте к концу расчетного периода 30000 человек. Здания оборудованы внутренним водопроводом, канализацией и системой централизованного горячего водоснабжения. Застройка зданий в 5 этажей. В населенном пункте имеется больница на 300 коек с общими ваннами и душевыми объемом более 25000 м<sup>3</sup>, здание больницы трехэтажное. Магистральная водопроводная сеть и водоводы проложены из асбестоцементных труб. Длина водоводов от НС-II до водонапорной башни  $L_{\text{вод}} = 1000$  м. Промышленное предприятие по пожарной опасности относится к категории В; имеет два производственных корпуса II степени огнестойкости: один – объемом 120 тыс. м<sup>3</sup>, другой – объемом 90 тыс. м<sup>3</sup>,

ширина зданий более 60 м, площадь территории предприятия более 150 га. Предприятие работает в три смены, количество рабочих в каждой смене  $N_{см} = 500$  человекам. Расход воды на производственные нужды  $Q_{см}^{пр} = 400 \text{ м}^3/\text{см}$ . Душ принимают 70 % рабочих в смену.

Генплан водопроводной сети приведен на рис. 1.1.

### Определение водопотребителей

Объединенный хозяйственно-питьевой, производственный и противопожарный водопровод должен обеспечить расход воды на хозяйственно-питьевые нужды поселка, хозяйственно-питьевые нужды предприятия, хозяйственно-бытовые нужды общественных зданий, производственные нужды предприятия, тушение возможных пожаров в поселке и на предприятии.

### Расчет необходимых расходов воды для поселка и предприятия

Определение водопотребления начинаем с поселка, поскольку он является основным потребителем.

*Поселок.* В соответствии с п. 2.1, табл. 1 [9]; п. 5.1, табл. 1 прим. 3 [11] норму водопотребления на одного человека принимаем 300 л/сут.

$$\text{Суточный расход } Q_{\text{сут.ж}} = \frac{q_{\text{ж}} N_{\text{ж}}}{1000} = \frac{300 \cdot 30000}{1000} = 9000 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Суточный расход с учетом прим. 4, п. 2.1 [9]; п. 5.1 табл. 1, прим. 3 [11]

$$Q_{\text{сут}} = 1,15 Q_{\text{сут.ж}} = 1,15 \cdot 9000 = 10350 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Расчетный расход наибольшего водопотребления в сутки

$$Q_{\text{сут.макс}} = K_{\text{сут.макс}} Q_{\text{сут}} = 1,1 \cdot 10350 = 11385 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Согласно п. 2.2 [9]; п. 5.2 [11], принимаем  $K_{\text{сут.макс}} = 1,1$ .

Расчетный часовой максимальный расход воды

$$q_{\text{ч.макс}} = \frac{(Q_{\text{сут.макс}} K_{\text{час.макс}})}{24}$$

Максимальный коэффициент часовой неравномерности водопотребления

$$K_{\text{ч.макс}} = \alpha_{\text{макс}} \beta_{\text{макс}} \cdot$$

Принимаем по п. 2.2 и табл. 2 [9]; п. 5.2 [11]  $\alpha_{\text{макс}} = 1,2$  и  $\beta_{\text{макс}} = 1,18$ , тогда  $K_{\text{ч.макс}} = 1,2 \cdot 1,18 = 1,416$ . По прил. 1 данных указаний принимаем  $K_{\text{ч.макс}} = 1,45$ .

$$q_{ч. \max} = \frac{1,45 \cdot 11385}{24} = 687,84 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды больницы

$$Q_{\text{бол}} = \frac{q_{\text{коек}} N_{\text{коек}}}{1000} = \frac{115 \cdot 300}{1000} = 34,5 \text{ м}^3/\text{сут},$$

где  $q_{\text{коек}}=115$  л/сут (прил. 3 [5]); прил. А, табл. А3 [8];  $N_{\text{коек}}$  – количество коек.

Коэффициент часовой неравномерности водопотребления для больницы принимаем по прил. 1.

Суммарный расход воды по поселку

$$Q_{\text{сут}}^{\text{пос}} = Q_{\text{сут. \max}} + Q_{\text{бол}} = 11385 + 34,5 = 11419,5 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

*Предприятие.* В соответствии с п. 2.4 [9], прил. 3 [5], п. 5.4 [11]; прил. А, табл. А3 [8] и согласно заданию норму водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды на одного человека в смену принимаем  $q_{\text{н.х-п}}=25$  л/(чел. в смену) прил. 3 п. 31 [5]; прил. А, табл. А3 [8]. Водопотребление в смену

$$Q_{\text{см.х-п}}^{\text{пр}} = \frac{q_{\text{н.х-п}} N_{\text{см}}}{1000} = \frac{25 \cdot 500}{1000} = 12,5 \text{ м}^3/\text{смену}$$

Суточное водопотребление

$$Q_{\text{сут.х-п}}^{\text{пр}} = Q_{\text{см.х-п}}^{\text{пр}} n_{\text{см}} = 12,5 \cdot 3 = 37,5 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Расход воды на душевые в смену

$$Q_{\text{см}}^{\text{душ}} = 0,5 \tau N_c.$$

Количество душевых сеток

$$N_c = \frac{N_{\text{см}}^1}{5} = \frac{N_{\text{см}} \cdot 70\%}{5 \cdot 100\%} = \frac{500 \cdot 70}{5 \cdot 100} = 70 \text{ шт.}$$

$$Q_{\text{см}}^{\text{душ}} = 0,5 \cdot 1 \cdot 70 = 35 \text{ м}^3/\text{см};$$

в сутки  $Q_{\text{сут}}^{\text{душ}} = Q_{\text{см}}^{\text{душ}} \cdot n_{\text{см}} = 35 \cdot 3 = 105 \text{ м}^3/\text{сут}.$

Расход воды на производственные нужды в смену  $Q_{\text{см}}^{\text{пр}} = 400 \text{ м}^3/\text{смену}$  (по заданию), в час  $q_{\text{ч}}^{\text{пр}} = Q_{\text{см}}^{\text{пр}} / \tau_{\text{см}} = 400 / 8 = 50 \text{ м}^3/\text{ч}.$

Суточное водопотребление на производственные нужды

$$Q_{\text{сут}}^{\text{пр}} = Q_{\text{см}}^{\text{пр}} n_{\text{см}} = 400 \cdot 3 = 1200 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Таким образом, расчетный суточный расход воды по предприятию составит

$$\sum Q_{\text{сут}}^{\text{пр}} = Q_{\text{сут.х-п}}^{\text{пр}} + Q_{\text{сут}}^{\text{пр}} + Q_{\text{сут}}^{\text{душ}} = 37,5 + 1200 + 105 = 1342,5 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Суммарный расход воды за сутки по поселку и предприятию равен

$$\sum Q_{\text{сут}}^{\text{об}} = \sum Q_{\text{сут}}^{\text{пос}} + \sum Q_{\text{сут}}^{\text{пр}} = 11419,5 + 1342,5 = 12762 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Составляем таблицу суммарного водопотребления по часам суток (табл. 1.3).

**Водопотребление по часам суток в поселке  
и на промышленном предприятии**

Таблица 1.3

Часы суток	Поселок				Предприятие				Всего за сутки	
	На хозяйственно-питьевые нужды		Общественное здание (больница)		На хозяйственно-питьевые нужды		$q_{\text{ч}}^{\text{душ}}$ , м <sup>3</sup> /ч	$q_{\text{ч}}^{\text{пр}}$ , м <sup>3</sup> /ч	$q_{\text{ч}}^{\text{общ}}$ , м <sup>3</sup> /ч	Суточное водопотребление, %
	% от $Q_{\text{сут.макс}}$ при $K_{\text{ч}}=1,45$	$q_{\text{ч}}^{\text{пос}}$ , м <sup>3</sup> /ч	% от $Q_{\text{сут.тех.}}$ при $K_{\text{ч}}=2,5$	$q_{\text{ч}}^{\text{об.зд}}$ , м <sup>3</sup> /ч	% от $Q_{\text{см.х-п}}$ при $K_{\text{ч}}=3$	$q_{\text{ч}}^{\text{пр.х-п}}$ , м <sup>3</sup> /ч				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0-1	2,0	227,7	0,2	0,07	12,5	1,56	35	50	314,23	2,46
1-2	2,1	239,1	0,2	0,07	6,25	0,78		50	289,95	2,27
2-3	1,85	210,6	0,2	0,07	6,25	0,78		50	261,45	2,05
3-4	1,9	216,3	0,2	0,07	6,25	0,78		50	267,15	2,09
4-5	2,85	324,5	0,5	0,17	18,75	2,35		50	377,15	2,95
5-6	3,7	421,2	0,6	0,2	37,5	4,69		50	476,09	3,73
6-7	4,5	512,3	3,0	1,04	6,25	0,78		50	564,12	4,42
7-8	5,3	603,4	5,0	1,72	6,25	0,78		50	655,90	5,14
8-9	5,8	660,3	8,0	2,76	12,5	1,56		50	749,62	5,87
9-10	6,05	688,8	10,0	3,45	6,25	0,78		50	743,03	5,82
10-11	5,8	660,3	6,0	2,07	6,25	0,78		50	713,15	5,59
11-12	5,7	649,0	10,0	3,45	6,25	0,78		50	703,23	5,51
12-13	4,8	546,5	10,0	3,45	18,75	2,35		50	602,30	4,72
13-14	4,7	535,1	6,0	2,07	37,5	4,69		50	591,89	4,64
14-15	5,05	574,9	5,0	1,72	6,25	0,78		50	627,40	4,92
15-16	5,3	603,4	8,5	2,93	6,25	0,78		50	657,11	5,15
16-17	5,45	620,5	5,5	1,90	12,5	1,56	35	50	708,96	5,55
17-18	5,05	574,9	5,0	1,72	6,25	0,78		50	627,40	4,92
18-19	4,85	552,2	5,0	1,72	6,25	0,78		50	604,70	4,74
19-20	4,5	512,3	5,0	1,72	6,25	0,78		50	564,80	4,43
20-21	4,2	478,2	2,0	0,69	18,75	2,35		50	331,24	4,16
21-22	3,6	409,9	0,7	0,24	37,5	4,69		50	264,83	3,64
22-23	2,85	324,5	3,0	1,03	6,25	0,78		50	376,31	2,95
23-24	2,1	239,1	0,5	0,17	6,25	0,78		50	290,05	2,28
Всего	100	11385	100	34,5	300	37,5	70	1200	12762	100



Пояснение к табл. 1.3.

В графе 1 приведены часовые промежутки от 0 до 24 ч.

В графе 2 – расход воды поселком по часам суток в процентах от суточного водопотребления, согласно прил. 1 при  $K_{ч.макс} = 1,45$ .

В графе 3 – расход воды поселком на хозяйственно-питьевые нужды за каждый час суток  $q_{ч}^{пос}$ , м<sup>3</sup>/ч, например, с 10 до 11 ч расходуется 5,8 % от  $Q_{сут}$ , т.е.  $q_{ч}^{пос} = 11385 \cdot 5,8 \% / 100 \% = 660,3$  м<sup>3</sup>/ч.

В графе 4 - расход воды на хозяйственно-питьевые нужды общественного здания (в нашем примере – больница) по часам суток в процентах от суточного расхода. Распределение расходов воды по часам суток принято по прил. 1 при  $K_{ч} = K_{ч.макс} = 2,5$ .

В графе 5 – количество воды в м<sup>3</sup>/ч, расходуемое больницей на хозяйственно-питьевые нужды за каждый час суток (например, с 10 до 11 ч расходуется 6 % суточного расхода воды больницей):

$$q_{ч}^{об.зд} = 34,5 \cdot 6 \% / 100 \% = 2,07 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

В графе 6 – расход на хозяйственно-питьевые нужды предприятия по часам смены в процентах от сменного расхода воды. Распределение расхода воды по часам смены принято по прил. 1 при  $K_{ч} = 3$ .

В табл. 1.3 дано распределение расходов на хозяйственно-питьевые нужды предприятия для трехсменной работы.

Для двухсменной работы в графе 6 с 0 до 1 ч записывается 12,5 % от  $Q_{см}$ , с 1 до 9 ч – ноль и с 9 ч записываются в процентах, как в табл. 1.3.

В графе 7 – количество воды в м<sup>3</sup>, расходуемое предприятием на хозяйственно-питьевые нужды за каждый час смены (например, с 10 до 11 ч расходуется 6,25 % сменного расхода предприятия),

$$q_{ч}^{пр.х-п} = 12,5 \cdot 6,25 \% / 100 \% = 0,78 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

В графе 8 – расход воды на работу душа  $q_{ч}^{душ}$ , который учитывается в течение часа после работы каждой смены (например, первая смена заканчивается в 16 ч, душ работает с 16 до 17 ч).

В графе 9 – расход воды на производственные нужды равномерно распределен по часам смены ( $Q_{см} = 400$  м<sup>3</sup>, продолжительность смены 8 ч)

$$q_{ч}^{пр} = Q_{см}^{пр} / \tau_{см} = 400 / 8 = 50 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

В графе 10 – сумма расходов всех потребителей в определенный час суток в м<sup>3</sup>, например, с 8 до 9 ч расходуется:

$$Q_{ч}^{общ} = q_{ч}^{пос} + q_{ч}^{об.зд} + q_{ч}^{пр.х-п} + q_{ч}^{душ} + q_{ч}^{пр} = 660,3 + 2,76 + 1,56 + 35 + 50 = 749,62 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

В графе 11 – сумма расходов всех потребителей в определенный час суток в процентах от суммарного суточного расхода. Например, суммар-

ный суточный расход воды  $12762 \text{ м}^3$ , а суммарный расход потребителей с 8 до 9 ч–  $769,62 \text{ м}^3$ , что составляет  $749,62 \cdot 100 \% / 12762 = 5,87$

При составлении таблицы необходимо для контроля суммировать числа, стоящие в столбцах, например, сумма чисел в столбце 3 должна быть равна  $Q_{\text{сут.х-п}}^{\text{пос}}$  и т.д.

Из табл. 1.3 видно, что по поселку и предприятию наибольшее водопотребление происходит с 8 до 9 ч, в это время на все нужды воды расходуется  $749,62 \text{ м}^3/\text{ч}$  или

$$Q_{\text{пос.пр}} = 749,62 \cdot 1000 / 3600 = 208,2 \text{ л/с.}$$

По предприятию расчетный расход

$$Q_{\text{пр}} = \frac{(1,56 + 35 + 50)1000}{3600} = 24,04 \text{ л/с.}$$

Расчетный расход общественного здания (больницы)

$$Q_{\text{об.зд}} = (2,76 \cdot 1000) / 3600 = 0,77 \text{ л/с.}$$

Собственно поселок расходует  $Q_{\text{пос}} = Q_{\text{пос.пр}} - Q_{\text{пр}} - Q_{\text{об.зд}} = 208,23 - 24,04 - 0,77 = 183,42 \text{ л/с.}$

По данным столбца 11 табл. 1.3 строим график водопотребления объединенного водопровода по часам суток (рис. 1.2).

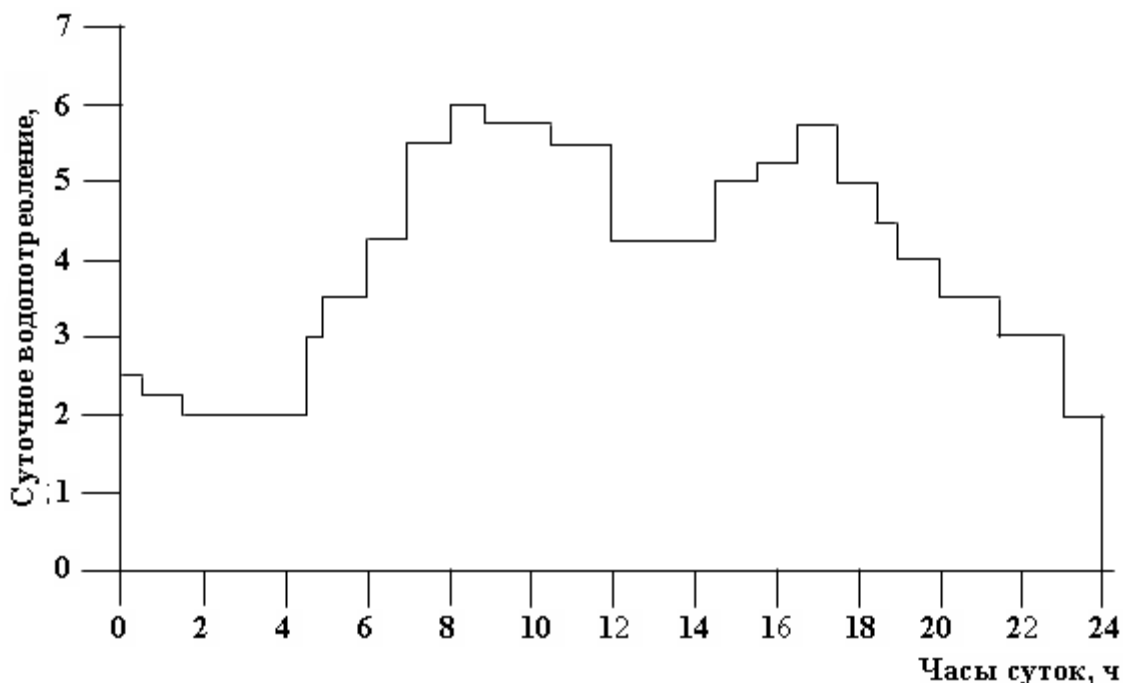


Рис.1.2. График водопотребления

### 1.2.3. Определение расчетных расходов воды на пожаротушение

Расчетные расходы воды для наружного пожаротушения в населенных пунктах и на промышленных предприятиях определяются по пп. 2.12 - 2.23 [9]; пп. 5.1-5.18 [10], а для внутреннего пожаротушения – по пп. 6.1 - 6.6 [5]; пп. 4.1-4.18 [6].

В населенных пунктах число одновременных пожаров и расход воды на один пожар зависят от количества жителей и этажности застройки. На промышленных предприятиях число одновременных пожаров зависит от площади территории предприятий, а расчетный расход воды на наружное пожаротушение – от степени огнестойкости зданий, категорий зданий по пожаро- и взрывоопасности, объема зданий, наличия фонарей, ширины здания, наличия автоматических установок пожаротушения. Расчетное количество одновременных пожаров для объединенных водопроводов, обслуживающих населенные пункты и промышленные предприятия, зависит от площади территории предприятия и количества жителей в населенном пункте (п. 2.23 [9] п. 6.2 [10]). Расчетные расходы воды для внутреннего пожаротушения и расчетное количество струй в населенных пунктах зависят от назначения здания, высоты (этажности), объема, а на промышленных предприятиях – от степени огнестойкости зданий, категории здания по пожарной опасности, объема зданий.

Определим расчетные расходы воды для пожаротушения по данным приведенного примера. Так как водопровод в поселке проектируется объединенным, то, согласно [4], п. 2.23 [9]; п. 6.2 [10], при количестве жителей 30 000 человек принимаем два одновременных пожара (п. 2.12, табл. 5 [9]; п. 5.1, табл. 1 [10]) при пятиэтажной застройке с расходом воды 25 л/с на один пожар:

$$Q_{\text{пож.нар}}^{\text{пос}} = 2 \cdot 25 = 50 \text{ л/с.}$$

Расход воды на внутреннее пожаротушение в поселке при наличии больницы (здание трехэтажное объемом более 25 000 м<sup>3</sup>), согласно п. 6.1, табл. 1 [5]; п. 4.1.1 табл. 1 [6], принимаем две струи производительностью 2,5 л/с каждая:

$$Q_{\text{пож.вн}}^{\text{об.зд}} = 2 \cdot 2,5 = 5 \text{ л/с.}$$

Согласно п. 2.22 [9]; п. 6.1 [10], на предприятии принимаем два одновременных пожара, так как площадь предприятия более 150 га.

Согласно п. 2.14, табл. 8, прим. 1 [9]; п. 5.6. табл. 4 [10], расчетный

расход воды для здания объемом 90 тыс. м<sup>3</sup>  $Q_{\text{пож.нар1}}^{\text{пр}} = 30$  л/с, а для здания объемом 120 тыс. м<sup>3</sup>  $Q_{\text{пож.нар2}}^{\text{пр}} = 40$  л/с. Таким образом,  $Q_{\text{пож.нар}}^{\text{пр}} = 30 + 40 = 70$  л/с.

