

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Водоснабжение и водоотведение»

Э. И. Михневич

# ВОДОПРОВОДНАЯ СЕТЬ ГОРОДА

Пособие для студентов специальности  
1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение  
и охрана водных ресурсов»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по образованию в области строительства и архитектуры*

Минск  
БНТУ  
2021

УДК 628.1:378.147.091.313(075.8)

ББК 38.761я7

М69

**Р е ц е н з е н т ы:**

зав. кафедрой «Водоснабжение, водоотведение  
и охрана водных ресурсов» Брестского государственного  
технического университета, канд. техн. наук, доцент *С. Г. Белов*;  
главный научный сотрудник РУП «Институт мелиорации»,  
член-корреспондент НАН Беларуси, доктор технических наук,  
профессор *А. П. Лихацевич*

**Михневич, Э. И.**

М69 Водопроводная сеть города : пособие для студентов специально-  
сти 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ре-  
сурсов» / Э. И. Михневич. – Минск : БНТУ, 2021. – 87 с.  
ISBN 978-985-583-628-6.

В пособии освещены вопросы расчета объемов водопотребления различными по-  
требителями города, выбора режимов работы основных элементов системы водо-  
снабжения, трассировки и гидравлического расчета водопроводных сетей, а также  
определения проектных параметров водопроводов, водонапорных башен, запасно-  
регулирующих резервуаров и подбора насосов для различных режимов работы. При-  
водится список используемых литературных источников и необходимые для расчета  
приложения.

**УДК 628.1:378.147.091.313(075.8)**

**ББК 38.761я7**

**ISBN 978-985-583-628-6**

© Михневич, Э. И., 2021

© Белорусский национальный  
технический университет, 2021

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Курсовой проект «Водопроводная сеть города» в соответствии с учебным планом профилирующей дисциплины «Водопроводные сети» выполняется студентами специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» очной и заочной форм обучения. Его основной задачей является закрепление на практике теоретических основ рационального проектирования систем подачи и распределения воды, а также приобретение первичных навыков в инженерном решении этой задачи.

### ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОЕКТА

Для данных конкретных условий требуется запроектировать и рассчитать водопроводную сеть и связанные с нею элементы системы подачи и распределения воды населенного пункта и промышленных предприятий. При этом необходимо:

- определить расчетную потребность в воде для суток наибольшего водопотребления, а также их максимальные, средние и минимальные часовые расходы воды;
- установить необходимые пожарные расходы воды;
- выбрать схему системы подачи и распределения воды и наилучшие места расположения ее основных элементов;
- определить основные режимы работы элементов системы;
- произвести трассировку магистральной сети и водоводов;
- определить узловые отборы воды из сети для трех случаев:
  - 1) максимального водоразбора на хозяйственно-питьевые нужды объекта;
  - 2) этого же водоразбора при одновременной подаче пожарных расходов воды к точкам пожара;
  - 3) максимального транзита воды в бак водонапорной башни при минимальном водоразборе в сутки наибольшего водопотребления (при наличии в проекте водонапорной башни);
- выполнить технико-экономический и гидравлический расчеты сети, для чего предварительно наметить рациональное потокораспределение при первом, втором и третьем случаях ее работы, подобрать по ним для всех линий сети наивыгоднейшие стандартные

диаметры труб и произвести гидравлическую увязку сети одним из известных способов;

- произвести поверочные (при выбранных диаметрах водопроводных линий) гидравлические расчеты сети с помощью компьютерных программ на первый и второй случаи ее работы, третий случай работы рассматривается только при расположении водонапорной башни в конце сети;

- определить необходимые высоту, объем и размеры бака водонапорной башни (при ее наличии);

- определить напоры насосной станции II подъема;

- найти емкость и основные размеры запасно-регулирующих резервуаров при насосной станции II подъема;

- построить профили пьезометрических линий от насосной станции II подъема до диктующей точки сети и определить величины фактических свободных напоров в узловых точках сети для расчетных режимов ее работы;

- выполнить детализовку одного из колец магистральных линий сети с учетом его внутренних распределительных линий, составить спецификации труб, фасонных частей, арматуры и оборудования, необходимых для сооружения этого кольца;

- дать план и вертикальный разрез одного из узловых колодцев с указанием его габаритов, размеров фасонных частей и арматуры;

- описать конструкцию и оборудование характерных участков водопроводной сети и водоводов, водонапорной башни и запасных регулирующих резервуаров.

Проект выполняется на основе выданного студенту исходного графического материала и дополнительных данных к нему.

## **СОСТАВ И ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА**

Проект состоит из одного листа чертежей формата А1 и пояснительной записки к нему объемом 30–35 страниц формата А4.

На чертежах необходимо показать:

- генеральный план водоснабжения населенного пункта с нанесением на нем трасс водопроводных сетей и указанием номеров узлов, длин и диаметров линий, а также водозаборных и очистных сооружений, насосных станций I и II подъемов, водонапорной башни, напорных и запасно-регулирующих резервуаров и водоводов;

– расчетные графики пьезометрических напоров сети выполняются на миллиметровой бумаге и даются в пояснительной записке в виде приложения;

– детализовку выбранного кольца сети и спецификацию его фасонных частей, арматуры и оборудования;

– условные обозначения;

– генеральный план водоснабжения населенного пункта и сети в масштабе 1:5000 или 1:10000. Масштаб для графиков пьезометрических линий принимается: горизонтальный – по масштабу генплана или в два раза меньшим, вертикальный – 1:100 или 1:200.

Детализовку и спецификацию составляют для одного кольца сети по всем основным его колодцам. При этом без масштаба, но с использованием принятых обозначений показывают все фасонные части, арматуру и оборудование колодцев.

Графическое изображение проекций, схемы, условные обозначения и шрифты должны соответствовать требованиям СПДС ГОСТ [12, 13].

Расчетно-пояснительная записка включает:

– титульный лист установленного образца;

– задание с исходными данными для проектирования;

– содержание (оглавление);

– введение;

– основная текстовая часть проекта;

– список использованной литературы.

Основная текстовая часть расчетно-пояснительной записки должна содержать разделы, приведенные ниже.

## **1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА И ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

В первом разделе проекта дается общая характеристика объекта водоснабжения, принятой схемы и системы водоснабжения, которая должна быть централизованной, обеспечивающей водой всех водопотребителей, расположенных в данном населенном пункте, и объединенной с обеспечением водой населенного пункта и промпредприятий из общего источника.

При выборе системы водоснабжения учитываются категории надежности подачи воды водопотребителям и требования, которые они предъявляют к расходам, напорам и качеству воды.

Конфигурация водопроводной сети выбирается такой, которая обеспечивает, по возможности, меньшую протяженность сети, наилучшие условия прокладки и позволяет ей развиваться в дальнейшем при увеличении числа потребителей.

## 2. РАСЧЕТ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

### 2.1. Водопотребление на питьевые и хозяйственные нужды населения

Средний за год суточный расход воды определяют по формуле

$$Q_{\text{сут.ср}} = K_{\text{н}} \sum_{i=1}^n q_{\text{жи}} N_{\text{жи}} / 10^3, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (2.1)$$

где  $K_{\text{н}}$  – коэффициент, учитывающий расход воды на нужды учреждений, организаций и предприятий социально-гарантированного обслуживания, а также неучтенные расходы, принимается от 1,1 до 1,2 (для городов с числом жителей более 50 тыс. человек рекомендуется принимать  $K_{\text{н}} = 1,2$ ).

При известной инфраструктуре социальных и общественных объектов их дополнительное водопотребление может быть рассчитано непосредственно по табл. 1.2 прил. 1, как отдельно стоящих зданий. Эта же таблица может быть использована для определения проектных норм водопотребления в отдельных жилых зданиях, расположенных в зонах загородных санаторно-курортных, спортивно-оздоровительных, гостиничных и других комплексов;

$q_{\text{жи}}$  – суточная (средняя за год) проектная норма водопотребления на питьевые и хозяйственные нужды на одного жителя  $i$ -го района жилой застройки с соответствующей степенью санитарно-технического оборудования зданий, л/сут, принимаемая по табл. 1.1 прил. 1;

$N_{\text{жи}}$  – расчетное число жителей  $i$ -го района жилой застройки:

$$N_{\text{жи}} = P_i F_i, \quad (2.2)$$

где  $P_i$  – плотность населения в районе жилой застройки, чел/га;

$F_i$  – площадь района жилой застройки, га;

$n$  – число районов жилой застройки с различной степенью благоустройства.

В соответствии с СН РБ [1] при наличии фактических данных водопотребления по проектируемой системе водоснабжения населенного пункта за основу принимают данные водопотребления в этом населенном пункте (не менее чем за предшествующий двухлетний период). При отсутствии данных по проектируемому объекту допускается принимать удельные водопотребления по объектам-представителям водоснабжения. Если в задании к курсовому проекту фактические данные по проектируемому объекту и объектам-представителям не приведены, то используют суточные (средние за год) проектные нормы водопотребления, приведенные в табл. 1.1 прил. 1;

Расчетные расходы воды в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления определяют по формулам:

$$Q_{\text{сут. max}} = K_{\text{сут. max}} Q_{\text{сут. ср}}, \text{ м}^3/\text{сут}; \quad (2.3)$$

$$Q_{\text{сут. min}} = K_{\text{сут. min}} Q_{\text{сут. ср}}, \text{ м}^3/\text{сут},$$

где  $K_{\text{сут. max}}$  и  $K_{\text{сут. min}}$  – коэффициенты суточной неравномерности, соответственно максимальный и минимальный, которые следует принимать равными:  $K_{\text{сут. max}} = 1,1-1,3$ ;  $K_{\text{сут. min}} = 0,7-0,9$ .

Минимальные значения коэффициента  $K_{\text{сут. max}}$  и максимальные значения коэффициента  $K_{\text{сут. min}}$  характерны для больших городов, а максимальные значения  $K_{\text{сут. max}}$  и минимальные значения  $K_{\text{сут. min}}$  – для небольших городов.

Расчетные часовые расходы воды определяются по формулам:

$$q_{\text{ч. ср}} = \frac{Q_{\text{сут. ср}}}{24}, \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (2.4)$$

$$q_{\text{ч. max}} = K_{\text{ч. max}} \frac{Q_{\text{сут. max}}}{24}, \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (2.5)$$

$$q_{ч.мин} = K_{ч.мин} \frac{Q_{сут.мин}}{24}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2.6)$$

где  $K_{ч.маx}$  и  $K_{ч.мин}$  – коэффициенты часовой неравномерности, соответственно максимальный и минимальный, определяемые по формулам:

$$K_{ч.маx} = \alpha_{маx} \beta_{маx}; \quad K_{ч.мин} = \alpha_{мин} \beta_{мин}, \quad (2.7)$$

где  $\alpha_{маx}$  и  $\alpha_{мин}$  – коэффициенты, учитывающие степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия, принимаемые:

$$\alpha_{маx} = 1,2-1,4;$$

$$\alpha_{мин} = 0,4-0,6;$$

$\beta$  – коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте, принимаемый по табл. 2.1.

Таблица 2.1

### Значения коэффициента $\beta$

Количество жителей в населенном пункте, тыс. чел	$\beta_{маx}$	$\beta_{мин}$
до 0,1	4,50	0,01
0,15	4,00	0,01
0,20	3,50	0,02
0,30	3,00	0,03
0,50	2,50	0,05
0,75	2,20	0,07
1,0	2,00	0,10
1,5	1,80	0,10
2,5	1,60	0,10
4	1,50	0,20
6	1,40	0,25
10	1,30	0,40

Количество жителей в населенном пункте, тыс. чел	$\beta_{\max}$	$\beta_{\min}$
20	1,20	0,50
50	1,15	0,60
100	1,10	0,70
300	1,05	0,85
1000 и более	1,00	1,00

Расчетный коэффициент часовой неравномерности определяется по формуле

$$K_{\text{ч}}^{\text{расч}} = \frac{q_{\text{ч.макс}}}{q_{\text{ч.ср}}} = \alpha_{\text{макс}} \cdot \beta_{\text{макс}} \cdot K_{\text{сут.макс}} \quad (2.8)$$

## 2.2. Поливное водопотребление

Расчетный суточный расход воды на мойку и поливку территории определяется по формуле

$$Q_{\text{п}} = \frac{\sum_1^n q_{\text{п}i} \cdot A_{\text{п}i}}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (2.9)$$

где  $q_{\text{п}i}$  – проектная норма расхода воды, л/м<sup>2</sup> в сутки, принимаемая по табл. 1.3 прил. 1 в зависимости от  $i$ -го вида поливаемых территорий;

$A_{\text{п}i}$  – площадь территории поливки  $i$ -го вида, м<sup>2</sup>;

$n$  – число видов поливаемых территорий.