Согласно п. 6.1, табл. 2 [5]; п. 4.1.1 табл. 2 [6], расчетный расход воды на внутреннее пожаротушение в производственных зданиях предприятия принимаем из расчета двух струй производительностью 5 л/с каждая, тогда

$$Q_{\text{пож.вн}}^{\text{пр}} = 2 \cdot 2 \cdot 5 = 20 \text{ л/с.}$$

Таким образом,

$$Q_{\text{пож}}^{\text{пос}} = Q_{\text{пож.нар}}^{\text{пос}} + Q_{\text{пож.вн}}^{\text{пос}} = 50 + 5 = 55 \text{ л/с ;}$$

$$Q_{\text{пож}}^{\text{пр}} = Q_{\text{пож.нар}}^{\text{пр}} + Q_{\text{пож.вн}}^{\text{пр}} = 70 + 20 = 90 \text{ л/с ;}$$

$$Q_{\text{пож}}^{\text{пос}} < Q_{\text{пож}}^{\text{пр}} ,$$

поэтому, согласно [4], п. 2.23, расход воды на цели пожаротушения в поселке и на предприятии определяем как сумму расхода воды на предприятии и 50 % расхода воды в поселке:

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{пож}}^{\text{пр}} + 0,5 Q_{\text{пож}}^{\text{пос}} = 90 + 0,5 \cdot 55 = 117,5 \text{ л/с}$$

При определении расчетных расходов воды на цели пожаротушения необходимо внимательно изучить п. 2.23 [9]; п. 6.2 [10].

## 2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Гидравлический расчет водопроводной сети выполняется два раза: при максимальном хозяйственно-производственном водопотреблении (в обычное время) и при пожаре. Цель гидравлического расчета – определить потери напора в сети в этих двух случаях. Гидравлический расчет сети выполняется в следующей последовательности:

1) определяется равномерно распределенный расход воды вычитанием суммы сосредоточенных расходов из общего расхода в час максимального водопотребления:

$$Q_{\text{рас}}^{\text{пос}} = Q_{\text{пос.пр}} - \sum_{i=1}^{i=n} Q_{\text{сосред}} = Q_{\text{пос.пр}} - Q_{\text{пр}} - Q_{\text{об.зд}},$$

где  $n$  – количество сосредоточенных отборов воды;

2) определяется удельный расход воды  $q_{\text{уд}}$ , т.е. равномерно распределенный расход, приходящийся на единицу длины водопроводной сети:

$$q_{\text{уд}} = Q_{\text{рас}}^{\text{пос}} / \sum_{j=1}^{j=m} l_j,$$

где  $l_j$  – длина участка;  $m$  – количество участков;  $j$  – номер участка;

3) определяются равномерно распределенные расходы по длине участков (путевые отборы):

$$Q_{\text{пут}j} = q_{\text{уд}} l_j;$$

4) определяются узловые расходы воды, которыми заменяются путевые отборы:

$$q_{\text{узл}} = 0,5(\sum Q_{\text{пут}j}),$$

где  $\sum Q_{\text{пут}j}$  – сумма путевых отборов на участках, прилегающих к данному узлу;

5) к узловым расходам добавляются сосредоточенные расходы, а при пожаре к одному из узловых расходов добавляется еще расход воды на пожаротушение;

6) выполняется предварительное распределение расходов по участкам сети. При распределении для каждого узла должно выполняться следующее условие (первый закон Кирхгофа): сумма расходов воды, подходящих к каждому узлу, равна сумме расходов воды, выходящих из узла. Распределение расходов можно начинать от диктующей точки, т.е. конечной точки подачи воды, а можно от начальной точки, т.е. точки подвода воды в сеть. Перед распределением расходов необходимо наметить направление потоков воды в сети от точки ввода воды в сеть до диктующей точки. Предварительное распределение выполняется при максимальном хозяйственно-производственном водопотреблении и при пожаре;

7) определяются диаметры труб участков сети по предварительно распределенным расходам при пожаре и значению экономического фактора с использованием таблиц предельных экономических расходов, (приложение 2). Экономический фактор учитывает стоимость электроэнергии, коэффициент полезного действия насосных установок, стоимость строительства водопроводной сети и сооружений и т.п. При современной стоимости электроэнергии (согласно тарифной сетке – для всех районов страны, за исключением Якутии, Магаданской, Камчатской и Сахалинской об-

ластей) можно использовать следующие значения экономического фактора (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Материал труб	Сталь	Чугун	Железобетон	Асбестоцемент	Пластмасса
Экономический фактор	1	1	1	0,75	0,5

Предельным расходом для данного диаметра труб является такой расход, при котором этот диаметр экономически равноценен следующему сортаментному диаметру. При расходе, превышающем предельный, необходимо принимать следующий сортаментный диаметр.

Предельные экономические расходы для труб из стали, чугуна, асбестоцемента и пластмассы при указанных значениях экономического фактора  $\mathcal{E}$  приведены в прил. 2;

8) выполняется увязка сети. Для каждого кольца выбирается условно положительное направление, например направление движения часовой стрелки. Если направление движения потока воды на участке совпадает с условно положительным направлением, то потери напора  $\Delta h$  на этом участке считаются положительными, а если не совпадают, то отрицательными (рис. 2.1). Увязать сеть – значит добиться выполнения следующих соотношений:

$$\sum_{j=1}^{j=m} q_i = 0 \quad \text{– для узлов (первый закон Кирхгофа),}$$

$$\sum_{j=1}^{j=n} h_i = 0 \quad \text{– для колец (второй закон Кирхгофа),}$$

где  $m$ – количество расходов воды, подходящей к узлу и отходящей от него;  $n$ – количество участков в кольце.

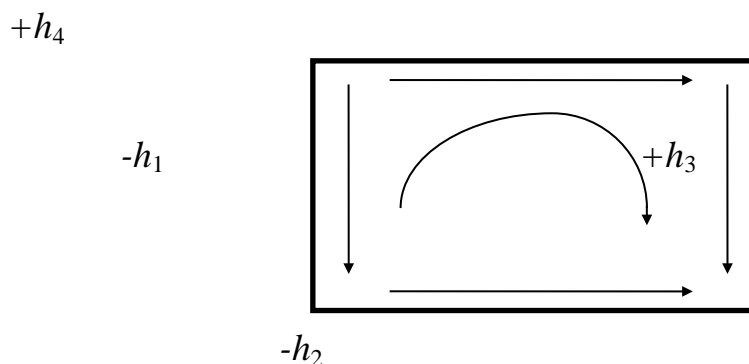


Рис. 2.1. Кольцевая водопроводная сеть

Первое соотношение (для узлов) для найденных расходов воды должно соблюдаться, так как оно использовалось при предварительном распределении расходов по участкам.

Выполнение второго соотношения (для колец) добиваются увязкой водопроводной сети, например методом Лобачева – Кросса. Сущность метода Лобачева – Кросса состоит в следующем. Для кольца (см. рис. 2.1) можно записать

$$\sum_{j=1}^{j=4} h_j = \Delta h, \quad \text{т.е. } h_3 + h_4 - h_1 = \Delta h.$$

Величина  $\Delta h$  называется *невязкой*. Если сумма условно положительных потерь напора больше суммы условно отрицательных потерь напора, то  $\Delta h > 0$ . Значит, чтобы уменьшить величину  $\Delta h$  (приблизить ее к нулю), необходимо расходы на участках с условно положительными потерями напора уменьшить, а на участках с условно отрицательными потерями напора увеличить на величину некоторого поправочного расхода.

Если  $\Delta h < 0$ , то, наоборот, расходы на участках с условно положительными потерями напора надо увеличить, а на участках с условно отрицательными потерями напора уменьшить на величину поправочного расхода. Увязки сети (введение поправочного расхода) продолжаются до тех пор, пока не будет выполняться соотношение

$$\Delta h \leq \Delta h_{\text{доп}},$$

где  $\Delta h_{\text{доп}}$  – допустимая величина невязки. Можно принять  $\Delta h_{\text{доп}} \leq 1$  м.

Если сеть состоит из нескольких колец, то необходимо добиваться выполнения указанного соотношения для каждого кольца. Потери напора  $h$  на участке следует определять по формулам:

$$h = il, \quad i = (\lambda / d_p) (V^2 / 2g),$$

где  $i$  – гидравлический уклон, т.е. потери напора на единицу длины трубопровода;  $l$  – длина трубопровода, м;  $\lambda$  – коэффициент гидравлического сопротивления, определяемый по формуле

$$\lambda = A_1 (A_0 + C/V)^m / d_p^m;$$

$d_p$  – расчетный внутренний диаметр труб, м;  $V$  – средняя по сечению скорость движения воды, м/с;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Значения коэффициентов  $A_0, A_1, C$  и показателя степени  $m$  для стальных, чугунных, железобетонных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных труб должны приниматься по прил. 10 [4].

Расчетные внутренние диаметры металлических, асбестоцементных, пластмассовых (полиэтиленовых), стеклянных труб по данным соответствующих ГОСТов приведены в прил. 2. Расчетные внутренние диаметры железобетонных труб (трубы железобетонные напорные виброгидропрессованные. Технические условия), прил. 10 [9], следует принимать равными диаметрам условных проходов. Поправочный расход  $\Delta q$  для кольца можно определить по формуле

$$\Delta q = \Delta h / 2 \left( \sum_{i=1}^{i=n} (h_i / q_i) \right),$$

где  $h_i$  – потери напора на участке;  $q_i$  – расход воды по участку;  $n$  – количество участков в кольце.

Для каждого кольца получается своя величина поправочного расхода. Если участок сети является общим для двух колец, то поправочный расход на таком участке определяется как сумма поправочных расходов, найденных для этих колец, с учетом их знаков.

## 2.1. Пример гидравлического расчета водопроводной сети

Рассмотрим гидравлический расчет на примере водопроводной сети, показанной на рис. 2.2. Для приведенного в разд. 1 примера общий расход воды в час максимального водопотребления составляет 208,23 л/с, в том числе сосредоточенный расход предприятия равен 24,04 л/с, а сосредоточенный расход общественного здания 0,77 л/с.

1. Определим равномерно распределенный расход

$$Q_{\text{рас}}^{\text{пос}} = Q_{\text{пос.пр}} - (Q_{\text{пр}} + Q_{\text{об.зд}}) = 208,23 - (24,04 + 0,77) = 183,42 \text{ л/с.}$$

2. Определим удельный расход

$$q_{\text{уд}} = Q_{\text{рас}}^{\text{пос}} / \sum_{j=1}^{j=m} l_j = 183,42 \cdot 10^{-4} \text{ л/(с} \cdot \text{м)};$$

$$\sum_{j=1}^{j=m} l_j = l_{1-2} + l_{2-3} + l_{3-4} + l_{4-5} + l_{5-6} + l_{6-7} + l_{7-1} + l_{7-4} = 10^4 \text{ м.}$$



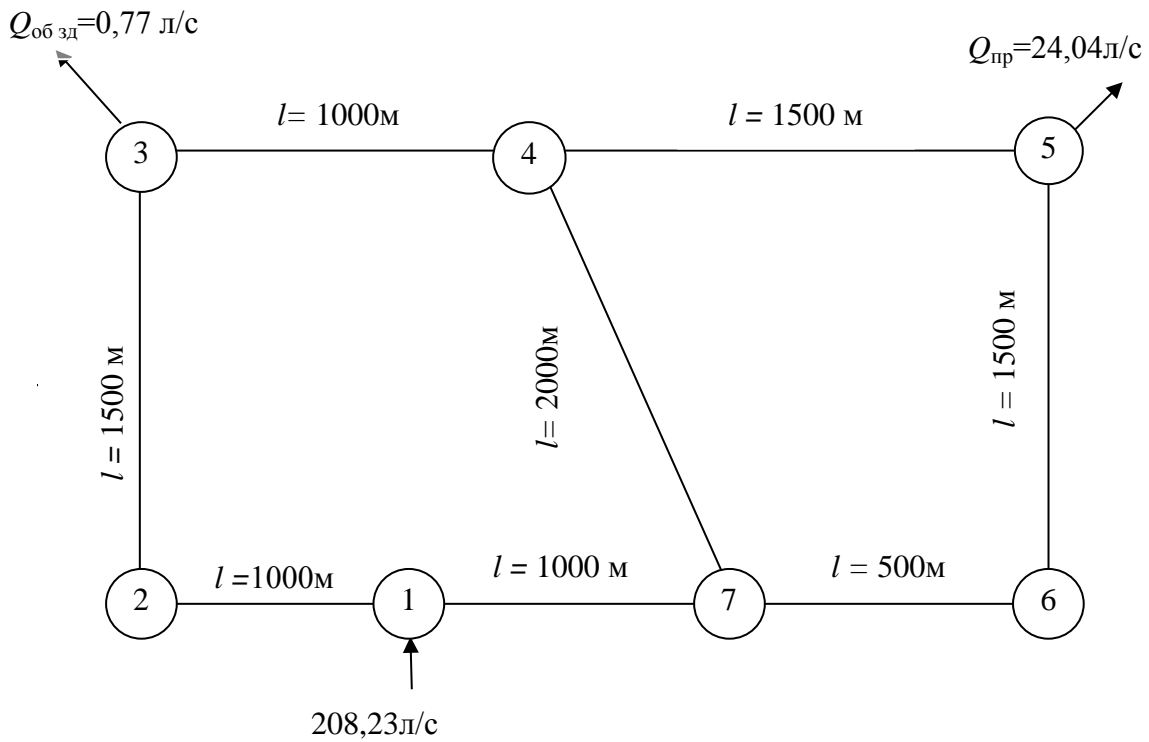


Рис. 2.2. Расчётная схема водопроводной сети

### 3. Определим путевые отборы

$$Q_{\text{пут}j} = l_j q_{\text{уд}}$$

Результаты приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

#### Путевые расходы

Номер участка	Длина участка, м	Путевой отбор, л/с
1 - 2	1000	18,342
2 - 3	1500	27,513
3 - 4	1000	18,342
4 - 5	1500	27,513
5 - 6	1500	27,513
6 - 7	500	9,171
7 - 1	1000	18,342
7 - 4	2000	36,684
		$\sum_{j=1}^{j=m} Q_{\text{пут} j} = 183,42$

#### 4. Определим узловые расходы

$q_1 = 0,5 (Q_{\text{пут.1-2}} + Q_{\text{пут.7-1}}) = 0,5 (18,342 + 18,342) = 18,342$  л/си т.д.  
 Результаты приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3  
**Узловые расходы**

Номер узла	Узловой расход
1	18,342
2	22,9275
3	22,9275
4	41,2695
5	27,513
6	18,342
7	32,0985
$\sum q_{\text{узл}} = 183,42 \text{ л/ с}$	

5. Добавим к узловым расходам сосредоточенные расходы. К узловому расходу в точке 5 добавляется сосредоточенный расход предприятия, а в точке 3 – сосредоточенный расход общественного здания (вместо точки 3 можно взять любую другую точку). Тогда  $q_5 = 51,553$  л/с,  $Q_3 = 23,6975$  л/с. Величины узловых расходов показаны на рис. 2.3. С учетом сосредоточенных расходов  $\sum q_{\text{узл}} = 208,23$  л/с.

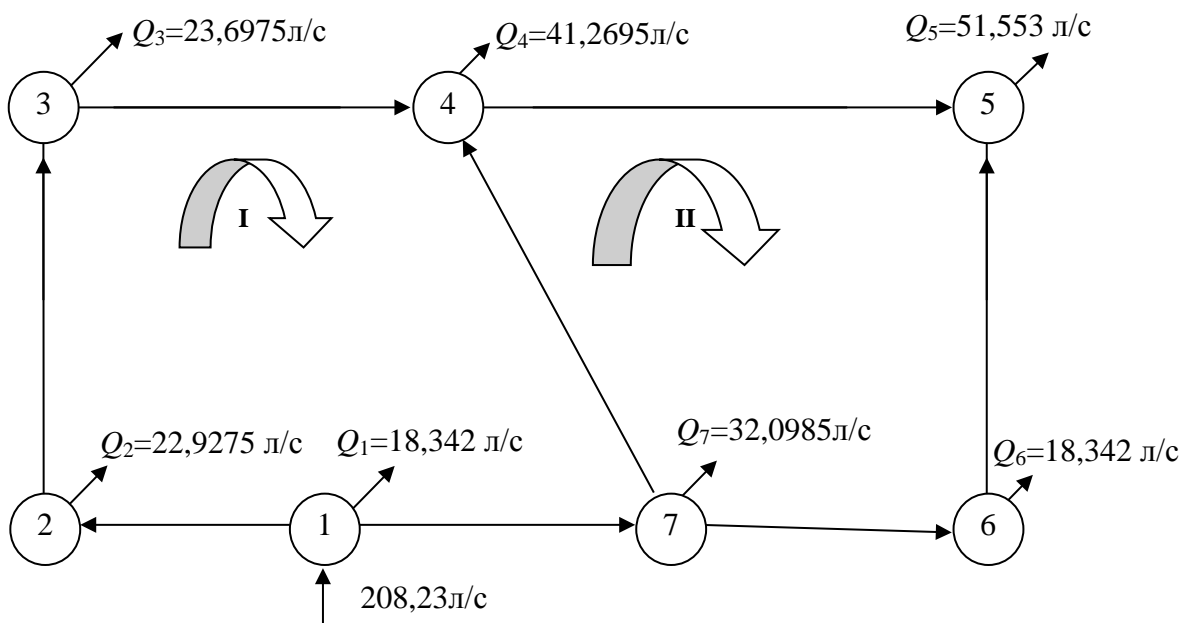


Рис. 2.3. Расчетная схема водопроводной сети с узловыми расходами

6. Выполним предварительное распределение расходов воды по участкам сети. Сделаем это сначала для водопроводной сети при максимальном хозяйственно-производственном водопотреблении (без пожара). Выберем диктующую точку, т.е. конечную точку подачи воды. В данном примере за диктующую точку примем точку 5. Предварительно наметим направления движения воды от точки 1 к точке 5 (направления показаны на рис. 2.3). Потоки воды могут подойти к точке 5 по трем направлениям: первое -1-2-3-4-5, второе -1-7-4-5, третье -1-7-6-5. Для узла 1 должно выполняться соотношение  $q_1 + q_{1-2} + q_{1-7} = Q_{\text{пос.пр.}}$ . Величины  $q_1 = 18,342 \text{ л/с}$  и  $Q_{\text{пос.пр.}} = 208,23 \text{ л/с}$  известны, а  $q_{1-2}$  и  $q_{1-7}$  — неизвестны. Задаемся произвольно одной из этих величин. Возьмем, например,  $q_{1-2} = 100 \text{ л/с}$ . Тогда  $q_{1-7} = Q_{\text{пос.пр.}} - (q_1 + q_{1-2}) = 208,23 - (18,342 + 100) = 89,888 \text{ л/с}$ .

Для точки 7 должно соблюдаться следующее соотношение:

$$q_{1-7} = q_7 + q_{7-4} + q_{7-6}$$

Значения  $q_{1-7} = 89,888 \text{ л/с}$  и  $q_7 = 32,0985 \text{ л/с}$  известны, а  $q_{7-4}$  и  $q_{7-6}$  — неизвестны. Задаемся произвольно одной из этих величин и принимаем, например,  $q_{7-4} = 30 \text{ л/с}$ . Тогда  $q_{7-6} = q_{1-7} - (q_7 + q_{7-4}) = 89,888 - (32,0985 + 30) = 27,7895 \text{ л/с}$ .

Расходы воды по другим участкам сети можно определить из следующих соотношений:

$$q_{2-3} = q_{1-2} - q_2$$

$$q_{4-5} = q_{7-4} + q_{3-4} - q_4$$

$$q_{3-4} = q_{2-3} - q_3$$

$$q_{6-5} = q_{7-6} - q_6$$

В результате получится:

$$q_{2-3} = 77,0725 \text{ л/с}$$

$$q_{4-5} = 42,1055 \text{ л/с}$$

$$q_{3-4} = 53,375 \text{ л/с}$$

$$q_{6-5} = 9,4475 \text{ л/с}$$

Проверка:  $q_5 = q_{4-5} + q_{6-5} = 42,1055 + 9,4475 = 51,553 \text{ л/с}$ .