При отсутствии данных о площадях по видам благоустройства (зеленые насаждения, проезды и т. п.) удельное среднесуточное за поливочный сезон потребление воды на поливку в расчете на одного жителя следует принимать 50–70 л/сут в зависимости от мощности водозаборных сооружений, степени благоустройства населенного пункта и других местных условий. В этом случае

$$Q_{\text{п}} = \frac{q_{\text{пж}} N_{\text{ж}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (2.10)$$

где  $q_{\text{пж}}$  – проектная норма полива из расчета на одного жителя, л/сут;

$N_{\text{ж}}$  – количество жителей в населенном пункте, чел.

Количество моек и поливок следует принимать: одна мойка и одна поливка в сутки, не производить их в часы максимального водопотребления.

### 2.3. Водопотребление промпредприятий

Водопотребление промпредприятий состоит из хозяйственно-бытового водопотребления рабочими и потребления воды на технологические нужды.

Суточный расход на хозяйственно-бытовые нужды рабочих промышленных предприятий зависит от характера производства, количества работающих, числа смен в сутки, типа цехов и складывается из хозяйственно-питьевых и душевых расходов.

#### 2.3.1. Хозяйственно-питьевое водопотребление

Суточный расход на хозяйственно-питьевые нужды находят из выражения

$$Q_{\text{сут}}^{\text{пр}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{см}}} Q_i^{\text{см}}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (2.11)$$

где  $n_{\text{см}}$  – число смен в сутки;

$Q_i^{\text{см}}$  – расчетный расход на хозяйственно-питьевые нужды за смену, который определяют по формуле

$$Q_i^{\text{см}} = (q_x N_x + q_r N_r) / 10^3, \text{ м}^3/\text{см}, \quad (2.12)$$

где  $q_x$ ,  $q_r$  – норма водопотребления на одного рабочего в смену, соответственно в холодных и горячих (тепловыделение св. 80 кДж на 1 м<sup>3</sup>/ч) цехах:  $q_x = 25$  л/см на 1 рабочего;  $q_r = 45$  л/см на 1 рабочего;

$N_x$  и  $N_r$  – число рабочих соответственно в холодных и горячих цехах.

Ориентировочно распределение расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды рабочих на промпредприятиях по часам смены можно принимать по прил. 3.

Максимальный часовой расход определяют по формуле

$$q_{ч.макс} = \frac{q_x N_x K_x + q_r N_r K_r}{10^3 t}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2.13)$$

где  $K_x$  и  $K_r$  – коэффициенты часовой неравномерности потребления воды на хозяйственно-питьевые нужды соответственно в холодных и горячих цехах:  $K_x = 3$ ;  $K_r = 2,5$ ;

$t$  – продолжительность смены в часах.

### 2.3.2. *Водопотребление на прием душа*

Расход воды на прием душа зависит от количества рабочих и служащих, принимающих душ в каждой смене.

По нормам пользования душ принимается в течение 45 мин (0,75 ч) первого часа последующей смены.

Максимальный часовой расход воды на душевые нужды определяется по количеству установленных душевых сеток, принимая расход на одну душевую сетку за 45 мин 500 л, тогда часовой расход на одну душевую сетку будет равен:

$$q_1^д = (500 / 1000) \cdot 0,75 = 0,375, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (2.14)$$

Расчетный расход на душевые нужды за смену определяют по формуле

$$Q_{i\text{см}}^д = q_1^д \cdot m, \text{ м}^3/\text{см}, \quad (2.15)$$

где  $m$  – расчетное количество душевых сеток, определяемое по формуле

$$m = \frac{N_{\text{д}}^{\Gamma} + N_{\text{д}}^{\text{X}}}{N'_{\text{д}}}, \quad (2.16)$$

где  $N_{\text{д}}^{\Gamma}$  и  $N_{\text{д}}^{\text{X}}$  – количество рабочих, принимающих душ соответственно в горячих и холодных цехах в смену;

$N'_{\text{д}}$  – количество человек, обслуживаемых одной душевой сеткой, принимаемое по прил. 2.

Суточный расход воды на душевые нужды  $Q_{\text{сут}}^{\text{д}}$  находят из выражения:

$$Q_{\text{сут}}^{\text{д}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{см}}} Q_{i \text{ см}}^{\text{д}}, \quad \text{м}^3/\text{сут}, \quad (2.17)$$

### 2.3.3. Технологическое водопотребление предприятия

Количество воды, потребляемое на технологические нужды в смену, определяют в соответствии с заданием, например:

$$Q_{\text{см}}^{\text{I}} = 50 \% Q_{\text{сут}}^{\text{техн}}, \quad \text{м}^3/\text{см};$$

$$Q_{\text{см}}^{\text{II}} = 30 \% Q_{\text{сут}}^{\text{техн}}, \quad \text{м}^3/\text{см};$$

$$Q_{\text{см}}^{\text{III}} = 20 \% Q_{\text{сут}}^{\text{техн}}, \quad \text{м}^3/\text{см}.$$

Часовой расход  $q_{\text{ч}}^{\text{техн}}$  воды определяют по формуле

$$q_{\text{ч}}^{\text{техн}} = \frac{Q_{\text{см}}}{t}, \quad \text{м}^3/\text{ч}, \quad (2.18)$$

где  $t$  – продолжительность смены в часах, чаще всего  $t = 8$  ч.

Коэффициент часовой неравномерности потребления воды на технологические нужды промпредприятий принимается  $K_{\text{ч}} = 1$ .

Суммарные расходы воды по отдельным предприятиям  $Q_{\text{сут}}^{\text{пр}}$  сводят в таблицу, в качестве образца которой может служить табл. 2.2.

Таблица 2.2

Суммарное водопотребление промпредприятий

Часы суток	1 предприятие							2 предприятие								
	Расход на хозяйственно-питьевые нужды				Расход на душевые нужды		Расход на технологические нужды	Суммарный расход	Расход на хозяйственно-питьевые нужды				Расход на душевые нужды		Расход на технологические нужды	Суммарный расход
	Холодные цеха		Горячие цеха		М <sup>3</sup> /ч	М <sup>3</sup> /ч			Холодные цеха		Горячие цеха		М <sup>3</sup> /ч	М <sup>3</sup> /ч		
	% от $Q_{\text{см}}$	М <sup>3</sup> /ч	% от $Q_{\text{см}}$	М <sup>3</sup> /ч			% от $Q_{\text{см}}$	М <sup>3</sup> /ч	% от $Q_{\text{см}}$	М <sup>3</sup> /ч	% от $Q_{\text{см}}$	М <sup>3</sup> /ч				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		

## 2.4. Противопожарное водоснабжение

### 2.4.1. Нормативные требования

Расчетное количество одновременных пожаров и расходы воды на наружное пожаротушение для населенного пункта принимаются в зависимости от числа жителей в населенном пункте и этажности зданий по табл. 1.4 прил. 1. В расчетное количество  $n$  одновременных пожаров в населенном пункте включены пожары на промпредприятиях, расположенных в пределах населенного пункта. При этом в расчетный расход воды следует включать соответствующие расходы воды на пожаротушение на этих предприятиях, но не менее указанных в табл. 1.4.

Согласно действующему СН 2.02.02-2019 [4] при объединенном противопожарном водопроводе населенного пункта и промышленного или сельскохозяйственного предприятия, расположенного *вне* населенного пункта, расчетное количество одновременных пожаров (на предприятии или в населенном пункте по наибольшему расходу воды) следует принимать:

– один пожар – при площади территории предприятия до 150 га и количестве жителей в населенном пункте до 10 000 чел. включительно;

– два пожара (один – на предприятии, один – в населенном пункте) – при площади территории предприятия до 150 га и количестве жителей в населенном пункте от 10 000 до 100 000 чел. включительно, при этом суммарный расход должен быть не менее двойного расхода согласно табл. 1.4 (прил. 1);

– два пожара (два – на предприятии или два – в населенном пункте по наибольшему расходу воды) – при площади территории предприятия свыше 150 га и при количестве жителей в населенном пункте от 10 000 до 100 000 чел. включительно;

– при количестве жителей в населенном пункте свыше 100 000 чел. расход воды следует определять как сумму необходимого большего расхода воды (на предприятии или в населенном пункте) и 50 % от меньшего расхода воды (на предприятии или в населенном пункте).

Расчетное количество одновременных пожаров на промышленном или сельскохозяйственном предприятии следует принимать: один пожар – при площади территории  $F_n \leq 150$  га; два пожара – при  $F_n > 150$  га.

Для группового водопровода расчетное количество одновременных пожаров следует принимать в зависимости от общей численности жителей в населенных пунктах, подключенных к водопроводу. При этом расходы воды следует принимать для каждого населенного пункта отдельно.

Расчетную продолжительность тушения пожара в большинстве случаев принимают равной 3 ч; для зданий I и II степени огнестойкости с ограждающими конструкциями из негорючих листовых материалов – 2 ч.

Расчетную продолжительность работы внутренних пожарных кранов принимают равной 1 ч.

Расход воды на тушение пожара при объединенном противопожарном водопроводе следует принимать как сумму наибольших

расходов для спринклерных или дренчерных установок, внутренних пожарных кранов и гидрантов в течение 1 ч с момента начала пожаротушения с учетом расходов воды на другие нужды.

Степень огнестойкости и классы функциональной пожарной опасности зданий, показатели пожарной опасности конструкций и материалов определяют по ТКП 45-2.02-315 [5], категории по взрывопожарной и пожарной опасности – по ТКП 474 [6].

Здания по функциональной пожарной опасности подразделяют на классы:

Ф1 – для постоянного и временного проживания, в том числе круглосуточного пребывания людей:

Ф1.1 – дошкольные учреждения, дома престарелых и инвалидов, больницы, спальные корпуса учреждений;

Ф1.2 – гостиницы, общежития, санатории, дома отдыха, пансионаты;

Ф1.3 – многоквартирные жилые дома;

Ф1.4 – многоквартирные блокированные жилые дома и агроусадьбы.

Ф2 – зрелищные и культурно-просветительские учреждения:

Ф2.1 – театры, кинотеатры, концертные залы, цирки, спортивные сооружения с трибунами в закрытых помещениях;

Ф2.2 – музеи, выставки, танцевальные залы в закрытых помещениях;

Ф2.3 – то же, что Ф2.1 на открытом воздухе;

Ф2.4 – то же, что Ф2.2 на открытом воздухе.

Ф3 – предприятия по обслуживанию населения:

Ф3.1 – торговые;

Ф3.2 – общественного питания;

Ф3.3 – вокзалы;

Ф3.4 – поликлиники и амбулатории;

Ф3.5 – помещения коммунально-бытового обслуживания: почта, ателье, парикмахерские и т. д.;

Ф3.6 – физкультурно-оздоровительные комплексы и тренировочные базы без трибун, бани.

Ф4 – учебные заведения, научные и проектные организации:

Ф4.1 – школы, средние специальные учреждения, ПТУ;

Ф4.2 – ВУЗы, ФПК;

Ф4.3 – проектные и КБ, НИИ, банки, офисы, редакции;

Ф4.4– пожарные депо.

Ф5 – производственные и складские здания:

Ф5.1 – производственные;

Ф5.2 – склады;

Ф5.3 – сельскохозяйственные здания;

Ф5.4 – административные здания промышленных предприятий.

Расход воды на наружное пожаротушение в населенном пункте должен быть не менее указанного в табл. 1.5 прил. 1 расхода воды на пожаротушение зданий классов Ф1, Ф2, Ф3, Ф4, Ф5.4.

Расход воды на наружное пожаротушение на один пожар для зданий и сооружений классов Ф1, Ф2, Ф3, Ф4, Ф5.4, принимаемых для расчета соединительных и распределительных линий водопроводной сети, а также водопроводной сети внутри микрорайона (зоны) или квартала населенного пункта, в зависимости от этажности и строительного объема зданий определяют по табл. 1.5 прил. 1.

Расход воды на один пожар на наружное пожаротушение зданий промышленных и сельскохозяйственных предприятий необходимо принимать для здания, требующего наибольшего расхода воды, согласно табл. 1.6, 1.7 прил. 1 в зависимости от степени огнестойкости, категории здания, строительного объема, наличия фонарей и ширины здания.

### **2.4.2. Суммарный расход и объем воды на пожаротушение**

Суммарный секундный расход воды  $q_{\text{пож.}}^{\text{с}}$  на тушение пожара в населенном пункте и на промышленных предприятиях определяется по формуле

$$q_{\text{пож.}}^{\text{с}} = q_{\text{пож.}}^{\text{н}} + q_{\text{пож.}}^{\text{вн}}, \quad (2.19)$$

где  $q_{\text{пож.}}^{\text{н}}$  – расход воды на наружное пожаротушение, л/с;

$q_{\text{пож.}}^{\text{вн}}$  – расход воды на внутреннее пожаротушение, л/с, принимается в зависимости от классов зданий и их категорий по пожарной опасности по табл. 1.8, 1.9 прил. 1 (по табл. 1.8 – для жилых и общественных зданий населенного пункта и административных

зданий промышленных предприятий; по табл. 1.9 – для производственных и складских зданий).

Расход воды на наружное пожаротушение определяют по излагаемой ниже методике.