Можно начинать предварительное распределять расходы не с узла 1, а с узла 5. Расходы воды будут уточняться в дальнейшем при выполнении увязки водопроводной сети. Схема водопроводной сети с предварительно распределенными расходами в обычное время показана на рис. 2.4.

При пожаре водопроводная сеть должна обеспечивать подачу воды на пожаротушение при максимальном часовом расходе воды на другие нужды, за исключением расходов воды на промышленном предприятии на душ, поливку территории и т.п. (прил. 10 [9]), если эти расходы вошли в расход в час максимального водопотребления. Для водопроводной сети, показанной на рис. 2.2, расход воды для пожаротушения следует добавить к узловому расходу в точке 5, где осуществляется отбор воды на промышленное предприятие, которая является наиболее удаленной от места ввода

(от точки 1), т.е.  $q_5 = q'_5 + Q_{\text{пож.рас.}} - q_{\text{душ}}$ . Однако из таблицы водопотребления (см. табл. 1.3) видно, что без учета расхода воды на душ час максимального водопотребления будет с 9 до 10 часов.

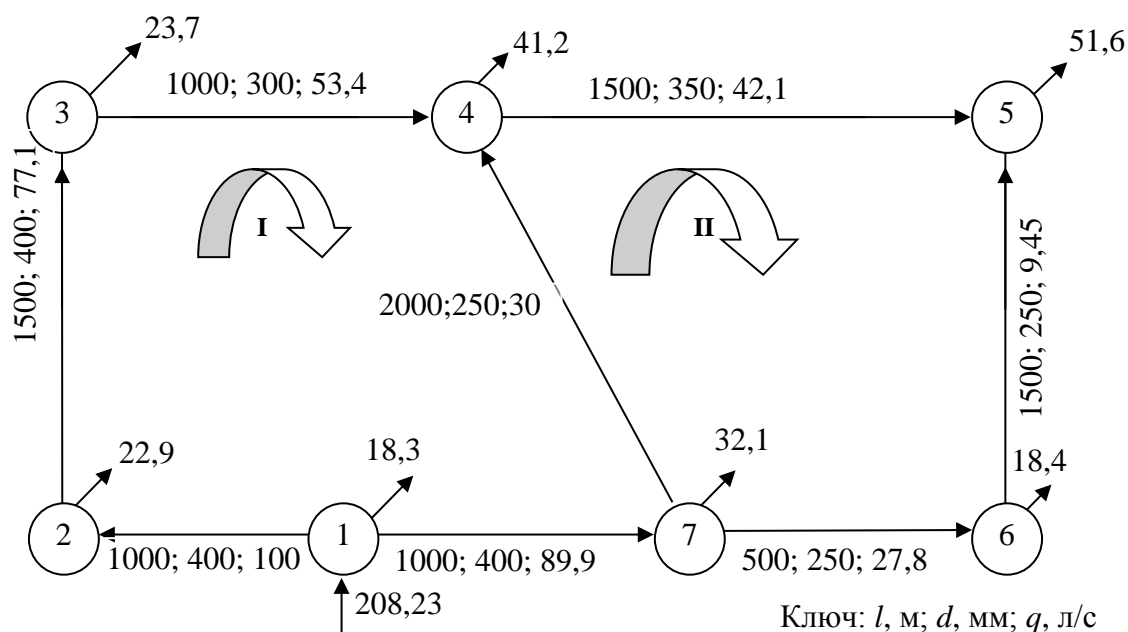


Рис.2.4. Расчетная схема водопроводной сети с предварительно распределенными расходами при хозяйственно-производственном водопотреблении

Расход воды  $Q'_{\text{пос.пр}} = 743,03 \text{ м}^3/\text{ч} = 206,40 \text{ л/с}$ , в том числе сосредоточенный расход предприятия  $Q'_{\text{пр}} = 50,78 \text{ м}^3/\text{ч} = 14,11 \text{ л/с}$ , а сосредоточенный расход общественного здания  $Q_{\text{об.зд}} = 3,45 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,958 \text{ л/с} = 0,96 \text{ л/с}$ . Поэтому при гидравлическом расчете сети при пожаре

$$Q''_{\text{пос.пр}} = Q'_{\text{пос.пр}} + Q_{\text{пож.рас}} = 206,40 + 117,5 = 323,9 \text{ л/с.}$$

Так как  $Q''_{\text{пос.пр}} \neq Q'_{\text{пос.пр}}$ , то узловые расходы при пожаре будут другие, чем в час максимального водопотребления без пожара. Определим узловые расходы так, как это делалось без пожара. При этом следует учитывать, что сосредоточенными расходами будут:

$$Q'_{\text{пр}} = 14,11 \text{ л/с}, \quad Q_{\text{об.зд}} = 0,96 \text{ л/с}, \quad Q_{\text{пож.рас}} = 117,5 \text{ л/с.}$$

Равномерно распределенный расход будет равен

$$Q_{\text{пос.рас}} = Q''_{\text{пос.пр}} - (Q'_{\text{пр}} + Q_{\text{об.зд}} + Q_{\text{пож.рас}}) = 323,9 - (14,11 + 0,96 + 117,5) = 191,33 \text{ л/с.}$$

Расчетная схема водопроводной сети с узловыми и предварительно распределенными расходами при пожаре показана на рис. 2.5.

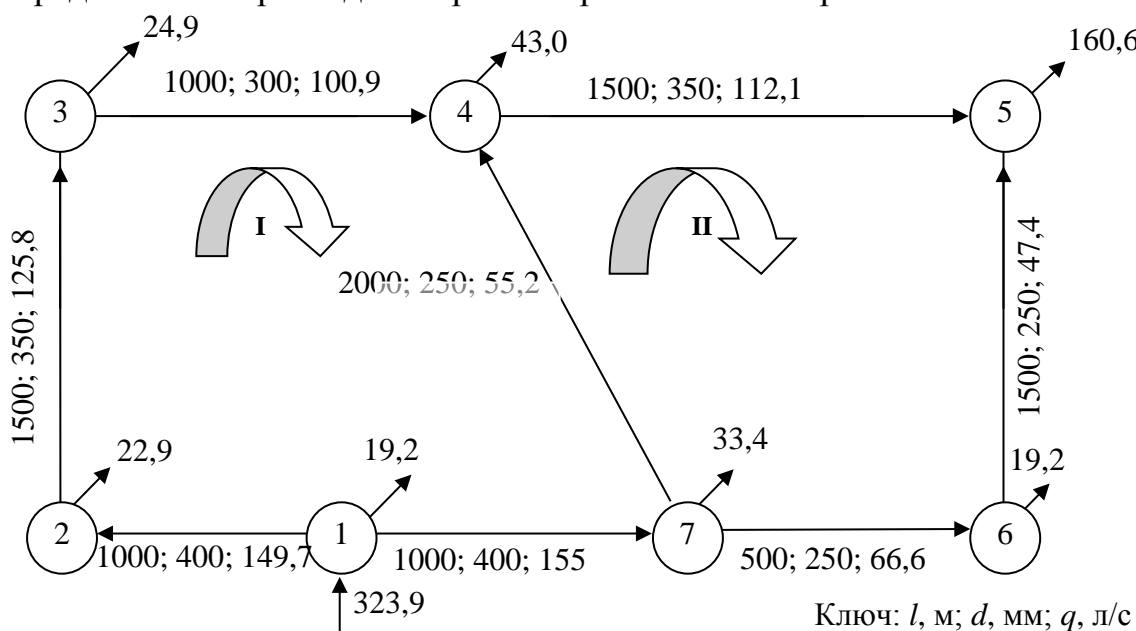


Рис. 2.5. Расчетная схема водопроводной сети с предварительно распределенными расходами при пожаре

7. Определим диаметры труб участков сети. Для асбестоцементных труб  $\varepsilon = 0,75$ . По экономическому фактору и предварительно распределенным расходам воды по участкам сети при пожаре по прил. 2 определяются диаметры труб участков водопроводной сети:

$$\begin{array}{lll}
 d_{1-2} = 0,4 \text{ м;} & d_{2-3} = 0,35 \text{ м;} & d_{3-4} = 0,3 \text{ м;} \\
 d_{4-5} = 0,35 \text{ м;} & d_{5-6} = 0,25 \text{ м;} & d_{6-7} = 0,25 \text{ м;} \\
 d_{4-7} = 0,25 \text{ м;} & d_{1-7} = 0,4 \text{ м.} & 
 \end{array}$$

Соответствующие расчетные внутренние диаметры определяются по прил. 2 (трубы ВТ-9, тип I) и равны:

$$\begin{array}{lll}
 d_{1-2} = 0,368 \text{ м;} & d_{2-3} = 0,322 \text{ м;} & d_{3-4} = 0,279 \text{ м;} \\
 d_{4-5} = 0,322 \text{ м;} & d_{5-6} = 0,235 \text{ м;} & d_{6-7} = 0,235 \text{ м;} \\
 d_{4-7} = 0,235 \text{ м;} & d_{1-7} = 0,368 \text{ м.} & 
 \end{array}$$

Следует иметь в виду, что обычно рекомендуют определять диаметры по предварительно распределенным расходам без учета расхода воды на пожаротушение, а затем проверять водопроводную сеть с найденными таким образом диаметрами на возможность пропуска расходов воды при пожаре. При этом в соответствии с прил. 2 максимальный свободный напор в сети объединенного водопровода не должен превышать 60 м. Если в нашем примере определять диаметры по предварительным расходам при максимальном хозяйственно-производственном водопотреблении (т.е. без учета

расхода воды на пожаротушение), то получаются следующие диаметры:

$$\begin{aligned} d_{1-2} &= 0,300 \text{ м}; & d_{2-3} &= 0,300 \text{ м}; & d_{3-4} &= 0,250 \text{ м}; \\ d_{1-7} &= 0,300 \text{ м}; & d_{7-4} &= 0,200 \text{ м}; & d_{7-6} &= 0,200 \text{ м}; \\ d_{4-5} &= 0,250 \text{ м}; & d_{6-7} &= 0,150 \text{ м}. \end{aligned}$$

Расчеты показали, что при этих диаметрах потери напора в сети при пожаре более 60 м. Это объясняется тем, что для сравнительно небольших населенных пунктов соотношение расходов воды по участкам водопроводной сети при пожаре и при максимальном хозяйственно-производственном водопотреблении довольно большое. Поэтому диаметры труб некоторых участков следует увеличить и заново выполнить гидравлический расчет сети при максимальном хозяйственно-производственном водопотреблении и при пожаре. В связи с вышеизложенными для упрощения в курсовой работе допускается определять диаметры участков сети по предварительным расходам при пожаре.

#### Увязка водопроводной сети при максимальном хозяйственно-производственном водопотреблении

Увязку удобно выполнять в виде таблицы (табл. 2.4).

При увязке потери напора в асбестоцементных трубах следует определять по формуле

$$h = 10^{-3} \left[ \left( 1 + 3,51/V \right)^{0,19} \cdot 0,561V^2 / d_p^{1,19} \right] l$$

Обычно увязка сети без использования компьютера продолжается до тех пор, пока величина невязки в каждом кольце не будет менее 1 м.

Таблица 2.4

#### Увязка сети при максимальном хозяйственно-производственном водопотреблении

Номер кольца	Участок сети	Расход воды $q$ , л/с	Расчетный внутренний диаметр $d_p$ , м	Длина $l$ , м	Скорость $V$ , м/с	$\left( 1 + \frac{3,51}{V} \right)^{0,19} \times 0,561V^2$	$d_p^{1,19}$ , м	Гидравлический уклон $i \cdot 10^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	1-2	100	0,368	1000	0,940	0,666	0,304	2,19
	2-3	77,1	0,322	1500	0,947	0,675	0,260	2,60
	3-4	53,4	0,279	1000	0,873	0,581	0,219	2,65
	4-7	30,0	0,235	2000	0,692	0,378	0,178	2,13
	7-1	89,9	0,368	1000	0,845	0,547	0,304	1,80
II	4 - 5	42,1	0,322	1500	0,517	0,221	0,260	0,85
	5 - 6	9,45	0,235	1500	0,217	0,045	0,178	0,25
	7 - 6	27,8	0,235	500	0,641	0,329	0,178	1,85
	7 - 4	30,0	0,235	2000	0,692	0,378	0,178	2,12

Продолжение табл. 2.4

	Потери напора $h$ , м	Первое исправление						
		$h/q$ , (м·с)/л	$\Delta q'$ , л/с	$q'=q+\Delta q'$ , л/с	$V$ , м/с	$\left(1+\frac{3,51}{V}\right)^{0,19} \cdot 0,561 V^2$	$i \cdot 10^3$	$h$ , м
	10	11	12	13	14	15	16	17
1 - 2	2,19	0,0219	-4,7	95,3	0,896	0,610	2,01	2,01
2 - 3	3,90	0,0506	-4,7	72,4	0,889	0,601	2,31	3,47
3 - 4	2,65	0,0496	-4,7	48,7	0,797	0,491	2,24	2,24
4 - 7	-4,25	0,1417	-8,6+4,7	26,1	0,602	0,263	1,65	-3,29
7 - 1	-1,80	0,0200	4,7	94,6	0,889	0,601	1,98	-1,98
$\Delta h=2,69$ ; $\sum(h/q)=0,2838$ $\Delta q'=\Delta h/(2 \sum(h/q)) = 2,69/(2 \cdot 0,2838)$ $= 4,7$ л/с								$\Delta h=2,45$
4 - 5	1,28	0,034	-8,6	33,5	0,411	0,145	0,56	0,84
5 - 6	-0,38	0,0404	8,6	18,0	0,415	0,148	0,83	-1,25
6 - 7	-0,92	0,0331	8,6	36,4	0,839	0,540	3,03	-1,52
7 - 4	4,25	0,1417	4,7-8,6	26,1	0,602	0,293	1,65	3,29
$\Delta h=4,23$ ; $\sum(h/q)=0,2456$ $\Delta q'=\Delta h/(2 \sum(h/q)) = 4,23/(2 \cdot 0,2456) = 8,6$ л/с								$\Delta h=1,36$ ;

	Второе исправление							
	$h/q$ , (м·с)/л	$\Delta q''$ , л/с	$q''=q'+\Delta q''$ , л/с	$V$ , м/с	$\left(1+\frac{3,51}{V}\right)^{0,19} \cdot 0,561 V^2$	$i \cdot 10^3$	$h$ , м	
	18	19	20	21	22	23	24	
1 - 2	0,0211	-4,7	90,6	0,852	0,555	1,83	1,83	
2 - 3	0,0479	-4,7	67,7	0,831	0,530	2,04	3,06	
3 - 4	0,0460	-4,7	44,0	0,720	0,407	1,86	1,86	
4 - 7	0,1261	4,7-2,6	28,2	0,650	0,337	1,89	-3,79	
7 - 1	0,0209	4,7	99,3	0,934	0,658	2,17	-2,17	
$\sum(h/q)=0,262$ $\Delta q''=4,7$ л/с								$\Delta h=0,79$ ;
4 - 5	0,0251	-2,6	30,9	0,379	0,125	0,48	0,72	
5 - 6	0,0964	2,6	20,6	0,475	0,190	1,07	-1,60	
6 - 7	0,0418	2,6	39,0	0,899	0,613	3,45	-1,72	
7 - 4	0,1261	-2,6+4,7	28,2	0,650	0,337	1,89	3,79	
$\sum(h/q)=0,2624$ $\Delta q''=2,6$ л/с								$\Delta h=1,19$

	Третье исправление							
	$h/q$ , (м·с)/л	$\Delta q'''$ , л/с	$q'''=q''+\Delta q''$ л/с	$V$ , м/с	$\left(1+\frac{3,51}{V}\right)^{0,19} \cdot 0,561V^2$	$i \cdot 10^3$	$h$ , м	
2	25	26	27	28	29	30	31	
1 – 2	0,0202	-1,5	89,1	0,838	0,539	1,77	1,77	
2 – 3	0,0452	-1,5	66,2	0,813	0,509	2,96	2,94	
3 – 4	0,0423	-1,5	42,5	0,695	0,381	1,74	1,74	
4 – 7	0,1344	1,5-2,1	27,6	0,636	0,324	1,82	-3,64	
7 – 1	0,0219	4,7	100,8	0,948	0,677	2,23	-2,23	
$\Sigma(h/q)=0,2640$ $\Delta q'''=1,5$ л/с							$\Delta h=0,58$ ;	
4 – 5	0,0233	-2,1	28,8	0,354	0,111	0,48	0,64	
5 – 6	0,0777	2,1	22,7	0,523	0,226	1,07	-1,91	
6 – 7	0,0441	2,1	41,1	0,948	0,677	3,45	-1,90	
7 – 4	0,1344	-2,1+1,5	27,6	0,636	0,324	1,89	3,64	
$\Sigma(h/q)=0,2795$ $\Delta q'''=2,1$ л/с							$\Delta h=0,47$ ;	

Следует иметь в виду, что для участка 4 - 7 (см. рис. 2.4, 2.5), который является общим для обоих колец, вводятся две поправки - для первого кольца и для второго. Знак поправочного расхода при переносе из одного кольца в другое следует сохранять.

Потоки воды от точки 1 к точке 5 (диктующей точке), как видно по направлениям стрелок на рис. 2.4, могут пойти по трем направлениям: первое - 1-2-3-4-5, второе - 1-7-4-5, третье - 1-7-6-5. Средние потери напора в сети можно определить по формуле

$$h_c = (h_1 + h_2 + h_3) / 3,$$

где  $h_1 = h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-4} + h_{4-5}$ ;  $h_2 = h_{1-7} + h_{7-4} + h_{4-5}$ ;  $h_3 = h_{1-7} + h_{7-6} + h_{6-5}$ .

Потери напора в сети при максимальном хозяйственно-производственном водопотреблении:

$$h_1 = 1,77 + 2,94 + 1,74 + 0,64 = 7,09 \text{ м}; \quad h_2 = 2,23 + 3,64 + 0,64 = 6,51 \text{ м};$$

$$h_3 = 2,23 + 1,90 + 1,91 = 6,04 \text{ м}; \quad h_c = (7,09 + 6,51 + 6,04) / 3 = 6,55 \approx 6,6 \text{ м}.$$

Расчетная схема водопроводной сети с окончательно распределенными расходами при максимальном хозяйственно-производственном водопотреблении показана на рис. 2.6.



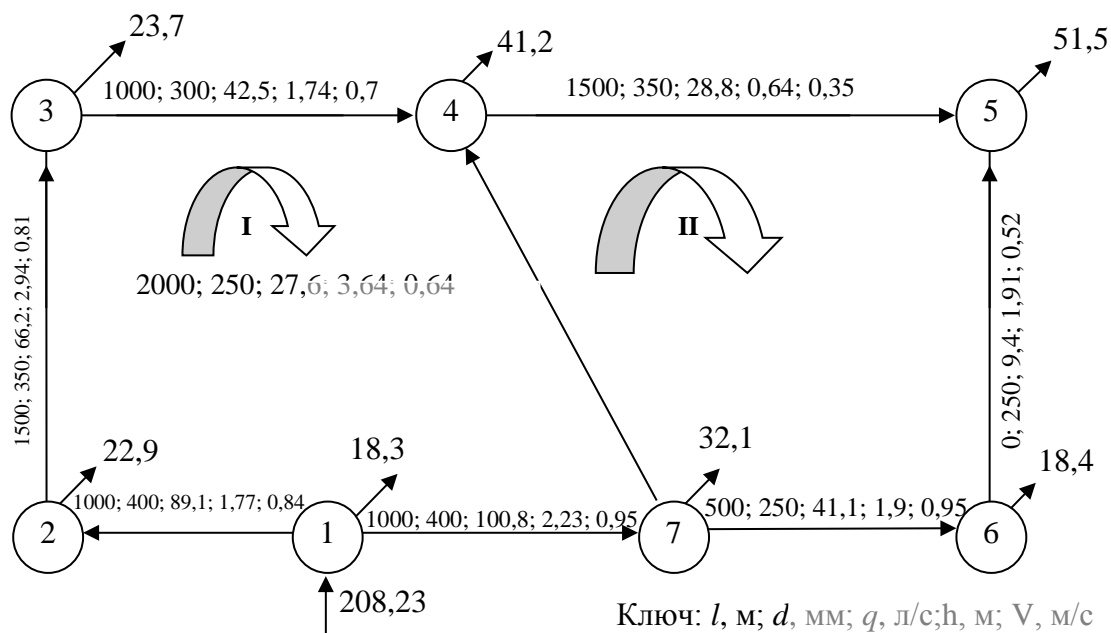


Рис. 2.6. Расчетная схема водопроводной сети с окончательно распределенными расходами при хозяйственно-производственном водопотреблении

### Увязка водопроводной сети при пожаре

Предварительное распределение расходов воды по участкам водопроводной сети при пожаре выполнено в п. 6 разд. 2.1. Расчетная схема показана на рис. 2.5. Увязка сети при пожаре выполняется так же, как это было сделано при расчете максимального хозяйственно-производственного водопотребления.