Расход воды  $q_{\text{пож}}^{\text{H}}$  на тушение пожара в населенном пункте и на промышленных предприятиях, расположенных *в пределах* населенного пункта, для которых расход на тушение наружного пожара меньше, чем для населенного пункта, определяют по формуле

$$q_{\text{пож}}^{\text{H}} = q_{\text{пож.н.п.}}^{\text{H}} n_{\text{пож.}}, \quad (2.20)$$

где  $q_{\text{пож.н.п.}}^{\text{H}}$  – расход воды на тушение одного наружного пожара в населенном пункте, принимаемый по табл. 1.4 прил. 1, л/с;

$n_{\text{пож.}}$  – расчетное количество одновременных пожаров в населенном пункте, принимаемое по табл. 1.4.

Если в населенном пункте имеется предприятие, для которого расход на тушение наружного пожара  $q_{\text{пож.н.п.}}^{\text{H}}$  больше указанного в табл. 1.4, то расход  $q_{\text{пож.}}^{\text{H}}$  определяется по формуле

$$q_{\text{пож.}}^{\text{H}} = q_{\text{пож.пр}}^{\text{H}} + q_{\text{пож.н.п.}}^{\text{H}} (n_{\text{пож.}} - 1). \quad (2.21)$$

Если в населенном пункте имеется несколько предприятий  $n_{\text{пр}}$ , для которых расход на тушение наружного пожара  $q_{\text{пож.пр.}i}^{\text{H}}$  больше указанного в табл. 1.4, то суммарный расход  $n_{\text{пож.}}$  определяется по формуле ( $n_{\text{пож.}} \geq n_{\text{пр}}$ )

$$q_{\text{пож.}}^{\text{H}} = \sum_1^{n_{\text{пр}}} q_{\text{пож.пр.}i}^{\text{H}} + q_{\text{пож.н.п.}}^{\text{H}} (n_{\text{пож.}} - n_{\text{пр}}). \quad (2.22)$$

Расход воды на наружное пожаротушение в населенном пункте и на предприятии, расположенном *вне* населенного пункта, определяется по формулам:

1) при количестве жителей в населенном пункте  $N_{\text{ж}} \leq 10\ 000$  чел. и площади территории предприятия  $F_{\text{пр}} \leq 150$  га ( $n_{\text{пож.}} = 1$ ):

$$q_{\text{пож.}}^{\text{H}} = q_{\text{пож.маж}}^{\text{H}}, \quad (2.23)$$

где  $q_{\text{пож.маж}}^{\text{H}}$  – наибольший расход воды на 1 пожар в населенном пункте или на предприятии, л/с;

2) при количестве жителей  $10\ 000 < N_{\text{ж}} \leq 100\ 000$  чел. и площади  $F_{\text{пр}} \leq 150$  га:

$$q_{\text{пож.}}^{\text{H}} = q_{\text{пож.н.п.}}^{\text{H}} + q_{\text{пож.пр.}}^{\text{H}}, \quad (2.24)$$

где  $q_{\text{пож.н.п.}}^{\text{H}}$  – расход воды на 1 пожар в населенном пункте, л/с;

$q_{\text{пож.пр.}}^{\text{H}}$  – расход воды на 1 пожар на предприятии, л/с.

При этом расход  $q_{\text{пож.}}^{\text{H}}$  должен быть не менее двойного расхода согласно табл. 1.4;

3) при  $10\ 000 < N_{\text{ж}} \leq 100\ 000$  и площади  $F_{\text{пр}} \leq 150$  га ( $n_{\text{пож.}} = 2$ ):

$$q_{\text{пож.}}^{\text{H}} = 2q_{\text{пож.маж}}^{\text{H}}, \quad (2.25)$$

где  $q_{\text{пож.маж}}^{\text{H}}$  – наибольший расход на тушение одного наружного пожара в населенном пункте или на предприятии, л/с;

4) при  $N_{\text{ж}} > 100\ 000$  чел.

$$q_{\text{пож.}}^{\text{H}} = q_{\text{пож.маж}n}^{\text{H}} + 0,5q_{\text{пож.мин}n}^{\text{H}}, \quad (2.26)$$

где  $q_{\text{пож.маж}n}^{\text{H}}$  – наибольший расход воды на наружное пожаротушение в населенном пункте или на предприятии, л/с, т. е. больший из двух значений:  $q_{\text{пож.н.п.}}^{\text{H}} n_{\text{пож.}}$  и  $q_{\text{пож.пр.}}^{\text{H}} n'_{\text{пож.}}$ ;

$q_{\text{пож.мин}n}^{\text{H}}$  – наименьший расход воды на наружное пожаротушение в населенном пункте или на предприятии, л/с, т. е. меньший из двух приведенных выше значений;

$n_{\text{пож.}}$ ,  $n'_{\text{пож.}}$  – расчетное количество одновременных пожаров соответственно для населенного пункта и предприятия; для населенного пункта  $n_{\text{пож.}}$  назначается по табл. 1.4, а для предприятия принимается  $n'_{\text{пож.}} = 1$  при  $F_{\text{пр}} \leq 150$  га;  $n'_{\text{пож.}} = 2$  при  $F_{\text{пр}} > 150$  га.

Суммарный часовой расход на пожаротушение  $q_{\text{пож.}}^{\text{ч}}$  определяется умножением суммарного секундного расхода  $q_{\text{пож.}}^{\text{с}}$  по (2.19) на коэффициент размерности – 3,6, т. е.

$$q_{\text{пож.}}^{\text{ч}} = 3,6q_{\text{пож.}}^{\text{с}} \quad (2.27)$$

Полный объем воды на тушение пожаров  $W_{\text{пож.}}$  в населенном пункте и на предприятии определяется по формуле

$$W_{\text{пож.}} = 3,6 \left( T_1 q_{\text{пож.}}^{\text{н}} + T_2 q_{\text{пож.}}^{\text{вн}} \right), \text{ м}^3, \quad (2.28)$$

где  $q_{\text{пож.}}^{\text{н}}$  – расход воды на наружное пожаротушение, л/с, определяемый в зависимости от расчетного случая по одной из формул (2.20)–(2.26);

$q_{\text{пож.}}^{\text{вн}}$  – расход воды на внутреннее пожаротушение, л/с, принимаемый по табл. 1.8, 1.9 прил. 1;

$T_1$ ,  $T_2$  – нормативное время тушения пожара, ч, соответственно наружного  $T_1 = 3$  ч и внутреннего  $T_2 = 1$  ч.