### 2.2. Увязка кольцевых водопроводных сетей на компьютере методом Лобачева – Кросса

Слушателям очного обучения предлагается в обязательном порядке выполнить гидравлический расчет водопроводной сети при пожаре с помощью компьютера. Для этого нужно воспользоваться программой ITG1, записанной в библиотеке учебных программ «ASOP» в компьютерных классах Академии ГПС МЧС России.

При использовании программы нужно иметь в виду следующее.

1. Нумерация колец сети производится в произвольном порядке.
2. При увязке сети, кольца которой имеют разное количество участков, диктующим будет кольцо с наибольшим количеством участков, а остальные кольца следует дополнить соответствующим числом участков так, чтобы количество участков во всех кольцах сети было одинаковым. Длины дополнительных участков следует задавать равными нулю, а диаметры и расходы – равными единице.

3. Нумерация участков в кольце выполняется произвольно, но общие участки для смежных колец должны иметь одинаковый номер. Если участок не является общим, то значение номера смежного кольца (прилегающего к данному участку) следует принимать равным нулю.

4. Начальные (предварительные) расходы определяются в результате распределения общего расхода воды, поступающей в сеть по отдельным участкам сети. При этом для каждого узла должно выполняться условие, которое можно сформулировать следующим образом: сумма расходов воды, подошедшей к узлу, равна сумме расходов воды, отошедшей от узла.

5. В каждом кольце вводится условно положительное направление (например, по часовой стрелке). Если направление предварительного расхода совпадает с условно положительным направлением, то предварительный расход вводится в компьютер со знаком «плюс», а если они противоположны, то со знаком «минус». Для удобства ввода в компьютер исходные данные следует подготовить в виде табл. 2.5.

Таблица 2.5

**Таблица подготовки исходных данных**

Количество колец =  
 Количество участков в кольце =  
 Допустимая невязка =  
 Материал труб =

Номер		Расход, л/с	Длина, м	Диаметр, м	Номер прилегающего кольца
кольца	участка				
I	1				
	2				
	3				
	·				
	·				
II	1				
	2				
	3				
	·				
	·				

6. Выходные параметры (результаты расчета) печатаются в виде табл. 2.6.

Если знак расхода на соответствующем участке в результате расчета не изменился по сравнению с начальным, определенным в п. 5, то направление потока воды тоже не изменилось. В противном случае начальное направление потока жидкости следует изменить на противоположное.

7. Потери напора в кольцевой сети определяются сложением потерь напора на отдельных участках (все потери берутся со знаком «плюс») при движении потоков воды от начальной точки (места подвода воды в сеть от насосной станции) к конечной по направлению движения потоков.

Таблица 2.6

**Таблица результатов расчета**  
Максимальная невязка =

Номер		Расход по участку, л/с	Потери напора на участке, м
кольца	участка		
I	1		
	2		
	3		
	·		
	·		
II	1		
	2		
	3		
	·		
	·		

**Пример.**

Пусть задана сеть, состоящая из двух колец (рис. 2.7). Номера участков обозначены цифрами в кружках, номера колец – просто цифрами. Наибольшее количество участков – пять в первом кольце. Второе кольцо должно быть дополнено участком (он отмечен «звездой») так, чтобы во втором кольце было тоже пять участков. Исходные данные для рассматриваемого примера показаны в табл. 2.7.

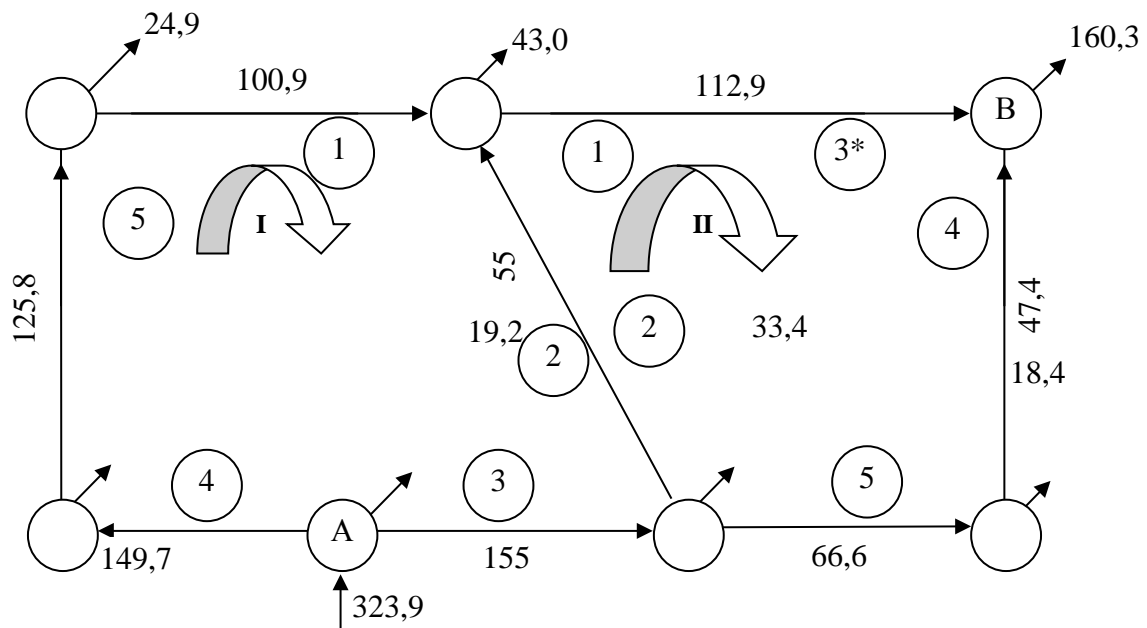


Рис. 2.7. Расчетная схема водопроводной сети при пожаре  
(для расчета на компьютере)

После ввода исходных данных в компьютер с дисплея они выводятся из компьютера в виде таблицы. В процессе расчета после каждой итерации печатается максимальная невязка, т.е. наибольшая из невязок для двух колец.

Величина максимальной невязки и результаты увязки сети после последней итерации выдаются на печать в виде табл. 2.8.

Таблица 2.7

**Исходные данные**

Материал труб = 5  
 Количество колец = 2  
 Количество участков в кольце = 5  
 Допустимая невязка = 0,1 м

Номер		Расход, л/с	Длина, м	Диаметр, м	Номер прилегающего кольца
кольца	участка				
I	1	100,90	1000	0,2790	0
	2	-55,00	2000	0,2350	II
	3	-155,00	1000	0,3680	0
	4	149,70	1000	0,3680	0
	5	125,80	1500	0,3220	0
II	1	112,90	1500	0,3220	0
	2	55,00	2000	0,2350	I
	3*	1,00	0	1,0000	0
	4	-47,40	1500	0,2350	0
	5	-66,60	500	0,2350	0

\* Дополнительный участок во II кольце.

Таблица 2.8

**Результаты расчета**

Максимальная невязка = 0,055 м

Номер		Расход, л/с	Потери напора, м
кольца	участка		
I	1	87,61	6,659
	2	-54,09	-12,608
	3	-168,29	-5,762
	4	136,41	3,895
	5	112,51	7,867
II	1	98,70	6,163
	2	54,09	12,007
	3	-13,20	0,0
	4	-61,60	-12,047
	5	-80,80	-6,670

Если идти по направлению движения потоков воды (по направлению стрелок) от начальной точки А к конечной точке В, то таких путей для данного примера будет три. Для любого из этих путей потери напора от А до В должны быть примерно одинаковы. Поэтому потери напора в сети можно принять равными потерям напора по одному из указанных путей, например по пути: участок 4 кольца I – участок 5 кольца I – участок 1 кольца I – участок 1 кольца II (см. рис. 2.7). Тогда потери напора в сети будут равны  $h_{с.пож} = 3,895 + 7,867 + 6,659 + 6,165 = 24,586 \approx 24,6$  м.

Расчетная схема водопроводной сети с окончательно распределенными расходами воды при пожаре показана на рис. 2.8.

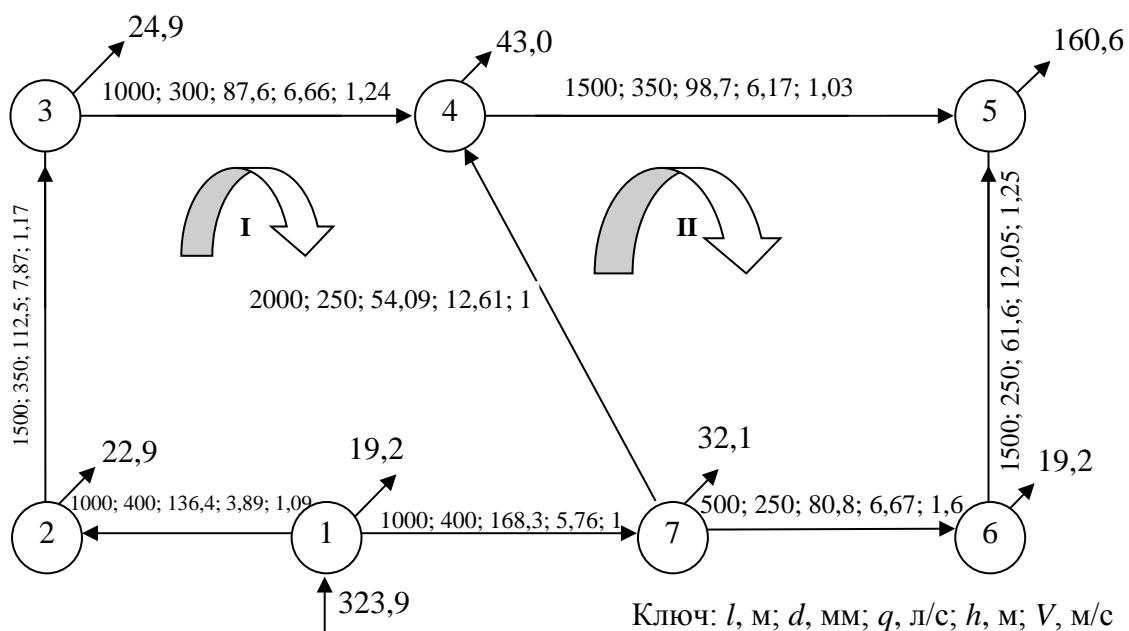


Рис. 2.8. Расчетная схема водопроводной сети с окончательно распределенными расходами воды при пожаре

При гидравлическом расчете водопроводной сети при пожаре предположим, что весь расход воды на пожаротушение отбирается в диктующей точке В (см. рис. 2.7). Такой вариант является наиболее неблагоприятным, с точки зрения отбора воды на пожаротушение. Но в действительности расход воды на пожаротушение ( $Q_{общ.пож} = 117,5$  л/с) необходимо отбирать от нескольких гидрантов. Если из каждого гидранта отбирается не более 30 л/с, то можно осуществлять пожаротушение, например, от четырех гидрантов, как показано на рис. 2.9. Как видно, во II кольце при этом получается 8 участков, поэтому при выполнении гидравлического расчета на компьютере в I кольцо необходимо добавить фиктивные участки 6, 7, 8. Исходные данные приведены в табл. 2.9.

## Данные для гидравлического расчета водопроводной сети с использованием ЭВМ

Исходные данные:

Количество колец = 2

Количество участков в кольце = 8

Допустимая невязка = 0,1

Материал труб = 5

Номер		Расход, л/с	Длина, м	Диаметр, м	Номер прилегающего кольца
кольца	участка				
I	1	100,90	1000	0,2790	0
	2	-55,00	2000	0,2350	II
	3	-155,00	1000	0,3680	0
	4	149,70	1000	0,3680	0
	5	125,80	1500	0,3220	0
II	1	112,90	1500	0,3220	0
	2	55,00	2000	0,2350	I
	3*	1,00	0	1,0000	0
	4	-47,40	1500	0,2350	0
	5	-66,60	500	0,2350	0

\* Дополнительный участок во II кольце.

Потери напора в сети для этого случая, определенные по табл. 2.10, будут составлять примерно 23,3 м, т.е. меньше, чем при отборе в диктующей точке 24,6 м. Таким образом, любой другой вариант отбора воды на пожаротушение, отличный от показанного на рис. 2.8, будет давать меньшие потери напора в водопроводной сети, т.е. всегда будет осуществим.

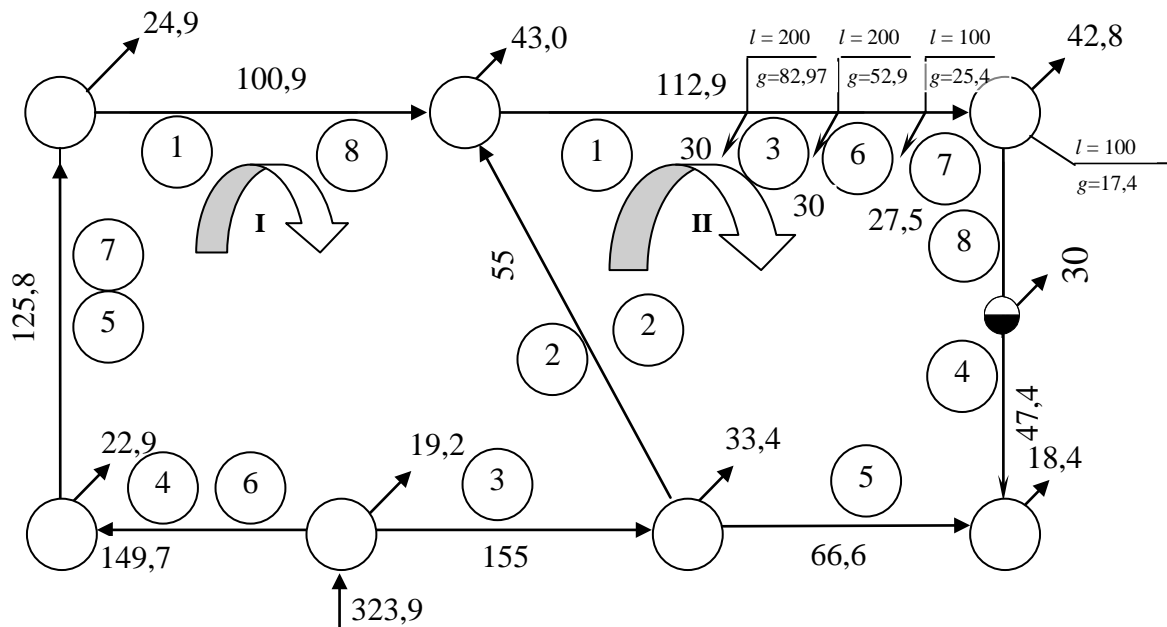


Рис. 2.9. Расчетная схема водопроводной сети с отбором воды от пожарных гидрантов (для расчета на компьютере)

Для расчета сложных (многокольцевых) систем как наружного, так и внутреннего водоснабжения на кафедре имеется более мощная компьютерная программа «Water.exe», которая автоматически выполняет первоначальное распределение расходов по участкам сети; увязывает потери напора в кольцах; определяет диктующую точку сети; подбирает диаметры трубопроводов, исходя из предельно допустимой скорости движения воды в них; подсчитывает суммарные гидравлические потери напора в каждом кольце и во всей сети в целом.

Программа работает в режиме диалога с пользователем, в ней имеется достаточно подробная динамическая справка о правилах подготовки исходных данных и порядке их обработки, а также все необходимые справочные данные о семи типах (сортаментах) трубопроводов.

Использование данной программы для решения учебных и практических задач возможно по согласованию с преподавателем.

Таблица 2.10

### Результаты гидравлического расчета

Материал труб = 5

Количество колец = 2

Количество участков в кольце = 8

Допустимая невязка = 0,1 м

Максимальная невязка = 0,0565 м

		Исходные данные				Результаты	
кольца	Номер участка	Расход, л/с	Длина, м	Диаметр, м	Номер прилегающего кольца	Расход, л/с	Потери напора
I	1	100,90	1000	0,2790	0	88,60	6,800
	2	-55,00	2000	0,2350	II	-55,08	-13,040
	3	-155,00	1000	0,3680	0	-167,30	-5,699
	4	149,70	1000	0,3680	0	137,40	3,948
	5	125,80	1500	0,3220	0	113,50	7,997
	6	1,00	0	1,0000	0	-11,30	0,000
	7	1,00	0	1,0000	0	-11,30	0,000
	8	1,00	0	1,0000	0	-11,30	0,000
II	1	112,90	1000	0,3220	0	100,68	4,265
	2	55,00	2000	0,2350	I	55,08	13,040
	3	82,00	200	0,3220	0	70,68	0,443
	4	-47,00	1500	0,2350	0	-59,62	-11,336
	5	-66,60	500	0,2350	0	-78,82	-6,367
	6	52,00	200	0,3220	0	40,68	0,160
	7	25,40	100	0,3220	0	13,18	0,010
	8	-17,40	100	0,2350	0	-29,62	-0,207

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ НС-II

Выбор режима работы насосной станции второго подъема (НС-II) определяется графиком водопотребления (рис. 3.1). В те часы, когда подача НС-II больше водопотребления поселка, избыток воды поступает в бак водонапорной башни, а в часы, когда подача НС-II меньше водопотребления поселка, недостаток воды восполняется за счет воды из бака водонапорной башни. Для обеспечения минимальной емкости бака график подачи воды насосами стремятся максимально приблизить к графику водопотребления. Однако частое включение и выключение насосов усложняет эксплуатацию насосной станции и отрицательно сказывается на электрической аппаратуре управления насосными агрегатами. Установка большой группы насосов с малой подачей приводит к увеличению площади НС-II и КПД насосов с меньшей подачей ниже, чем КПД насосов с большей подачей. Поэтому обычно принимают двух или трехступенчатый режим работы НС-II. При любом режиме работы НС-II подача насосов должна обеспечить полностью (100 %) потребление воды поселком. Примем двухступенчатый режим НС-II с подачей каждым насосом 2,5 % в час от суточного водопотребления (график 2, рис. 3.1). Тогда один насос за сутки подаст  $2,5 \cdot 24 = 60$  % суточного расхода воды. Второй насос должен подать  $100 - 60 = 40$  % суточного расхода воды и надо его включать на  $40/2,5 = 16$  ч.

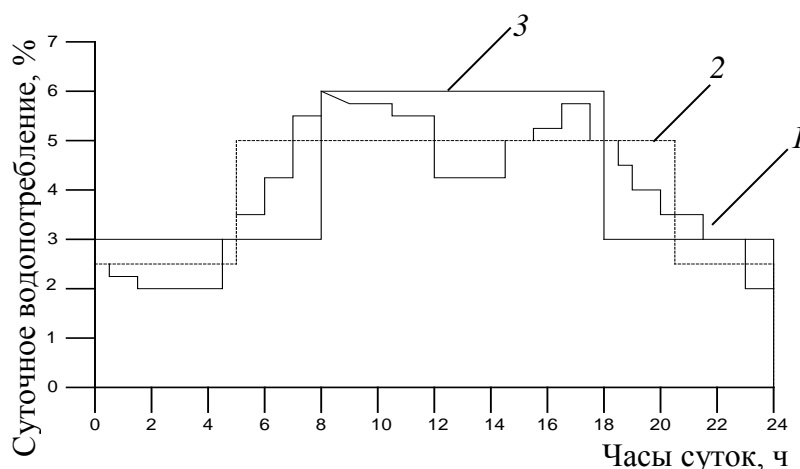


Рис. 3.1. Режим работы НС-II и график водопотребления:  
1 - график водопотребления; 2,3 – двухступенчатый режим работы НС-II с подачей каждым насосом соответственно 2,5% и 3% в час от суточного водопотребления

В соответствии с графиком водопотребления (см. рис. 3.1) предлагается второй насос включать в 5 ч и выключать в 21 ч. Этот режим работы НС-II нанесен на рис. 3.1 (график 2).

Для определения регулирующей емкости бака водонапорной башни составим табл. 3.1. В столбце 1 проставлены часовые промежутки, а в столбце 2 часовое водопотребление в процентах от суточного водопотреб-



ления в соответствии со столбцом 11 табл. 1.3. В столбце 3 подача насосов в процентах в соответствии с предложенным режимом работы НС-II (см. рис. 3.1).

Таблица 3.1

**Водопотребление и режим работы насосов**

Время суток	Часовое водопотребление (см. табл. 1.3, графа 11)	I вариант				II вариант			
		Подача насосов	Поступление в бак	Расход из бака	Остаток в баке	Подача насосов	Поступление в бак	Расход из бака	Остаток в баке
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0-1	2,46	2,5	0,04		0,04	3	0,54		0,54
1-2	2,27	2,5	0,23		0,27	3	0,73		1,27
2-3	2,05	2,5	0,45		0,72	3	0,95		2,22
3-4	2,09	2,5	0,41		1,13	3	0,91		3,13
4-5	2,95	2,5		0,45	0,68	3	0,05		3,18
5-6	3,73	5	1,27		1,95	3		0,73	2,45
6-7	4,42	5	0,58		2,53	3		1,42	1,03
7-8	5,14	5		0,14	2,39	3		2,14	-1,11
8-9	5,87	5		0,87	1,52	6	0,13		-0,98
9-10	5,82	5		0,82	0,7	6	0,18		-0,8
10-11	5,59	5		0,59	0,11	6	0,41		-0,39
11-12	5,51	5		0,51	-0,4	6	0,49		0,1
12-13	4,72	5	0,28		-0,12	6	1,28		1,38
13-14	4,64	5	0,36		0,24	6	1,36		2,74
14-15	4,92	5	0,08		0,32	6	1,08		3,82
15-16	5,15	5		0,15	0,17	6	0,85		4,67
16-17	5,55	5		0,55	-0,38	6	0,45		5,12
17-18	4,92	5	0,08		-0,3	4		0,92	4,2
18-19	4,74	5	0,26		-0,04	3		1,74	2,46
19-20	4,43	5	0,57		0,53	3		1,43	1,03
20-21	4,16	5	0,84		1,37	3		1,16	-0,13
21-22	3,64	2,5		1,14	0,23	3		0,64	-0,77
22-23	2,95	2,5		0,45	-0,22	3	0,05		-0,72
23-24	2,28	2,5	0,22		0	3	0,72		0
Всего	100								

Если подача насосов выше, чем водопотребление поселка, то разность этих величин записывается в столбец 4 (поступление в бак), а если ниже – в столбец 5 (расход из бака). Остаток воды в баке (столбец 6) к концу некоторого часового промежутка определяется как алгебраическая сумма данных столбцов 4 и 5 (положительных при поступлении воды в бак и отрицательных при расходе из него). Например, к концу первого часа в баке накопилось 0,04 % от суточного расхода воды, а к четвертому часу  $0,04 + 0,023 + 0,45 + 0,41 = 1,13$  % от суточного расхода воды. В четыре

часа водопотребление в поселке стало выше подачи насосов и к пятому часу в баке осталось  $1,13 - 0,45 = 0,68$  % суточного расхода воды. Регулирующая емкость бака будет равна сумме абсолютных значений наибольшей положительной и наименьшей отрицательной величины столбца 6.

В рассмотренном примере емкость бака башни получилась равной  $2,53 + |-0,4| = 2,93$  % от суточного расхода воды.

При выполнении курсовой работы рекомендуется проанализировать несколько режимов работы НС-II. Так, для приведенного графика водопотребления определим регулирующую емкость бака для ступенчатого режима работы НС-II с подачей, например, по 3 % суточного расхода воды каждым насосом. Один насос за 24 ч подаст  $3 \cdot 24 = 72$  % суточного расхода. На долю второго насоса приходится  $100 - 72 = 28$  % и он должен работать  $28/3 = 9,33$  ч. Второй насос предлагается включать с 8 до 17 ч 20 мин. Этот режим работы НС-II показан на графике рис. 3.1 линией 3. Регулирующая емкость бака (столбцы 7, 8, 9, 10 табл. 3.1) будет равна  $5,12 + |-1,11| = 6,23$  %, т.е. при этом режиме необходимо увеличение емкости бака водонапорной башни и окончательно выбираем режим работы НС-II по I варианту.

#### 4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОВОДОВ

Цель гидравлического расчета водоводов – определить потери напора при пропуске расчетных расходов воды. Водоводы, как и водопроводная сеть, рассчитываются на два режима работы: на пропуск хозяйственно-питьевых, производственных расходов воды в соответствии с режимом работы НС-II и на пропуск максимальных хозяйственно-питьевых, производственных расходов и расходов на пожаротушение с учетом требований п. 2.21 [9], п. 5.12 [10].

Методика определения диаметра труб водоводов такая же, как и диаметров труб водопроводной сети, изложенная в разд. 2. В рассматриваемом примере задано, что водоводы проложены из асбестоцементных труб и длина водоводов от НС-II до водонапорной башни  $l_{\text{вод}} = 1000$  м. Учитывая, что в примере принят неравномерный режим работы НС-II с максимальной подачей насосов  $P = 2,5 + 2,5 = 5$  % в час от суточного водопотребления, расход воды, который пойдет по водоводам, будет равен

$$Q'_{\text{вод}} = \frac{\sum Q_{\text{сут}}^{\text{об}} P}{100} = \frac{12762 \cdot 5}{100} = 638,1 \text{ м}^3/\text{ч} = 177,25 \text{ л/с}.$$

Так как водоводы следует прокладывать не менее чем в две линии, то расход воды по одному водоводу равен

$$Q_{\text{вод}} = \frac{Q'_{\text{вод}}}{2} = \frac{177,25}{2} = 88,6 \text{ л/с.}$$

При значении  $\varepsilon = 0,75$  из прил. 2 определяем диаметр водоводов  $d_{\text{вод}} = 0,3 \text{ м}$ ;  $d_p = 0,279 \text{ м}$ . Скорость воды в водоводе определяется из выражения  $V = Q/\omega$ , где  $\omega = \pi d_p^2/4$  – площадь живого сечения водовода.

При расходе  $Q_{\text{вод}} = 88,6 \text{ л/с}$  скорость движения воды в водоводе с расчетным диаметром  $0,279 \text{ м}$  будет равна

$$V = 4 \cdot Q / \pi d_p^2 = 4 \cdot 88,6 \cdot 10^{-3} / 3,14 \cdot 0,279^2 = 1,45 \text{ м/с.}$$

Потери напора определяются по формуле [9]

$$h = i \ell_{\text{вод}} = (A_1 / 2g) \left[ (A_0 + C/V)^m / d_p^{m+1} \right] V^2 \ell_{\text{вод}}.$$

Для асбестоцементных труб (прил. 10 [9])

$$m = 0,19; \quad A_1/2g = 0,561 \cdot 10^{-3}; \quad C = 3,51; \quad A_0 = 1.$$

Потери напора в водоводах составят:

$$h_{\text{вод}} = 0,561 \cdot 10^{-3} \left[ (1 + 3,51/1,445)^{0,19} / 0,279^{1,19} \right] 1,445^2 \cdot 1000 = 6,8 \text{ м.}$$

Общий расход воды в условиях пожаротушения в рассматриваемом примере равен  $Q''_{\text{пос.пр}} = 323,9 \text{ л/с}$ .

Расход воды в одной линии водоводов в условиях пожаротушения

$$Q_{\text{вод.пож}} = 323,9 / 2 = 162 \text{ л/с.}$$

При этом скорость движения воды в трубопроводе

$$V = 4 \cdot Q / \pi d_p^2 = 4 \cdot 162 \cdot 10^{-3} / 3,14 \cdot 0,279^2 = 2,65 \text{ м/с.}$$

и потери напора в водоводах при пожаре

$$h_{\text{вод.пож}} = 0,561 \cdot 10^{-3} \left[ (1 + 3,51/2,65)^{0,19} / 0,279^{1,19} \right] 2,65^2 \cdot 1000 = 21,7 \text{ м.}$$

Потери напора в водоводах ( $h_{\text{вод}}$ ,  $h_{\text{вод.пож}}$ ) будут учтены при определении требуемого напора хозяйственных и пожарных насосов.

## 5. РАСЧЕТ ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ

Водонапорная башня предназначена для регулирования неравномерности водопотребления, хранения неприкосновенного противопожарного запаса воды и создания требуемого напора в водопроводной сети.

## 5.1. Определение высоты водонапорной башни

Высота водонапорной башни определяется по формуле

$$H_{в.б} = 1,1h_c + H_{св} + z_{д.т} - z_{в.б},$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий потери напора в местных сопротивлениях (п. 4, прил. 10 [9]);  $h_c$  – потери напора в водопроводной сети при работе ее в обычное время;  $z_{д.т}$ ,  $z_{в.б}$  – геодезические отметки соответственно в диктующей точке и в месте установки башни. Минимальный напор  $H_{св}$  в диктующей точке сети при максимальном хозяйственно-питьевом водопотреблении на вводе в здание, согласно п. 2.26 [9], п. 5.11 [10], должен быть равен

$$H_{св} = 10 + 4 \cdot (n-1),$$

где  $n$  – число этажей.

В рассматриваемом примере  $h_c = 6,6$  м (см. разд. 2.1).

$$H_{св} = 10 + 4 \cdot (5-1) = 26 \text{ м} \quad \text{и} \quad z_{д.т} - z_{в.б} = 92 - 100 = -8 \text{ м},$$

$$H_{в.б} = 1,1 \cdot 6,6 + 26 - 8 = 25,3 \text{ м}.$$

## 5.2. Определение емкости бака водонапорной башни

Емкость бака водонапорной башни должна быть равна (п. 9.1 [9], п. 12.1 [10]).

$$W_б = W_{рег} + W_{н.з},$$

где  $W_{рег}$  – регулирующая емкость бака;  $W_{н.з}$  – объем неприкосновенного запаса воды, величина которого определяется в соответствии с п. 9.5 [9] из выражения

$$W_{н.з} = W_{н.з.п.ож}^{10 \text{ мин}} + W_{н.з.х-п}^{10 \text{ мин}},$$

где  $W_{н.з.п.ож}^{10 \text{ мин}}$  – запас воды, необходимый на 10-минутную продолжительность тушения одного наружного и одного внутреннего пожара;  $W_{н.з.х-п}^{10 \text{ мин}}$  – запас воды на 10 мин, определяемый по максимальному расходу воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды.

Регулирующий объем воды в таких емкостях, как резервуары, баки водонапорных башен, должен определяться на основании графиков поступления и отбора воды, а при их отсутствии – по формуле, приведенной в п. 9.2 [9]. В нашем примере определен график водопотребления и предложен режим работы НС-II, для которого регулирующий объем бака водонапорной башни составил  $K = 2,93$  % от суточного расхода воды в поселке (см. разд. 3):

$$W_{\text{пер}} = (K \sum Q_{\text{сут}}^{\text{об}}) / 100 = (2,93 \cdot 12762) / 100 = 374 \text{ м}^3,$$

где  $\sum Q_{\text{сут}}^{\text{об}} = 12762 \text{ м}^3/\text{сут}$  (см. табл. 1.3).

Так как наибольший расчетный расход воды требуется на тушение одного пожара на предприятии, то

$$W_{\text{нз.пж}}^{10\text{мин}} = \frac{Q_{\text{пж}}^{\text{пр}} \cdot 10 \cdot 60}{1000} = \frac{(40 + 10)10 \cdot 60}{1000} = 30 \text{ м}^3.$$

Согласно табл. 1.3,

$$W_{\text{н.з.х-п}}^{10\text{ мин}} = \frac{Q_{\text{пос.пр}} 10}{60} = \frac{749,62 \cdot 10}{60} = 125 \text{ м}^3.$$

Таким образом,

$$W_{\text{нз}} = 30 + 125 = 155 \text{ м}^3 \quad \text{и} \quad W_6 = 374 + 155 = 529 \text{ м}^3.$$

По прил. 3 принимаем типовую водонапорную башню высотой 27,5 м с баком емкостью  $W_6 = 800 \text{ м}^3$ .

Зная емкость бака, определяем его диаметр и высоту:

$$D_6 = 1,24 \sqrt[3]{W_6}; \quad H_6 = 1,5 H_6.$$

В рассматриваемом примере эти величины составят:

$$D_6 = 1,24 \sqrt[3]{800} = 11,5 \text{ м}; \quad H_6 = 11,5 / 1,5 = 7,7 \text{ м}.$$

Принципиальная схема водонапорной башни и ее оборудования показана на рис. 5.29 учебника [13]. При выполнении курсового проекта (или курсовой работы) необходимо привести эту схему, проставить полученные в результате расчетов размеры ствола и бака водонапорной башни, указать уровень НЗ, пояснить назначение оборудования и предложить способ сохранения НЗ.

## 6. РАСЧЕТ РЕЗЕРВУАРОВ ЧИСТОЙ ВОДЫ

Резервуары чистой воды предназначены для регулирования неравномерности работы насосных станций I и II подъема и хранения неприкосновенного запаса воды на весь период пожаротушения:

$$W_{\text{р.ч.в}} = W_{\text{пер}} + W_{\text{нз}}.$$

Регулирующая емкость резервуаров чистой воды может быть определена на основе анализа работы насосных станций I и II подъема.

Режим работы НС-I обычно принимается равномерным, так как такой режим наиболее благоприятен для оборудования НС-I и сооружений для обработки воды. При этом НС-I, так же как и НС-II, должна подать все 100 % суточного расхода воды в поселке. Следовательно, часовая подача воды НС-I составит  $100/24 = 4,167$  % от суточного расхода воды в поселке. Режим работы НС-II приведен в разд. 3.

Для определения  $W_{\text{рег}}$  воспользуемся графоаналитическим способом. Для этого совместим графики работы НС-I и НС-II (рис. 6.1). Регулирующий объем резервуаров чистой воды в процентах от суточного расхода воды равен площади «а» или равновеликой ей сумме площадей «б».

$$W_{\text{рег}} = (5 - 4,167) 16 = 13,3 \text{ \%} \quad \text{или}$$

$$W_{\text{рег}} = (4,167 - 2,5) 5 + (4,167 - 2,5) 3 = 13,3 \text{ \%} .$$

В рассматриваемом примере суточный расход воды составляет  $12762 \text{ м}^3$  и регулирующий объем резервуара чистой воды будет равен

$$W_{\text{рег}} = (12762 \cdot 13,3) / 100 = 1697 \text{ м}^3 .$$

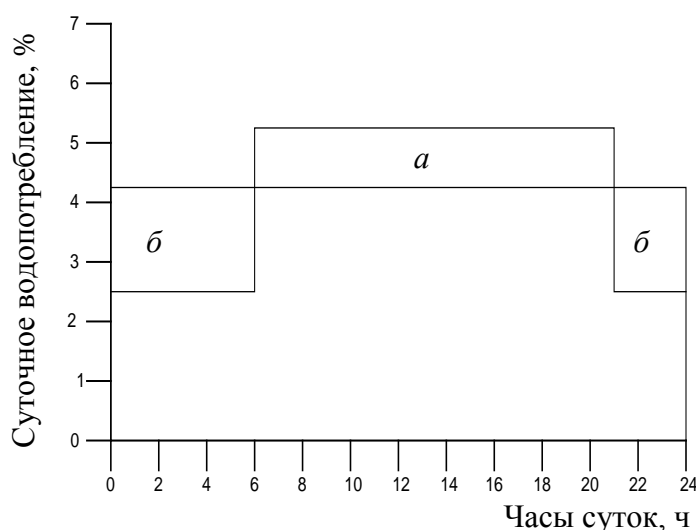


Рис. 6.1. Режим работы НС-II и НС-I:

*a* – поступление воды в резервуар; *б* – убыль воды из резервуара

Неприкосновенный запас воды  $W_{\text{н.з}}$  в соответствии с п. 9.4 [9], 9.3 [10] определяется из условия обеспечения пожаротушения из наружных гидрантов и внутренних пожарных кранов (пп. 2.12-2.17, 2.20, 2.22-2.24 [9]; пп. 5.1- 5.9, 5.12-5.15, 6.1-6.3 [10]), а также из специальных средств пожаротушения (спринклеров, дренчеров и других аппаратов, не имеющих собственных резервуаров), согласно пп. 2.18 и 2.19 [9], пп. 5.10 и 5.11 [10], и обеспечения максимальных хозяйственно-питьевых и производственных нужд на весь период пожаротушения с учетом требований п. 2.21 [9], 5.12

[10].

Таким образом,  $W_{н.з} = W_{н.з.пож} + W_{н.з.х-п}$ .

При определении объема неприкосновенного запаса воды в резервуарах допускается учитывать пополнение их водой во время тушения пожара, если подача воды в резервуары осуществляется системами водоснабжения I и II категории по степени обеспеченности подачи воды, т.е.

$$W_{н.з} = (W_{н.з.пож} + W_{н.з.х-п}) - W_{н.с-1}.$$

В нашем примере

$$W_{н.з.пож} = \frac{Q_{пож.рас} \tau_T \cdot 3600}{1000} = \frac{117,5 \cdot 3 \cdot 3600}{1000} = 1269 \text{ м}^3,$$

где  $\tau_T = 3$  ч – расчетная продолжительность тушения пожара (п. 2.24 [9], п. 6.3 [10]).

При определении  $Q_{пос.пр}$  не учитываются расходы на поливку территории, прием душа, мытье полов и мойку технического оборудования на промышленном предприятии, а также расходы воды на поливку растений в теплицах, т.е. если эти расходы воды попали в час максимального водопотребления, то их следует вычесть из общего расхода воды (п. 2.21 [9], 5.12 [10]). Если при этом  $Q_{пос.пр}$  окажется ниже, чем водопотребление в какой-либо другой час, когда душ не работает, то максимальный расход воды следует принимать в соответствии со столбцом 10 табл. 1.3.

В приведенном примере  $Q'_{пос.пр} - Q_{душ} = 749,62 - 35 = 714,62 \text{ м}^3/\text{ч}$ , что меньше водопотребления в следующий час (т.е. с 9 до 10 ч) –  $743,03 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Поэтому при расчете неприкосновенного запаса на хозяйственно-питьевые нужды принимаем

$$Q'_{пос.пр} = 743,03 \text{ м}^3 \text{ и } W_{н.з.х-п} = Q'_{пос.пр} \tau_T = 743,03 \cdot 3 = 2229 \text{ м}^3.$$

Во время тушения пожара насосы насосной станции I подъема работают и подают в час 4,167 % суточного расхода воды, а за время  $\tau_T$  будет подано

$$W_{н.с-1} = \frac{Q_{сут}^{об} 4,167 \tau_T}{100} = \frac{12762 \cdot 4,167 \cdot 3}{100} = 1595 \text{ м}^3.$$

Таким образом, объем неприкосновенного запаса воды будет равен

$$W_{н.з} = (1269 + 2229) - 1595 = 1903 \text{ м}^3.$$

Полный объем резервуаров чистой воды

$$W_{р.ч.в} = 1697 + 1903 = 3600 \text{ м}^3.$$

Согласно п. 9.21 [9], 9.7 [10]) общее количество резервуаров должно быть не менее двух, причем уровни НЗ должны быть на одинаковых отметках, при выключении одного резервуара в остальных должно храниться не менее 50% НЗ, а оборудование резервуаров должно обеспечивать воз-

возможность независимого включения и опорожнения каждого резервуара.

Принимаем два типовых резервуара объемом 1800 м<sup>3</sup> каждый (прил. 4). Оборудование резервуаров – см. с. 180-184 учебника [13]. Общий вид типового железобетонного резервуара показан на рис. 5.27 [13], а камер переключения – на рис. 6.2 и 6.3.