## 2.5. Суммарное водопотребление города

Для определения максимального часового расхода, необходимого для расчета водопроводной сети и выбора режима работы насосной станции II подъема, намечают режимы потребления воды отдельными водопотребителями по часам суток. Примерные величины потребления воды по часам суток на нужды населения в зависимости от типового коэффициента часовой неравномерности приведены в прил. 4. Для расчета принимают график с наиболее близким к расчетному коэффициентом неравномерности и производят корректировку графика. Типовой коэффициент часовой нерав-

номерности может несколько отличаться от величины расчетного коэффициента по (2.8). Тогда в расчете принимается значение типового коэффициента, наиболее близкое к  $k_{\text{ч}}^{\text{расч}}$ , и производится корректировка графика следующим образом: все максимальные часовые расходы в исходном (типовом) графике заменяют фактическими максимальными часовыми расходами, численно равными  $q_{\text{ч}}^{\text{max}} = k_{\text{ч}}^{\text{расч}} q_{\text{ч}}^{\text{сп}}$ . После этого, если типовой коэффициент больше расчетного, т. е.  $k_{\text{ч}}^{\text{тип}} > k_{\text{ч}}^{\text{расч}}$ , то соседние часовые расходы увеличивают таким образом, чтобы общие суммарные расходы за 24 часа равнялись 100 %. Если  $k_{\text{ч}}^{\text{тип}} < k_{\text{ч}}^{\text{расч}}$ , то соседние расходы уменьшают. Результаты вычисления часовых расходов воды всех потребителей сводят в таблицу суммарного водопотребления (табл. 2.3) и определяют суммарный максимальный суточный расход по городу:

$$Q_{\text{сут.max}}^{\text{гор}} = Q_{\text{сут.max}} + \sum Q_{\text{сут}}^{\text{пр}} + Q_{\text{сут}}^{\text{пол}}, \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (2.29)$$

Таблица 2.3

### Суммарное водопотребление города

Часы суток	Хозяйственно-питьевые нужды населения			Расходы воды на поливку м <sup>3</sup> /ч	Суммарные расходы на промышленных предприятиях		Суммарное водопотребление города	
	$K_{\text{ч}}^{\text{тип}}, \%$	$K_{\text{ч}}^{\text{расч}}, \%$	м <sup>3</sup> /ч		1-е	2-е		
	от $Q_{\text{сут.max}}$	от $Q_{\text{сут.max}}$		м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /ч	% от $Q_{\text{сут.max}}^{\text{гор}}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-1								
1-2								
...								
23-24								
Σ	100 %	100 %	$Q_{\text{сут.max}}$	$Q_{\text{сут}}^{\text{пол}}$	$Q_{\text{сут}}^{\text{1пр.}}$	$Q_{\text{сут}}^{\text{2пр.}}$	$Q_{\text{сут.max}}^{\text{гор}}$	100 %

### 3. РЕЖИМЫ РАБОТЫ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ I И II ПОДЪЕМОВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ БАКОВ ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ, РЕЗЕРВУАРОВ ЧИСТОЙ ВОДЫ И ОСНОВНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СЕТИ

#### 3.1. Режимы работы насосных станций

Режим подачи воды насосной станции I подъема, а также поступление воды с очистных сооружений в резервуары чистой воды принимаем равномерными в течение суток, т. е.  $4,17\% Q_{\text{сут. max}}^{\text{гор}}$ .

Режим работы насосной станции II подъема в системе водоснабжения с водонапорной башней проектируют ступенчатым, по возможности приближенным к графику водопотребления, учитывая необходимость получения наименьшей емкости бака водонапорной башни и числа насосов. Число рабочих насосов следует принимать в зависимости от величины производительности станции (чаще всего – 2–3), а регулируемую емкость бака – в пределах 2–7 %  $Q_{\text{сут. max}}^{\text{гор}}$ . С учетом этих положений, по данным табл. 2.3 строят совмещенный график водопотребления городом и подачи воды насосами I и II подъемов (рис. 3.1).

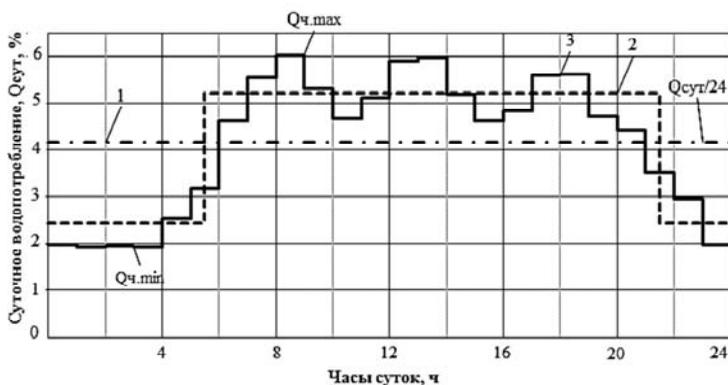


Рис. 3.1. Совмещенный график водопотребления и водоподдачи:  
1, 2 – графики работы насосных станций соответственно I и II подъема;  
3 – график суммарного водопотребления

В городах с численностью населения более 10–15 тыс. человек водонапорные башни, как правило, не проектируют. Если в системе водоснабжения башня отсутствует, то насосная станция II подъема и ее водоводы должны работать синхронно с водопотреблением объекта. Такая синхронность может быть достигнута увеличением числа насосов, подбираемых по предельным значениям расходов, или использованием насосов с частотно-регулируемым приводом, которые в автоматическом режиме обеспечат синхронность графиков водопотребления и водоподачи.

Максимальный суточный расход воды  $Q_{\text{сут. max}}^{\text{гор}}$  следует распределять по часам суток в соответствии с фактическими расходами воды, полученными при обследовании системы водоснабжения, для которой разрабатывается проект реконструкции, а при отсутствии фактических расходов – по данным объектов-представителей водоснабжения.

При отсутствии фактических данных по распределению максимального суточного расхода воды по часам суток необходимо принимать расчетный трехступенчатый график со средним, максимальным и минимальным периодами водопотребления. Продолжительность периода среднего водопотребления  $T_{\text{cp}}$  принимается в пределах 8–10 ч. Продолжительность периодов максимального  $T_{\text{max}}$  и минимального  $T_{\text{min}}$  водопотребления, ч, определяются по формулам:

$$T_{\text{max}} = \frac{(24 - T_{\text{cp}})(1 - K_{\text{ч min}})}{K_{\text{ч max}} - K_{\text{ч min}}}; \quad (3.1)$$

$$T_{\text{min}} = \frac{(24 - T_{\text{cp}})(K_{\text{ч max}} - 1)}{K_{\text{ч max}} - K_{\text{ч min}}}. \quad (3.2)$$

### 3.2. Определение емкости бака водонапорной башни

Полную емкость бака водонапорной башни определяют по формуле

$$V_{\text{Б}} = V_{\text{рег}} + V_{\text{пож.}}, \text{ м}^3, \quad (3.3)$$

где  $V_{\text{рег}}$  – регулирующая емкость бака, определяется путем совмещения графиков суммарного водопотребления и работы насосной станции II подъема.