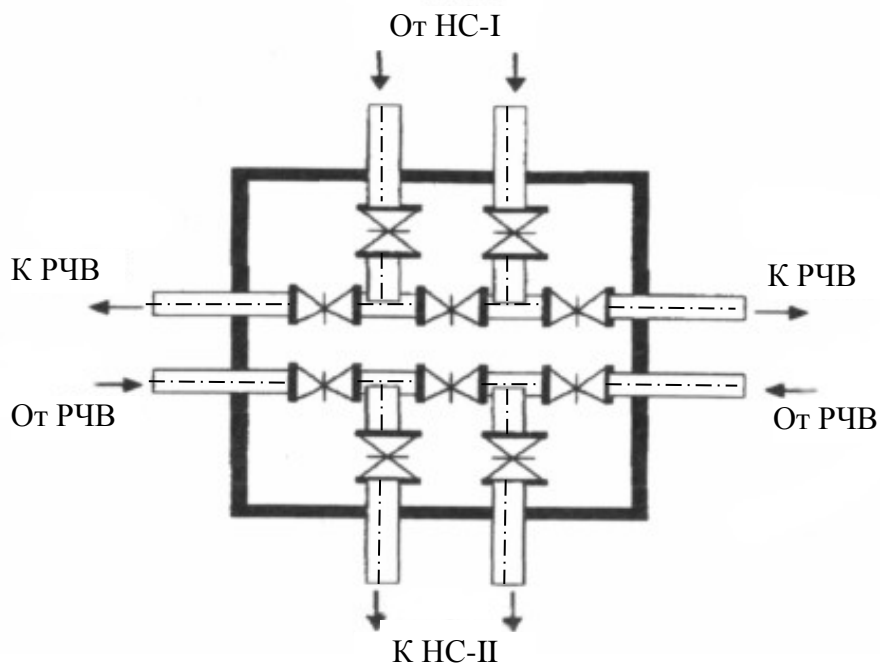


Рис. 6.2. План камеры переключения резервуара чистой воды для НС-II низкого давления

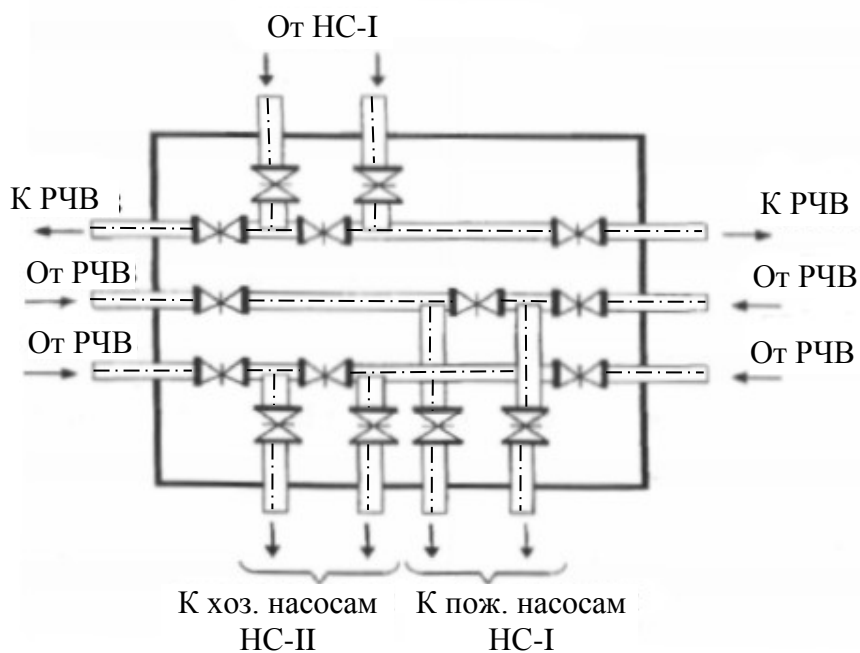


Рис. 6.3. План камеры переключения РЧВ для НС-II высокого давления



## 7. ПОДБОР НАСОСОВ ДЛЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ВТОРОГО ПОДЪЕМА

Из расчета следует, что НС-II работает в неравномерном режиме с установкой в ней двух основных хозяйственных насосов, подача которых будет равна

$$Q_{\text{хоз.нас}} = \frac{\sum Q_{\text{сут}}^{\text{об}} \cdot 2,5}{100} = (12762 \cdot 2,5) / 100 = 319 \text{ м}^3/\text{ч} = 88,6 \text{ л/с.}$$

Необходимый напор хозяйственных насосов определяем по формуле

$$H_{\text{хоз.нас}} = 1,1 h_{\text{вод}} + H_{\text{в.б}} + H_{\text{б}} + (z_{\text{в.б}} - z_{\text{н.с}}),$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий потери напора в местных сопротивлениях (п. 4, прил. 10 [9]);  $h_{\text{вод}}$  – потери напора в водоводах, м;  $H_{\text{в.б}}$  – высота водонапорной башни, м (см. разд. 5);  $H_{\text{б}}$  – высота бака водонапорной башни, м;  $z_{\text{в.б}}$  и  $z_{\text{н.с}}$  – геодезические отметки, соответственно, места установки башни и НС-II (см. схему водоснабжения).

Тогда  $H_{\text{хоз.нас}} = 1,1 \cdot 6,8 + 27,5 + 7,70 + (100 - 96) = 46,7 \text{ м.}$

Напор насосов при работе во время пожара определяем по формуле

$$H_{\text{пож.нас}} = 1,1(h_{\text{вод.пож}} + h_{\text{с.пож}}) + H_{\text{св}} + (z_{\text{д.т}} - z_{\text{н.с}}),$$

где  $h_{\text{вод.пож}}$  и  $h_{\text{с.пож}}$  – соответственно потери напора в водоводах и водопроводной сети при пожаротушении, м;  $H_{\text{св}}$  – свободный напор у гидранта, расположенного в диктующей точке, м. Для водопроводов низкого давления  $H_{\text{св}} = 10 \text{ м}$ ;  $z_{\text{д.т}}$  – геодезическая отметка в диктующей точке, м.

Тогда  $H_{\text{пож.нас}} = 1,1(21,7 + 24,6) + 10 + (92 - 96) = 56 \text{ м.}$

Выбор типа НС-II (низкого или высокого давления) зависит от соотношения требуемых напоров при работе водопровода в обычное время и при пожаре.

Если  $H_{\text{пож.нас}} - H_{\text{хоз.нас}} > 10 \text{ м}$ , то насосную станцию строят по принципу высокого давления, т.е. устанавливают пожарные насосы, обеспечивающие  $H_{\text{пож.нас}}$ , и, следовательно, более высоконапорные, чем хозяйственные. При включении пожарных насосов в общий напорный коллектор обратные клапаны у хозяйственных насосов перекроются, подача воды хозяйственными насосами прекратится и их надо отключить. Поэтому в НС-II высокого давления пожарный насос должен обеспечить подачу не только расхода воды на пожаротушение, а подачу полного расчетного расхода воды в условиях пожаротушения, т.е. суммарный хозяйственно-питьевой, производственный и пожарный расход воды.

Если  $H_{\text{пож.нас}} - H_{\text{хоз.нас}} \leq 10 \text{ м}$ , то насосную станцию строят по принципу низкого давления. В обычное время работает один или группа хозяйственных насосов. При пожаре включается в работу дополнительный насос с таким же напором, что и хозяйственные насосы, обеспечивающий подачу

расхода воды на пожаротушение. От типа насосной станции зависит устройство камер переключения (см. рис. 6.2, 6.3).

Так как в нашем примере  $H_{\text{пож.нас}} - H_{\text{хоз.нас}} = 10$  м, то НС-II строится по принципу низкого давления. Подбор марок насосов можно выполнять по сводному графику полей  $Q - H$  (прил.5 и 6). На графике по оси абсцисс отложена подача насосов, по оси ординат напор и для каждой марки насосов приведены поля, в пределах которых могут изменяться эти величины. Поля образованы следующим образом. Верхняя и нижняя границы – это соответственно характеристики  $Q - H$  для данной марки насоса с наибольшим и с наименьшим диаметром рабочего колеса в выпускаемой серии. Боковые границы полей ограничивают область оптимального режима работы насосов, т.е. область, соответствующую максимальным значениям коэффициента полезного действия. При выборе марки насоса необходимо учесть, что расчетные значения подачи и напора насоса должны лежать в пределах его поля  $Q - H$ .

Предлагаемые насосные агрегаты должны обеспечивать минимальную величину избыточных напоров, развиваемых насосами при всех режимах работы, за счет использования регулирующих емкостей, регулирования числа оборотов, изменения числа и типа насосов, обрезки и замены рабочих колес в соответствии с изменением условий их работы в течение расчетного срока (п. 7.2 [9]).

Категорию насосной станции по подаче воды следует принимать по п. 7.1, а количество резервных агрегатов по табл. 32, п. 7.3 [9]. При определении количества резервных агрегатов надо учитывать, что в количество рабочих агрегатов включаются пожарные насосы. В насосных станциях высокого давления при установке специальных пожарных насосов следует предусматривать один резервный пожарный агрегат.

Расчетные значения подачи и напора, принятые марки и количество насосов, категория насосной станции приводятся в табл. 7.1.

Таблица 7.1

**Основные характеристики насосов**

Тип насосов	Расчетная подача насоса, л/с	Расчетный напор насоса, м	Принятая марка насоса	Категория НС-II	Количество насосов	
					рабочих	резервных
Хозяйственный	88,6	46,7	Д500-65	Обоснование НС- II	2	2
Пожарный (добавочный)	117,5	56	Д500-65	Подает воду непосредственно в сеть объединенного противопожарного водопровода	1	-

При выполнении чертежа НС-II габаритные размеры и диаметры патрубков центробежных насосов принимаются по прил. 5 или 6. На чертеже выполнить план камеры переключения, соответствующей выбранному типу НС-II (высокого или низкого давления).

## 8. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОБЪЕДИНЕННОГО ХОЗЯЙСТВЕННО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО И ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОПРОВОДА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

В этой части курсового проекта необходимо решить следующие задачи:

1. Обосновать необходимость устройства внутреннего противопожарного водоснабжения.
2. Определить минимальные расходы воды на внутреннее пожаротушение.
3. Выбрать диаметры внутренних пожарных кранов, насадков пожарных стволов.
4. Обосновать выбор тупиковой или кольцевой системы внутреннего водопровода (разводку магистралей принять нижнюю).
5. Произвести размещение внутренних пожарных кранов.
6. Выполнить гидравлический расчет внутреннего водопровода.
7. Выбрать тип пожарных насосов, если в результате расчета установлена необходимость использования таких насосов.
8. Выполнить чертеж формата А1, на котором показать в масштабе расчетную схему внутреннего водопровода, план здания с размещением внутренних пожарных кранов, аксонометрическую схему внутреннего водопровода, схему определения радиуса действия пожарного крана.

При выполнении курсового проекта следует принять:

1. Производственное здание II степени огнестойкости.
2. Категория здания по пожарной опасности – В.
3. Высота помещения – 6 м.

Другие исходные данные принимаются по табл. 8.1.

Таблица 8.1

**Исходные данные для внутреннего водопровода**

<b>Последняя цифра номера зачетной книжки</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>0</b>
Расход воды на хозяйственно-производственные цели, л/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Гарантированный напор в наружном водопроводе, м	10	15	20	10	15	20	10	15	20	10
<b>Предпоследняя цифра номера зачетной книжки</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>0</b>
Количество этажей	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
Ширина здания, м	18	24	24	30	30	18	24	24	30	30
Длина здания, м	60	60	90	90	120	60	60	90	90	120

## 8.1. Методика гидравлического расчета внутреннего водопровода производственного здания

Системы внутреннего водопровода (хозяйственно-питьевого, производственного, противопожарного) проектируют в целях обеспечения водой производственных, вспомогательных, жилых и общественных зданий, оборудуемых соответствующими системами канализации. Системы внутреннего водопровода включают: вводы, водомерные узлы, стояки, магистральную и разводящую сеть с подводками к санитарным приборам или технологическим установкам, водоразборную и регулирующую арматуру.

В зависимости от назначения, местных условий и технологии производства в систему внутреннего водопровода могут входить насосные установки и водонапорные баки, резервуары и другие сооружения, расположенные как внутри здания, так и около него. Выбор системы внутреннего водопровода следует производить в зависимости от технико-экономической целесообразности, санитарно-гигиенических и противопожарных требований, а также с учетом принятой системы наружного водопровода и требований технологии производства.

Гидравлический расчет внутренних водопроводов проводят в следующем порядке:

1. Определяют минимальные расходы воды  $Q_{\min}$  и число пожарных стволов по табл. 1 и 2 [6] или другим нормативным документам.

2. Определяют давление у внутренних пожарных кранов  $P_{п.к}$ , которые должны обеспечить получение компактных пожарных струй высотой, необходимой для тушения пожара в любое время суток в самой высокой и удаленной части здания. Наименьшую высоту и радиус действия компактной части пожарной струи  $R_k$  следует принимать равными высоте помещений, считая от пола до наивысшей точки перекрытия (покрытия), но не менее нормативных величин (п. 4.1.8 [6]).

Требуемый радиус компактной части струи  $R_k$  (рис. 8.1)

$$R_k = \frac{(T - 1,35)}{\sin \alpha},$$

где  $T$  – высота помещения;  $\alpha$  – угол наклона радиуса действия компактной части струи (практика тушения пожаров внутри зданий показывает, что в большинстве случаев  $\alpha = 45 \div 70^\circ$ ).

По величине радиуса действия компактной струи  $R_k$  для выбранного диаметра пожарного крана и насадка по табл. 3 [6] находят действительный расход (он не должен быть менее нормативного) пожарной струи  $Q_d$  и требуемое давление у пожарного крана  $P_{п.к}$  при соответствующей длине пожарного рукава  $l_p$ .

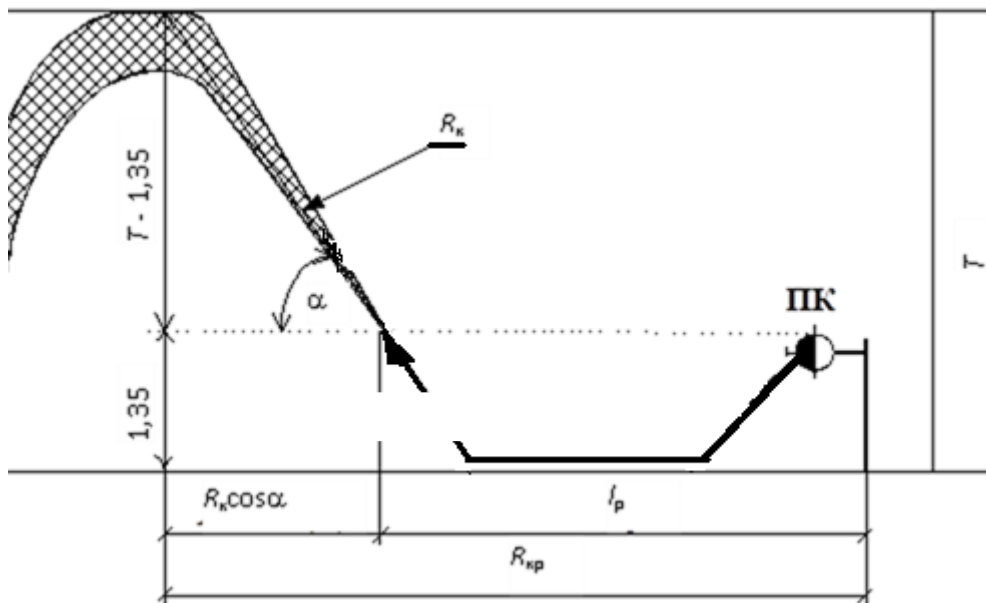


Рис. 8.1. Определение радиуса компактной части струи  $R_k$  и радиуса действия пожарного крана  $R_{кр}$

3. Выполняют размещение пожарных кранов и их оборудования. Внутренние пожарные краны устанавливают на высоте 1,35 м над полом помещения преимущественно у входов, на площадках отапливаемых лестничных клеток, в вестибюлях, коридорах и других наиболее доступных местах. Каждый пожарный кран должен быть снабжен пожарным рукавом одинакового с ним диаметра длиной 10, 15 или 20 м, пожарным стволом и размещаться в опломбированном шкафчике. В одном здании следует применять стволы с насадками одного диаметра и пожарные рукава одного диаметра.

Если расход пожарной струи 4 л/с, принимают пожарные краны диаметром 50 мм, при расходе более 4 л/с – 65 мм.

Для обеспечения условий орошения помещения пожарные краны должны устанавливаться на расстоянии (рис. 8.3), равном

$$L_{кр} = k \sqrt{\left(\sqrt{R_k^2 - (T - 1,35)^2} + l_p\right)^2 - \left(\frac{B}{2}\right)^2} = \sqrt{R_{кр}^2 - \left(\frac{B}{2}\right)^2},$$

где  $L_{кр}$  – расстояние между пожарными кранами;  $k$  – коэффициент, учитывающий условия орошения и принимаемый равным:  $k = 1$  – при орошении каждой точки помещения двумя струями;  $k = 2$  – при орошении каждой точки помещения одной струей;  $R_k$  – радиус действия компактной части струи;  $l_p$  – длина пожарного рукава;  $B$  – ширина здания;  $T$  – высота помещения;  $R_{кр}$  – радиус действия пожарного крана; 1,35 – высота расположения пожарного ствола. Зная необходимое расстояние между пожарными

кранами, определяют их количество.

4. Составляют аксонометрическую схему. Трассировка водопроводной сети может осуществляться по схеме с нижней и верхней разводкой магистралей при вертикально расположенных стояках. Наиболее распространенными являются схемы с нижней разводкой (рис. 8.2).

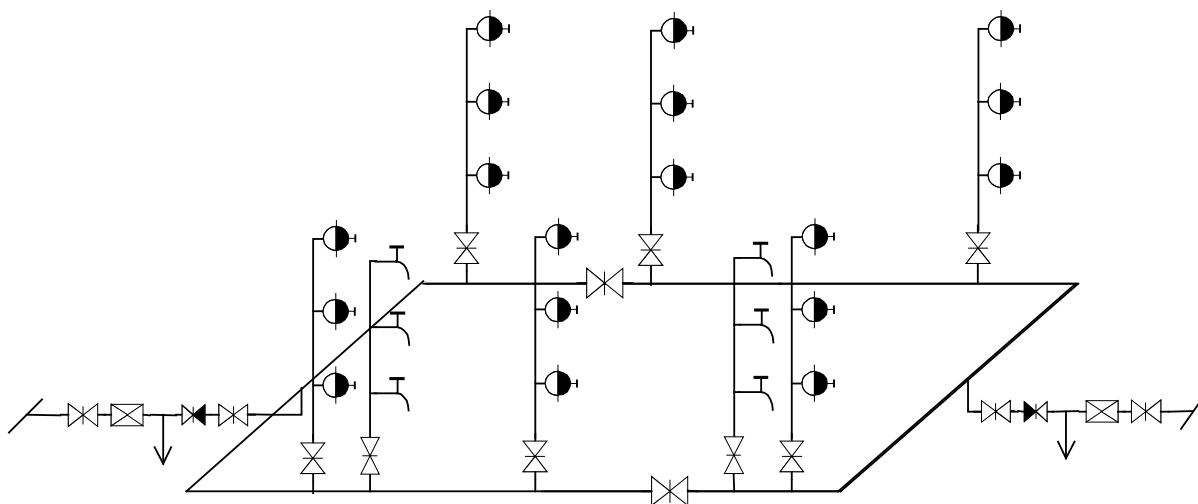


Рис. 8.2. Водопроводная сеть с нижней разводкой магистралей

Такую трассировку сети применяют в жилых, общественных зданиях и промышленных цехах. В этом случае магистраль прокладывается под потолком подвала или под полом первого этажа в специальных каналах. Стояки прокладывают открыто или скрыто по стенам, в панелях и т. д. Системы внутренних водопроводов холодной воды следует принимать тупиковыми, если допускается перерыв в подаче воды при числе пожарных кранов до 12. Кольцевые сети (число пожарных кранов 12 и более) должны быть присоединены к наружной водопроводной сети не менее чем двумя вводами.

В соответствии с трассировкой трубопроводов (места установки пожарных кранов и стояков хозяйственно-питьевого и производственного водопотребления) составляют аксонометрическую схему водопроводной сети и намечают на ней расчетные участки, а также расчетные направления движения воды (рис. 8.4). При этом за расчетный участок принимают отрезок сети, в пределах которого величина расхода и диаметр трубопровода не изменяются. Каждый стояк (распределительная сеть) считается одним расчетным участком. За расчетное направление принимают направление движения воды от ввода до самого удаленного и высоко расположенного пожарного крана (диктующая точка).