Расчет сводят в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Определение регулирующей емкости бака  
водонапорной башни

Часы суток	Суммарное водопотребление города, % от $Q_{\text{сут.мах}}^{\text{гор}}$	Подача воды насосной станцией II подъема, % от $Q_{\text{сут.мах}}^{\text{гор}}$	Поступление воды в бак, % от $Q_{\text{сут.мах}}^{\text{гор}}$	Расход воды из бака, % от $Q_{\text{сут.мах}}^{\text{гор}}$	Остаток воды в баке, % от $Q_{\text{сут.мах}}^{\text{гор}}$
1	2	3	4	5	6

В графах 2 и 3 приведены данные, взятые из графика (рис. 3.1). В графах 4 и 5 приведена разность значений, приведенных в графах 2 и 3.

Для заполнения графы 6 предварительно намечают час, когда бак будет пуст. Этого можно ожидать после периода наибольшего расхода воды из бака. Затем переносят значения из граф 4 и 5 в графу 6 путем их суммирования.

Наибольшая из цифр графы 6 дает регулируемую емкость. При наличии отрицательных значений в графе 6 эту емкость определяют как сумму абсолютных величин: максимальных положительных и отрицательных.

$V_{\text{пож.}}$  – противопожарный запас, определяемый на 10-ти минутную продолжительность тушения одного наружного и одного внутреннего пожаров по формуле

$$V_{\text{пож.}} = \frac{10 \cdot 60 (q_{\text{пож.}}^{\text{H}} + q_{\text{пож.}}^{\text{BH}})}{1000} = 0,6 (q_{\text{пож.}}^{\text{H}} + q_{\text{пож.}}^{\text{BH}}), \text{ м}^3, \quad (3.4)$$

где значения  $q_{\text{пож.}}^{\text{H}}$  и  $q_{\text{пож.}}^{\text{BH}}$  определяют в соответствии с п. 2.4.2.

Размеры бака водонапорной башни принимают с таким расчетом, чтобы отношение  $\beta_B$  слоя воды в баке  $h_B$  к диаметру  $D_B$  было в пределах 0,7–1,0. Тогда

$$D_B = 3\sqrt[3]{\frac{4V_B}{\pi\beta_B}}, \text{ м}; \quad \beta_B = h_B / D_B; \quad (3.5)$$

$$\text{при } \frac{h_B}{D_B} = 0,7 \quad D_B = 1,22\sqrt[3]{V_B}, \text{ м};$$

$$\text{при } \frac{h_B}{D_B} = 1,0 \quad D_B = 1,084\sqrt[3]{V_B}, \text{ м}.$$

### 3.3. Определение емкости резервуаров чистой воды

Полную емкость резервуаров чистой воды определяют по формуле

$$W = W_{\text{рег}} + W_{\text{пож.}}^{\text{рез}} + W_0^3, \quad (3.6)$$

где  $W_{\text{рег}}$  – регулирующая емкость резервуаров, определяемая путем совмещения графиков водопотребления города (подачи воды насосной станцией II подъема) и работы насосной станции I подъема. Для системы водоснабжения с водонапорной башней – в соответствии с совмещенным графиком (рис. 3.1).

Расчет сводят в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Определение регулирующей емкости резервуаров чистой воды

Часы суток	Подача воды насосной станцией I подъема, % от $Q_{\text{сут. max}}^{\text{гор}}$	Подача воды насосной станцией II подъема, % от $Q_{\text{сут. max}}^{\text{гор}}$	Поступление воды в резервуары, % от $Q_{\text{сут. max}}^{\text{гор}}$	Расход воды из резервуаров, % от $Q_{\text{сут. max}}^{\text{гор}}$	Остаток воды в резервуарах, % от $Q_{\text{сут. max}}^{\text{гор}}$
1	2	3	4	5	6

Регулирующая емкость  $W_{\text{рег}}$  определяется аналогично методике, излагаемой в п. 3.2 настоящих указаний, по максимальному значению остатка  $p$  воды в резервуаре, т. е.

$$W_{\text{рег}} = pQ_{\text{сут. max}}^{\text{гор}}, \quad (3.7)$$

где  $Q_{\text{сут. max}}^{\text{гор}}$  – максимальный суточный расход воды из табл. 2.3;

$W_{\text{пож.}}^{\text{рез}}$  – неприкосновенный противопожарный запас воды в резервуаре, определяемый из расчета подачи воды на наружное и внутреннее пожаротушение в период 3-часового наибольшего водопотребления города по формуле

$$W_{\text{пож.}}^{\text{рез}} = W_{\text{пож.}} + 3(Q_{\text{max хоз}} - Q_1), \text{ м}^3, \quad (3.8)$$

где  $W_{\text{пож.}}$  – полный объем воды на тушение наружных и внутренних пожаров, определяемый по формуле (2.28);

$Q_{\text{max хоз}}$  – средний максимальный хозяйственный расход за три смежных часа наибольшего водопотребления, определяемый по таблице суммарного водопотребления,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$Q_1$  – часовая подача воды насосной станцией I подъема (4,17 % от  $Q_{\text{сут. max}}^{\text{гор}}$ ),  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

$W_0$  – запас воды на промывку фильтров и другие собственные нужды станции водоподготовки, принимаемый равным 10–14 % от  $Q_{\text{сут. max}}^{\text{гор}}$ ,  $\text{м}^3$ , при отсутствии водооборота промывных вод и 3–4 % от  $Q_{\text{сут. max}}^{\text{гор}}$ ,  $\text{м}^3$ , при повторном использовании промывных вод. В соответствии со СН РБ [1] на станциях водоподготовки производительностью более 5 тыс.  $\text{м}^3/\text{сут.}$  необходимо предусматривать повторное использование промывных вод фильтров.

Полная емкость резервуаров чистой воды может составлять от 15 до 30 % максимального суточного водопотребления города.

Количество резервуаров чистой воды на площадке головных сооружений водопровода принимается не менее двух. При их проек-

тировании следует пользоваться данными о размерах типовых резервуаров (прил. 5).

Так, приняв количество резервуаров равное 2, емкость одного  $W_1$  будет равна  $W / 2$ , м<sup>3</sup>. Из таблицы (прил. 5) выбирают ближайшее значение емкости резервуара с размерами в плане  $F_1 = A \cdot B$  и определяют отметки расчетных уровней воды в них  $Z_B$  и  $Z_0$ .