5. Определяют расходы воды по расчетным участкам с приборами

хозяйственно-питьевого или производственного назначения по формулам, сосредотачивая эти расходы в точках присоединения распределительной сети к магистрали.

6. Производят предварительное распределение сосредоточенных расходов по участкам магистральной сети.

7. Задаются диаметрами труб для пропуска расчетных расходов воды с учетом допустимых экономических скоростей.

В водопроводных сетях скорости движения воды  $v$  не должны превышать 1,5 - 2,0 м/с. Диаметры труб могут быть определены по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}.$$

8. Выполняют расчет магистральной сети. Кольцевую сеть рассчитывают по обычным правилам при условии отключения одного из вводов. Потери напора подсчитываются по формуле

$$h = A l Q^2.$$

9. Подбирают водомер (счетчик холодной воды). Водомеры необходимо подбирать на максимальный расчетный расход воды (с учетом пожарного расхода). Водомер считается подобранным правильно, если потери напора при пропуске расходов воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды не превышают в крыльчатых счетчиках холодной воды 5 м, турбинных – 2,5 м и при пожаре – соответственно 10 м и 5 м. Потери напора в водомерах определяются по формуле

$$h_{\text{вод}} = S Q^2,$$

где  $S$  – гидравлическое сопротивление счетчика, принимаемое по табл. 3, прил. 7;  $Q$  – расчетный расход.

10. Определяют потери напора в пожарном стояке, на вводе и по всей длине расчетного направления.

11. Вычисляют требуемый напор у ввода по формуле

$$H_{\text{тр.пож}} = k(h_c + h_{\text{вв}}) + h_{\text{вод}} + H_{\text{св}} + \Delta z,$$

где  $h_c$  – потери напора в сети внутреннего водопровода;  $h_{\text{вв}}$  – потери напора на вводе;  $h_{\text{вод}}$  – потери напора на водомере;  $H_{\text{св}}$  – свободный напор в диктующей точке водопроводной сети;  $\Delta z$  – разность отметок наиболее высоко расположенного водоразборного устройства (пожарного крана) и ввода;  $k$  –

коэффициент, учитывающий потери напора на местные сопротивления п. 7.7 [5].

Сравнивают величину требуемого напора  $H_{\text{тр.пож}}$  с величиной гарантированного напора  $H_{\text{г}}$  в наружной водопроводной сети, а если выясняется недостаток гарантированного напора  $H_{\text{тр.пож}} > H_{\text{г}}$ , то предусматривают установку пожарных насосов. Насосы подбираются по каталогу (по расчетному расходу и напору).

## 8.2. Пример гидравлического расчета внутреннего объединенного хозяйственно-производственного и противопожарного водопровода производственного здания

Рассчитать объединенный хозяйственно-производственный противопожарный водопровод двухэтажного производственного здания II степени огнестойкости с категорией здания В-II с высотой помещений 8,2 м и размерами в плане 24×60 м (объем 23616 м<sup>3</sup>). На хозяйственно-питьевые и производственные нужды вода подается по двум стоякам с расходом  $q = 4$  л/с. Гарантированный напор в наружной сети 20 м.

1. Определяем нормативный расход и число пожарных струй по табл. 2 СП 10.13130.2009. На внутреннее пожаротушение в производственном здании высотой до 50 м требуется 2 струи по 5 л/с:

$$Q_{\text{вн}} = 2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. Определим требуемый радиус компактной части струи при угле наклона струи  $\alpha = 60^\circ$ :

$$R_{\text{к}} = \frac{T - 1,35}{\sin \alpha} = \frac{8,2 - 1,35}{\sin 60^\circ} = 8 \text{ м}.$$

Так как расход пожарной струи больше  $4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ , то водопроводная сеть должна оборудоваться пожарными кранами диаметром 65 мм со стволами, имеющими насадки 19 мм, и рукавами длиной 20 м. При этом в соответствии с табл. 3 [5] действительный расход струи будет равен  $5,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ , давление у пожарного крана 0,199 МПа, а компактная часть струи  $R_{\text{к}} = 12 \text{ м}$ .





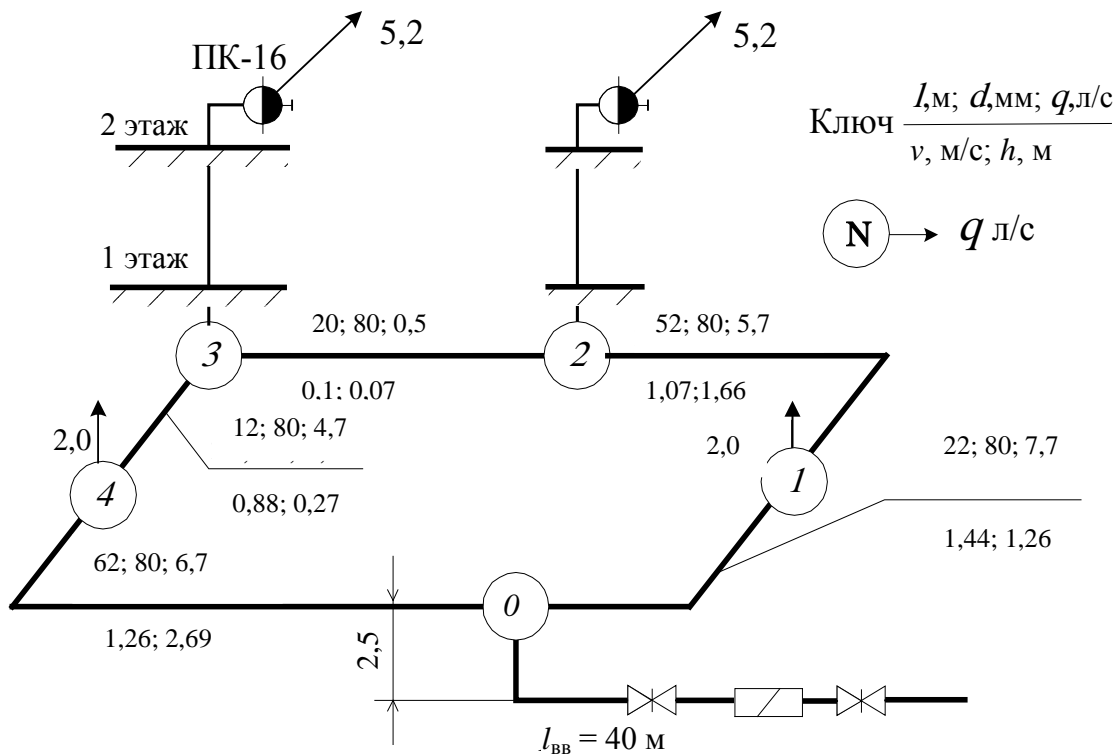


Рис. 8.4. Расчетная схема внутреннего водопровода

6. Распределим сосредоточенные расходы по участкам магистральной сети, как показано на рис. 8.4, принимая за точку схода точку 3.

7. Определим диаметры труб. Для определения диаметров труб магистральной сети воспользуемся формулой  $d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$ , где  $v = 1,5 \text{ м/с}$ . Диаметр труб на участке 0-1 с максимальным расходом  $7,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ .

$$d_c = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,7 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 1,5}} = 0,81 \cdot 10^{-1} \text{ м} = 81 \text{ мм.}$$

Диаметр труб для вводов

$$d_{\text{BB}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 14,4 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 1,5}} = 1,1 \cdot 10^{-1} \text{ м} = 110 \text{ мм.}$$

Принимаем трубы стальные диаметром 80 мм для магистральной сети и трубы чугунные диаметром 100 мм для вводов.

8. Производим расчет кольцевой магистральной сети. Потери напора определяем по формуле  $h = \delta \lambda l Q^2$ , где  $\delta$  – поправочный коэффициент, учи-

тывающий неквадратичность зависимости потерь напора от средней скорости движения воды (табл. 2 прил. 7);  $A$ – удельное сопротивление труб  $(с/м^3)^2$ ;  $l$ – длина участка водопровода, м;  $Q$ – расход воды, м<sup>3</sup>/с.

Значения  $A$  и  $\delta$  приведены в табл. 1,2 прил. 7.

Результаты вычислений сводим в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Направления	Участки	$l$ , м	$d$ , мм	$A$	$h = A l Q^2$	$Q \cdot 10^3$ , м <sup>3</sup> /с	$V$ , м/с	$\delta$	$h = \delta A l Q^2$ , м
I	0 - 1	22	80	965,6	1,26	7,7	1,44	1,00	1,26
	1 - 2	52	80	965,6	1,63	5,7	1,07	1,02	1,66
	2 - 3	20	80	965,6	0,05	0,5	0,1	1,42	0,07
									$\sum h_I = 2,99$ м
II	0 - 4	62	80	965,6	2,69	6,7	1,26	1,00	2,69
	4 - 3	12	80	965,6	0,26	4,7	0,88	1,04	0,27
									$\sum h_{II} = 2,96$ м

Как следует из табл. 8.2, средние потери напора в сети равны

$$h_{cp} = \frac{\sum h_I + \sum h_{II}}{2} = \frac{2,99 + 2,96}{2} = 2,98 \text{ м.}$$

9. Предварительный выбор диаметра условного прохода счетчика воды следует производить исходя из расчетных средних суточных расходов воды по таблице 8.3.

Счетчик с предварительно принятым диаметром условного прохода надлежит проверять на пропуск суммы расчетного максимального секундного расхода холодной воды и расчетного противопожарного расхода воды; при этом потери давления в счетчике не должны превышать для крыльчатых счетчиков 0,1 МПа ( $H = 10$  м), а для турбинных 0,05 МПа ( $H = 5$  м).

Таблица 8.3

Диаметры счетчиков, мм	Турбинные								
	40	50	65	80	100	125	150	200	250
Расчетные средние	От 49	От 77	От 148	От 400	От 650	От 858	От 1500	От 3200	От 4900
суточные расходы воды, м <sup>3</sup> /сут	до 78	до 150	до 410	до 680	до 900	до 1600	до 3300	до 5000	до 9100
*Характеристики уточняются по данным заводов-изготовителей									

Подбираем водомер на пропуск расчетного расхода (с учетом пожарного)  $Q_{\text{расч}} = 14,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} = 14,4 \text{ л/с} = 51,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Принимаем водомер ВВ-100. Потери напора в нем будут равны

$$h_{\text{вод}} = S Q_{\text{расч}}^2 = 5,9 \cdot 10^{-5} \cdot 51,8^2 = 0,16 \text{ м},$$

что меньше допустимой величины 5 м.

10. Определим потери напора в пожарном стояке и на вводе:

$$h_{\text{ст}} = A_{65} l_{\text{ст}} Q_{\text{ст}}^2 = 2400 \cdot 9,55 (5,2 \cdot 10^{-3})^2 = 0,62 \text{ м};$$

$$h_{\text{вв}} = A_{100} l_{\text{вв}} Q_{\text{расч}}^2 = 321,6 \cdot 42,5 (14,4 \cdot 10^{-3})^2 = 2,83 \text{ м}.$$

Тогда потери напора в сети на расчетном направлении 0 - ПК-16:

$$h_{\text{с}} = h_{\text{ср}} + h_{\text{ст}} = 2,99 + 0,62 = 3,6 \text{ м}.$$

Определим требуемый напор на вводе:

$$H_{\text{тр.п.ож}} = 1,2 h_{\text{с}} + h_{\text{вв}} + h_{\text{вод}} + H_{\text{св}} + \Delta z,$$

где  $\Delta z = 2,5 + 8,2 + 1,35 = 12,05 \text{ м}$ ;

$$H_{\text{тр.п.ож}} = 1,2 \cdot 3,6 + 2,83 + 0,16 + 19,9 + 12,05 = 39,26 \text{ м}.$$

Так как величина гарантированного напора, равная 15 м, меньше величины требуемого напора, то необходимо установить насос, обеспечивающий создание напора:

$$H_{\text{н}} = H_{\text{тр.п.ож}} - H_{\text{г}} = 39,26 - 15 = 24,26 \text{ м},$$

при подаче  $Q_{\text{расч}} = 14,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ .

Принимаем по каталогу или по прил. 8 насосы марки К-80-65-160 ( $Q = 13,9$  л/с;  $H = 32$  м) с рабочими параметрами (исходя из характеристики насоса  $Q - H$ ):

$$Q_n = 17,45 \text{ л/с}; \quad H_n = 24,26 \text{ м.}$$

Следовательно, водопровод должен быть устроен по схеме с пожарными насосами-повысителями.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1  
Таблица

### Распределение суточного расхода воды по часам суток, %

Часы суток	Расходы по населенным пунктам при коэффициенте часовой неравномерности водопотребления											
	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0 - 1	3,5	3,35	3,32	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,9	0,85	0,75	0,6
1 - 2	3,45	3,25	3,25	3,2	2,65	2,1	1,5	1,0	0,9	0,85	0,85	0,75
2 - 3	3,45	3,3	2,9	2,5	2,2	1,85	1,5	1,0	0,9	0,85	1,0	1,2
3 - 4	3,4	3,2	2,9	2,6	2,25	1,9	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0
4 - 5	3,4	3,25	3,35	3,5	3,2	2,85	2,5	2,0	1,35	2,7	3,0	3,5
5 - 6	3,55	3,4	3,75	4,1	3,9	3,7	3,5	3,0	3,85	4,7	5,5	3,5
6 - 7	4,0	3,85	4,15	4,5	4,5	4,5	4,5	5,0	5,2	5,35	5,5	4,5
7 - 8	4,4	4,45	4,65	4,9	5,1	5,3	5,5	6,5	6,2	5,85	5,5	10,2
8 - 9	5,0	5,2	5,05	4,9	5,35	5,8	6,25	6,5	5,5	4,5	3,5	8,8
9 - 10	4,8	5,05	5,4	5,6	5,85	6,05	6,25	5,5	5,85	4,2	3,5	6,5
10 - 11	4,7	4,85	4,85	4,9	5,35	5,8	6,25	4,5	5,0	5,5	6,0	4,1
11 - 12	4,55	4,6	4,6	4,7	5,25	5,7	6,25	5,5	6,5	7,5	8,5	4,1
12 - 13	4,55	4,6	4,5	4,4	4,6	4,8	5,0	7,0	7,5	7,9	8,5	3,5
13 - 14	4,45	4,55	4,3	4,1	4,4	4,7	5,0	7,0	6,7	6,35	6,0	3,5
14 - 15	4,6	4,75	4,4	4,1	4,6	5,05	5,5	5,5	5,35	5,2	5,0	4,7
15 - 16	4,6	4,7	4,55	4,4	4,6	5,3	6,0	4,5	4,65	4,8	5,0	6,2
16 - 17	4,6	4,65	4,5	4,3	4,9	5,45	6,0	5,0	4,5	4,0	3,5	10,4
17 - 18	4,3	4,35	4,25	4,1	4,6	5,05	5,5	6,5	5,5	4,5	3,5	9,4
18 - 19	4,35	4,4	4,45	4,5	4,7	4,85	5,0	6,5	6,3	6,2	6,60	7,3
19 - 20	4,25	4,3	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	5,0	5,35	5,7	6,0	1,6
20 - 21	4,25	4,3	4,4	4,5	4,4	4,2	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	1,6
21 - 22	4,15	4,2	4,5	4,8	4,2	3,6	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	1,0
22 - 23	3,9	3,75	4,2	4,6	3,7	2,85	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,6
23 - 24	3,8	3,7	3,5	3,3	2,7	2,1	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

## Распределение суточного расхода воды по часам суток, %

Часы суток	Расходы воды по отдельным зданиям							Расходы воды по предприятиям	
	Жилые дома, $K_{ч} = 2,9$	Больницы, гостиницы, $K = 2,5$	Общественные интернаты, $K = 7,2$	Бани, прачечные, $K_{ч} = 2,5$	Столовые, $K_{ч} = 3$	Детские сады, $K_{ч} = 3,8$	Фабрики-кухни, $K_{ч} = 1,15$	Холодные цеха, $K_{ч} = 3$	Горячие цеха, $K_{ч} = 2,5$
	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0 - 1	0,6	0,2	0,15	-	-	-	4,5	-	-
1 - 2	0,5	0,2	0,15	-	-	-	4,5	-	-
2 - 3	1,2	0,5	0,15	-	-	-	3,8	-	-
3 - 4	0,5	0,2	0,15	-	-	-	3,8	-	-
4 - 5	0,4	0,5	0,15	-	-	-	3,6	-	-
5 - 6	2,0	0,5	0,25	-	-	-	3,7	-	-
6 - 7	8,0	3,0	0,3	-	12,0	5,0	4,0	-	-
7 - 8	11,0	5,0	3,0	-	3,0	3,0	4,0	-	-
8 - 9	11,0	8,0	6,8	6,25	1,0	15,0	3,0	0	0
9 - 10	7,5	10,0	4,6	6,25	18	5,5	4,9	6,25	8,12
10 - 11	2,5	6,0	3,6	6,25	18	3,4	4,6	6,25	8,12
11 - 12	5,0	10,0	2,0	6,25	2,0	7,4	4,0	6,25	8,12
12 - 13	8,0	10,0	3,0	6,25	1,0	21,0	4,0	18,75	15,65
13 - 14	5,0	6,0	3,0	6,25	1,0	2,8	4,8	37,5	31,25
14 - 15	2,0	5,0	3,0	6,25	4,0	2,4	4,8	6,25	8,12
15 - 16	2,0	8,5	3,0	6,25	4,0	4,0	4,5	6,25	12,5
16 - 17	3,0	5,5	4,0	6,25	4,0	4,0	4,5	12,5	12,5
17 - 18	3,0	5,0	3,6	6,25	6,0	16,0	4,0	-	-
18 - 19	12,0	5,0	3,3	6,25	3,0	3,0	4,7	-	-
19 - 20	12,0	5,0	5,0	6,25	6,0	2,0	4,2	-	-
20 - 21	0,5	2,0	2,6	6,25	7,0	2,0	4,1	-	-
21 - 22	1,0	0,7	18,6	6,25	10,0	3,0	3,5	-	-
22 - 23	1,0	3,0	1,6	6,25	-	-	4,3	-	-
23 - 24	1,0	0,5	1,0	6,25	-	-	4,1	-	-
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100

## Предельные экономические расходы

Условный проход, м	Материал труб			Наружный диаметр, м	Материал труб
	сталь, $\Theta=1$	чугун, $\Theta=1$	асбестоцемент, $\Theta = 0,75$		пластмасса, $\Theta = 0,75$
1	2	3	4	5	6
0,075	5,2/0,083	-	-	0,075	3,7/0,0614
0,080	7/0,095	5/0,0826	-	0,090	5,9/0,0735
0,100	10,6/0,114	8,4/0,102	10,2/0,100	0,110	8,8/0,0901
0,125	15,1/0,133	13,3/0,1272	-	0,125	11,9/0,102
0,150	19,8/0,158	22,4/0,1524	22,1/0,141	0,140	13,7/0,115
0,175	26,5/0,170	-	-	0,160	18,2/0,131
0,200	42,0/0,209	40,6/0,2026	44,0/0,189	0,180	24,4/0,147
0,250	65,0/0,260	65,3/0,253	71,0/0,235	0,200	32,4/0,164
0,300	93,0/0,311	96,0/0,3044	103/0,279	0,225	41,8/0,184
0,350	128/0,0363	132/0,3524	144/0,322	0,250	55,4/0,204
0,400	167/0,412	175/0,4014	217/0,368	0,280	78,9/0,229
0,450	213/0,466	227/0,4506	-	0,315	105/0,280
0,500	286/0,516	313/0,5008	689/0,456	0,355	156/0,315
0,600	402/0,616	461/0,6002	-	0,400	208/0,355
0,700	537/0,706	642/0,6994	-	0,450	285/0,399
0,800	705/0,804	857/0,7998	-	0,500	378/0,461
0,900	897/0,904	1110/0,892	-	0,560	522/0,518
1,00	1213/0,004	1532/0,9984	-	0,630	1260/0,582

*Примечание.* В числителе – расходводы  $Q$ , л/с; в знаменателе – расчетный внутренний диаметр  $d_p$ , мм.



## Основные параметры водонапорных башен

Тип башни и номер типового проекта	Емкость бака, м <sup>3</sup>	Высота башни до дна бака, м
Башни со сборным железобетонным стволом и стальным баком цилиндрической формы: 905-5-33.85	50	12; 15; 18; 21; 24; 27; 30
905-5-35.85	100	То же
Бесшатровые кирпичные башни со стальным баком цилиндрической формы: 901-5-9/70	150	12; 15; 18; 21; 24; 30; 36
901-5-23/70	200	То же
901-5-24/70	300	- // -
Железобетонные башни: 901-5-22/70	100	15; 17,5; 20; 22,5; 25; 27,5; 30; 32,5; 35; 37,5; 40
901-5-26/70	200	То же
901-5-12/70	500	- // -
901-5-28/70	800	- // -

**Типовые прямоугольные подземные резервуары  
для воды из сборного железобетона**

Номер проекта	Емкость, м <sup>3</sup>	Длина, м	Ширина, м	Глубина, м
901-4-71.83	100;150;200;300	6; 9; 12; 15	6	3,64
901-4-59.83	500;700;1000;1200	12;18;24;30	12	3,39
901-4-65.83	500; 600; 800; 900; 1000; 1200;1300;1400	12; 15; 18; 21;24; 27;30; 33	12	3,51
901-4-60.83	1400; 1900; 2400	18; 24; 30	18	4,64
90М-66.83	1600; 1800; 2000; 2400; 2600	18;21;24;27;30	18	4,72
901-4-61.83	2500;3200; 3900	24;30;36	24	4,64
901-4-62.83	5000;6000;7000;8000 9000;10000;11000	30;36;42;48;54 60; 66	36	4,64
901-4-63.83	12000;13000;15000; 16000; 18000;20000	48; 54; 60; 66; 72;78	54	4,64

**Габаритные размеры и диаметры патрубков  
центробежных консольных насосов типа К и КМ**

Марка насоса	Габаритные размеры, мм			Диаметры патрубков, мм	
	длина	ширина	высота от фунда- мента до оси насоса	всасывающего	нагнетательного
1	2	3	4	5	6
К 8/18 (1,5К6)	585	240	235	40	32
К20/18(2К-9)	563	240	235	50	40
К 20/30 (2К-6)	587	273	235	50	40
К 45/30 (3К-9)	723	308	275	80	50
К 45/55 (3К-6)	1080	550	220	80	50
К 90/20 (4К-18)	723	308	275	100	80
К 90/30 (4К-12)	1270	600	355	100	70
К 90/55 (4К-8)	1090	615	355	100	70
К 90/85 (4К-6)	1270	615	355	100	70
К 160/20 (6К-12)	1055	460	300	150	100
К 160/30 (6К-8)	1090	460	300	150	100
К 290/16 (8К-12)	1090	460	300	200	150
К 290/30 (8К-6)	1270	615	355	200	125

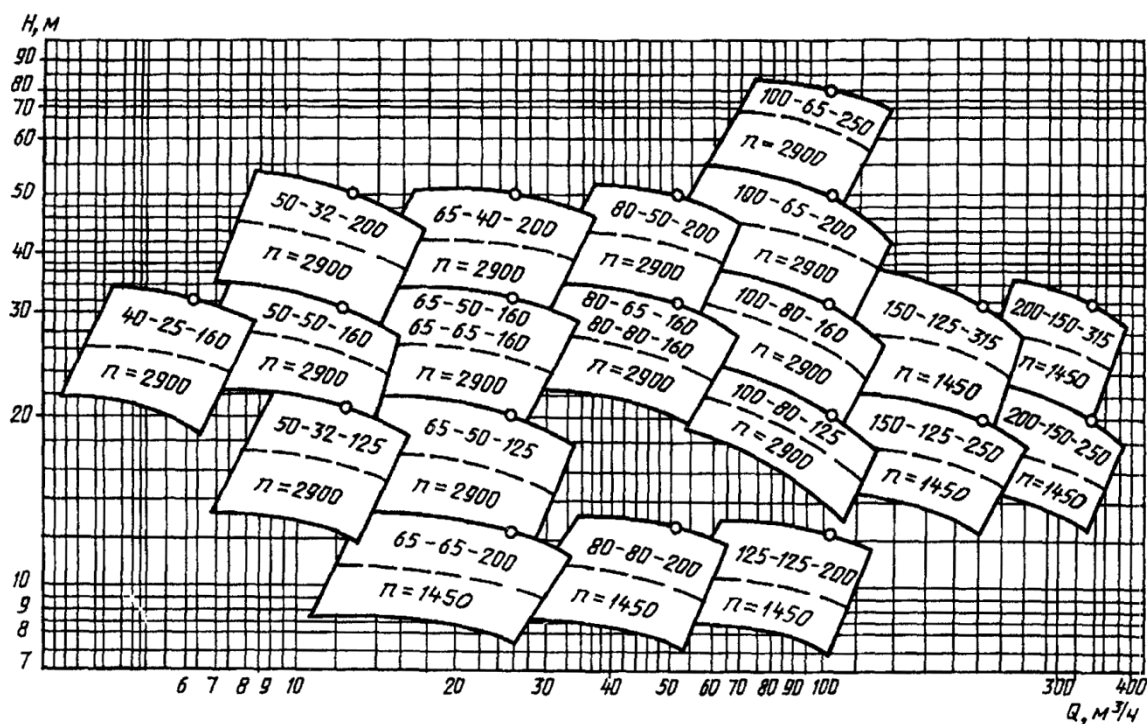


Рисунок. Сводный график полей  $Q - H$  центробежных консольных насосов типа К

**Габаритные размеры и диаметры патрубков  
центробежных насосов двустороннего входа типа Д (НД)**

Марка насоса	Габаритные размеры, мм			Диаметры патрубков, мм	
	длина	ширина	высота от фундамента до оси насоса	входного (всасывающего)	нагнетательного
1	2	3	4	5	6
Д 200-36 (5НДВ-60)	1428	650	500	150	125
Д 200-95 (4НДВ-60)	1490	640	450	150	100
Д 250-130	1490	640	450	150	100
Д 320-50 (6НДВ)	1625	760	550	200	150
Д 320-70 (6НДс-60)	1700	740	555	200	150
Д 500-36	2100	850	515	250	150
Д 500-65 (10Д-6)	2112	860	515	250	200
Д 630-90 (8НДВ)	2210	940	650	250	250
Д 800-28	2300	860	690	300	250
Д 800-57 (12Д-9)	2300	860	690	300	250
Д 1250-14	2300	880	800	350	300
Д 1000-40	2300	880	800	300	250
Д 1250-65 (12НДс)	2378	880	800	350	300
Д 1250-125 (14Д-6)	2400	900	750	350	200
Д1600-90 (14НДс)	2500	950	870	400	350
Д 2000-21 (16НДН)	2654	1400	940	500	400
Д 2000-100 (20Д-6)	2930	1580	950	500	300
Д 2500-17	3050	1400	900	500	300

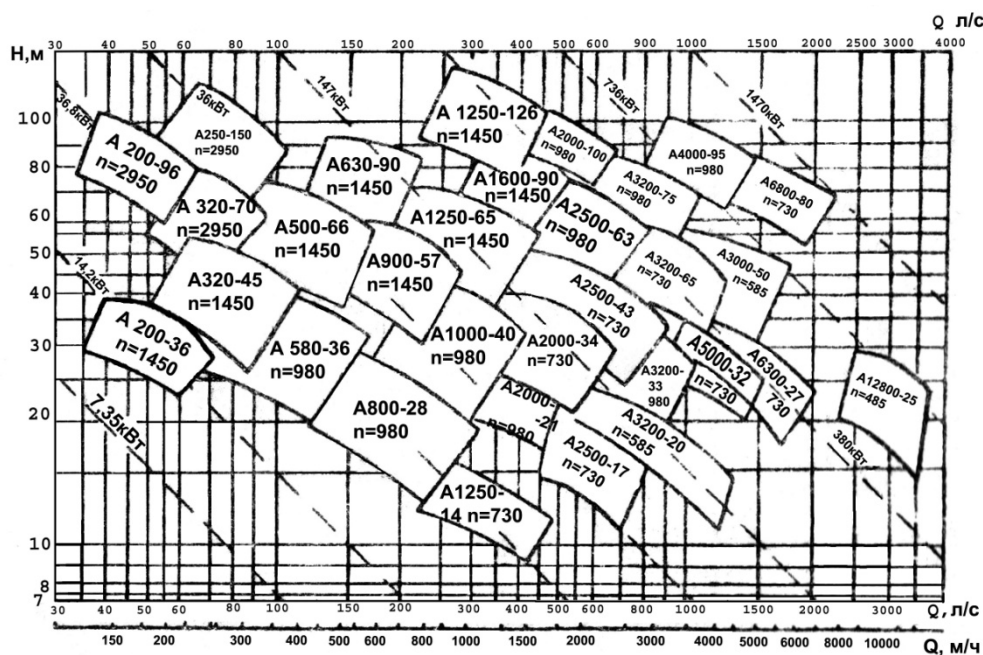


Рисунок. Сводный график полей  $Q - H$  центробежных насосов двустороннего входа типа Д

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 7

Таблица 1

**Расчетные значения удельных сопротивлений  $A$   
для неновых стальных труб (ГОСТ 10704-92 с изм.)**

Условный проход, мм	50	65	80	100	125
Расчетный внутренний диаметр, мм	53,0	69,4	82,4	101,4	125,6
Значение $A$ для расхода $q$ , м <sup>3</sup> /с	10020	2400	965,6	321,6	103,4

Таблица 2

**Значение поправочных коэффициентов  $\delta$   
к расчетным значениям  $A$  для неновых стальных труб**

$V$ , м/с	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2
$\delta$	1,41	1,28	1,2	1,15	1,115	1,085	1,06	1,04	1,03	1,015	1

Таблица 3

Диаметр условного прохода счетчика, мм	Параметры					
	Расход воды, м <sup>3</sup> /ч			порог чувствительности, м <sup>3</sup> /ч, не более	максимальный объем воды за сутки, м <sup>3</sup>	гидравлическое сопротивление счетчика S, м $\frac{м}{(м^3/ч)^2}$
	минимальный	эксплуатационный	максимальный			
15	0,03	1,2	3	0,015	45	1,11
20	0,05	2	5	0,025	70	0,4
25	0,07	2,8	7	0,035	100	0,204
32	0,1	4	10	0,05	140	0,1
40	1,16	6,4	16	0,08	230	0,039
50	1,3	12	30	0,15	450	0,011
65	1,5	17	70	0,6	610	0,0063
80	2	36	110	0,7	1300	0,002
100	3	65	180	1,2	2350	$5,9 \cdot 10^{-5}$
150	4	140	350	1,6	5100	$1,0 \cdot 10^{-5}$
200	6	210	600	3	7600	$22,77 \cdot 10^{-6}$
250	15	380	1000	7	13700	$11,38 \cdot 10^{-6}$

Технические данные центробежных насосов консольного типа К

Марка насоса	Номинальная подача		Полный напор $H$ , м	КПД $\eta$ , %	Мощность на валу, кВт
	м <sup>3</sup> /с	л/с			
К 45/30	45	12,5	30	70	5,5
К-80-65-160	50	13,9	32	70	6,2
К-80-50-200	50	13,9	50	65	10,5
К-100-80-160	100	27,8	32	77	11,3
К-100-65-200	100	27,8	50	72	18,9

Задание на курсовое проектирование

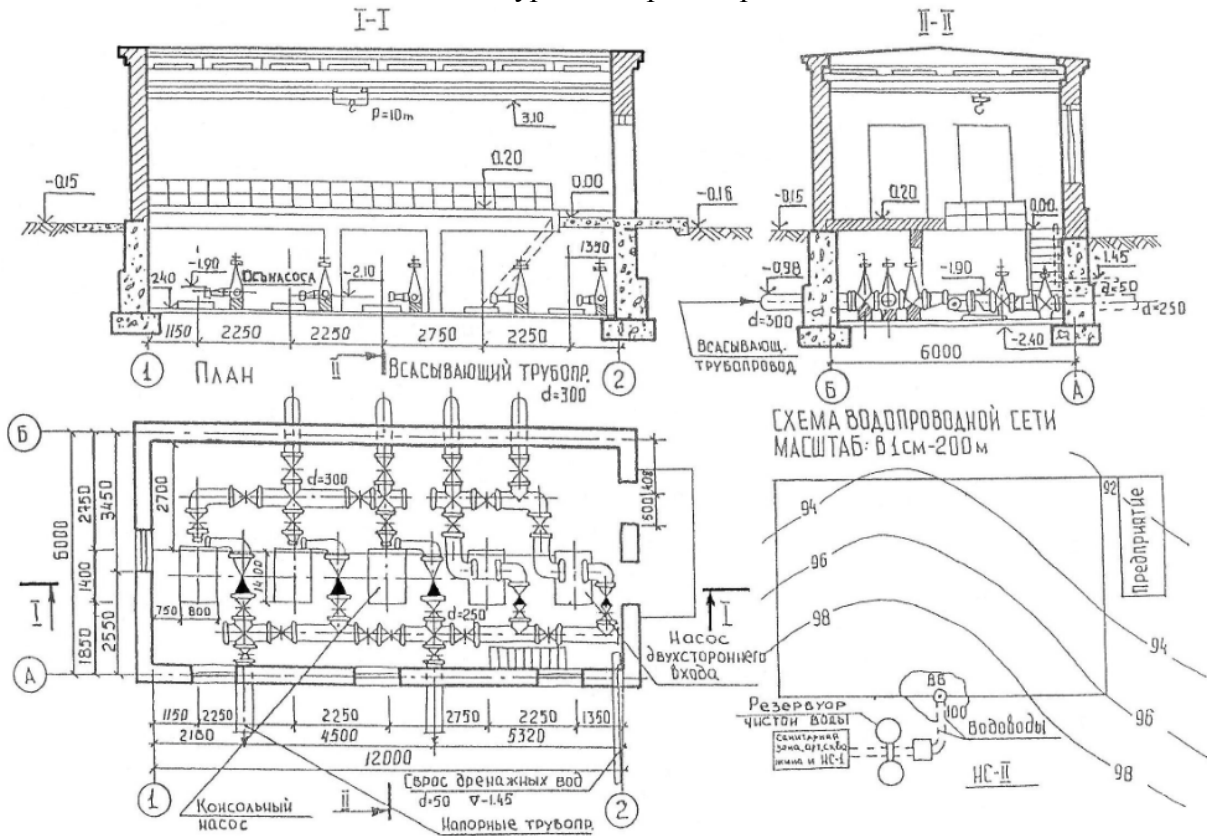


Схема трассировки наружной водопроводной сети.

Схема водопроводной сети  
масштаб: в 1 см - 300 м

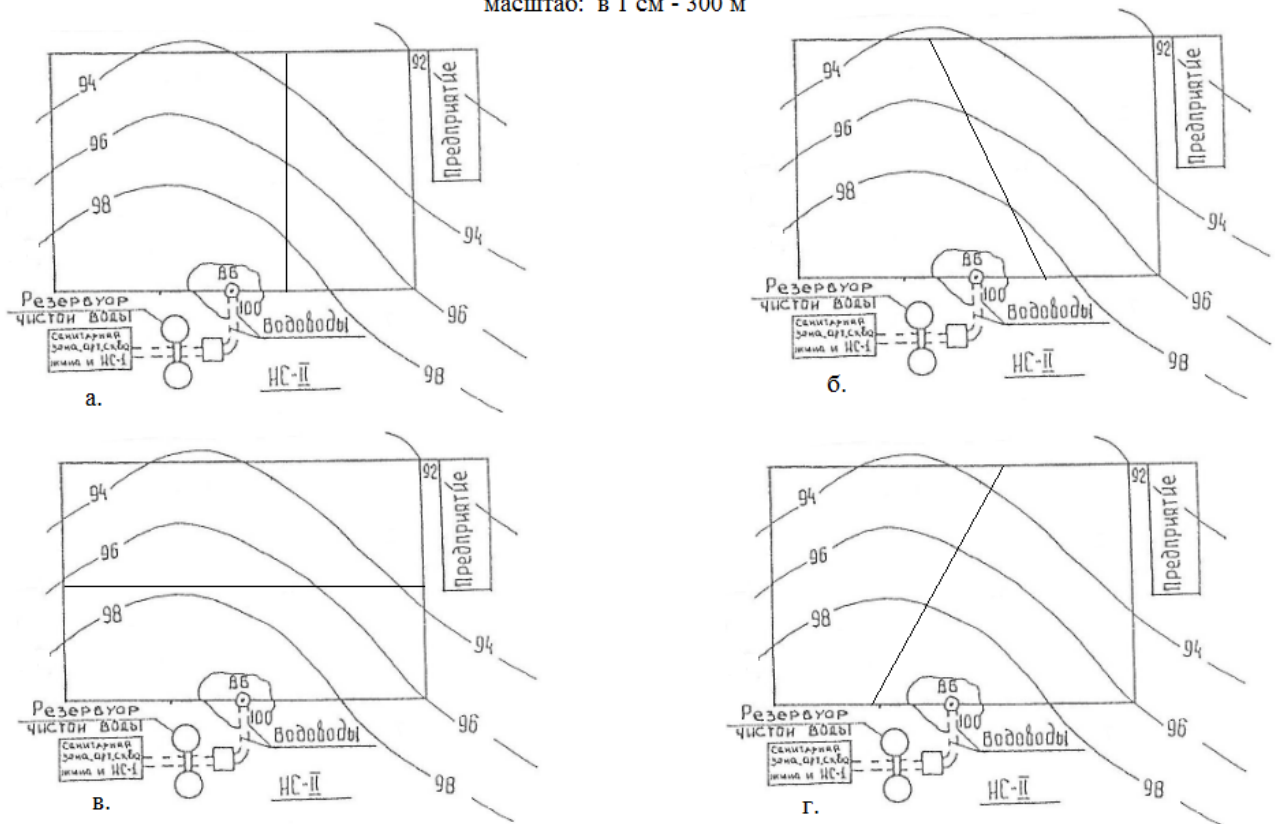


Схема трассировки наружной водопроводной сети выбирается по последней цифре номера зачётной книжки:

- схема а.- 1, 2, 3
- схема б.- 4, 5
- схема в.- 6, 7
- схема г.- 8, 9



## ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». - М.: ФГУ ВНИИПО, 2008. (с изменениями Федерального закон №117-ФЗ 27.06.2012 г.)
2. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. №69-ФЗ «О пожарной безопасности» (с изменениями от 22.08.1995 г. №151-ФЗ ÷ 28.09.2010 г. №243-ФЗ)
3. ППР «Правила противопожарного режима в Российской Федерации», утверждённые Постановлением Правительства РФ от 25.04.2012 г №390 «О противопожарном режиме».
4. Постановление правительства Российской Федерации от 12 апреля 2012 г. №290 «О федеральном государственном пожарном надзоре».
5. СНиП 2.04.01-85\* «Внутренний водопровод и канализация зданий». Госстрой СССР. – М.: ЦИТП СССР, 1986. – 56 с.
6. СП 10.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности». Москва, 2009 г.
7. Изменение к СП 10.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности». Утверждено и введено в действие приказом МЧС России от 09 декабря 2010 г. № 641.
8. СП 30.13330.2012 «Внутренний водопровод и канализация зданий». Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85\*. Москва, 2012 г.
9. СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружной сети и сооружения». Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
10. СП 8.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности» (в ред. Изменения N 1, утв. приказом МЧС РФ от 09.12.2010 N 640). Москва, 2009 г.
11. СП 31.133330.2012 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84\*. Москва, 2012 г.
12. Абросимов Ю.Г. «Гидравлика». – Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – 312 с.
13. Абросимов Ю.Г., Жучков В.В., Мышак Ю.А., Пименов А.А., Карасёв Ю.Л. «Противопожарное водоснабжение»: Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2008. – 310 с.
14. Внутренний противопожарный водопровод: Учеб-метод. Пособие / Л.М. Мешман, В.А. Былинкин, Р.Ю. Губин, Е.Ю. Романова / Под общ. ред. Н.П. Копылова. – М.: ВНИИПО, 2010. – 496 с.
15. Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования. СП 40-102-2000. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2005. – 80 с.