$Z_0$  – отметка дна резервуара, м, определяемая как разность величин

$$Z_0 = Z_3 - h, \quad (3.9)$$

где  $Z_3$  – отметка земли в месте расположения резервуара, м;

$h$  – величина слоя воды в резервуаре, м,  $h = W_1 / F_1$ ;

$Z_B$  – отметка неприкосновенного противопожарного запаса воды в резервуаре;  $Z_B = Z_0 + h_{\text{пож}}$ , м;

$h_{\text{пож}}$  – величина слоя неприкосновенного противопожарного запаса воды в резервуаре, м, определяемая по формуле

$$h_{\text{пож}} = W_{\text{пож}}^{\text{рез}} / F_1. \quad (3.10)$$

### 3.4. Определение основных режимов работы сети

На основании расчетов, выполненных в табл. 2.3, определяют характерные режимы работы сети и соответствующие им расходы воды для расчета сети.

Наибольшая из цифр графы 8 табл. 2.3 определяет час максимального водопотребления городом (режим максимального водоразбора), который обеспечивается подачей воды насосами II подъема и водонапорной башней (при ее наличии).

Наибольшая из цифр графы 4 табл. 3.1 определяет час максимального транзита в башню и соответствующее ему водопотребление городом, подачу воды насосами II подъема и поступление воды в бак (режим максимального транзита в башню). Этот случай рассчитывается при расположении водонапорной башни в любой точке сети, кроме начальной; при пожаре после сработки противопожарного запаса башня отключается; в системе с контррезервуаром башня может не отключаться.

Третьим расчетным режимом является режим пожара при максимальном водоразборе.

Четвертым поверочным случаем является случай расчета сети при аварийном выключении наиболее нагруженного участка при режиме максимального водоразбора. При этом согласно [1] снижение подачи воды принимают 30 % максимального расчетного расхода с минимальным допустимым напором в диктующей точке 10 м. Величины узловых расходов определяют с коэффициентом 0,7 от величины узловых расходов при случае максимального водоразбора. Узвязку колец производят на ЭВМ.

Пятым расчетным режимом является режим минимального водоразбора.

Аварийный режим и режим минимального водопотребления рассчитывают только по дополнительному указанию преподавателя.

Если в курсовом проекте население города превышает 15 тыс. жителей и сооружение водонапорной башни не предусматривается, то составляют табл. 3.3 основных двух расчетных режимов работы сети с подачей воды в сеть насосной станцией II подъема.

Таблица 3.3

Расчетные режимы работы водопроводной сети  
без водонапорной башни

Расчетный режим работы сети	Водопотребление, м <sup>3</sup> /ч (л/с)				Противопожарное
	Суммарное	Населением	Промпредприятиями		
			№ 1	№ 2	
1	2	3	4	5	6
1. Максимальный водоразбор					
2. Пожар при максимальном водоразборе					

Для системы водоснабжения с водонапорной башней составляют табл. 3.4 трех расчетных режимов, включая режим максимального

транзита в башню и соответствующее ему водопотребление городом, т. е. подачу воды насосами II подъема и поступление воды в бак.

Таблица 3.4

Расчетные режимы работы сети с водонапорной башней

Расчетный режим работы сети	Водопотребление, м <sup>3</sup> /ч (л/с)					Способ подачи		
	Суммарное	Населением	Пром-предприятиями		Противопожарное	Транзит в башню	Насосной станцией II подъема, л/с	Водонапорная башня, л/с
			№ 1	№ 2				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Максимальный водоразбор								
2. Максимальный транзит в башню								
3. Пожар при максимальном водоразборе								

## **4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ**

### **4.1. Трассировка магистральной сети. Порядок гидравлического расчета**

Водопроводная сеть города состоит из магистральной и распределительной сетей. Диаметры трубопроводов магистральной сети определяют гидравлическим расчетом, а диаметры труб распределительной сети – по величине расхода воды на тушение одного наружного пожара.

Водопроводные сети города, а также противопожарные водопроводы следует проектировать кольцевыми для повышения надежности подачи воды потребителям в случае аварийной ситуации. Прокладка тупиковых (разветвленных) линий может применяться только в небольших населенных пунктах (до 5 тыс. жителей) и на объектах, допускающих перерыв в подаче воды на период ликвидации аварии.

Минимальный диаметр участка магистральной сети должен быть больше или равен диаметру распределительной сети, но не менее 100 мм.

После подсчета характерных расчетных расходов воды при различных режимах ее работы от насосной станции II подъема до начала водопроводной сети выбирают место расположения водонапорной башни, т. е. самую высокую отметку водоснабжаемой территории.

Трассировка магистральной сети выполняется с таким расчетом, чтобы вода подавалась ко всем основным потребителям кратчайшим путем. Основные магистрали соединяются перемычками, в результате чего схема сети получается кольцевой, как правило, имеющей удлиненную форму, вытянутую в направлении основного потока воды.

Пересечение двух и более линий сети образуют узлы.

Нумеруют узлы и определяют по генеральному плану длины всех участков сети. Длину участка рекомендуется принимать 400–900 м.

Гидравлический расчет кольцевой магистральной сети производят в такой последовательности:

1. Составляют расчетную схему подачи и отбора воды.
2. Выполняют предварительное потокораспределение (распределение расходов воды по участкам сети).

3. Определяют экономичные (экономически наивыгоднейшие) диаметры труб участков сети.

4. Определяют потери напора на участках сети и величины невязок в кольцах.

5. Производят увязку сети.

Гидравлический расчет магистральной сети производят для всех расчетных случаев работы сети. Расчет максимального водоразбора и максимального водоразбора при пожаре рекомендуется производить по методу Лобачева-Кросса, а случай максимального транзита в башню – по методу М. М. Андрияшева. Расчеты можно производить вручную путем последовательных приближений (обычно достаточно 3–4 исправлений) или на ЭВМ, используя программы, имеющиеся на кафедре и в проектных институтах.

## 4.2. Расчет сети на случай максимального водоразбора

### 4.2.1. Расчетная схема подачи и отбора воды

При расчете сети принимаем условную схему отбора воды. Предполагается, что расчетный расход воды в час максимального водопотребления населением равномерно распределяется по всей длине магистральной сети.

Удельный расход, т. е. отдача воды сетью на 1 м ее длины, определяется по формуле

$$q_{уд} = \frac{Q_{нас}}{\sum l_p}, \text{ л/с на 1 п. м,} \quad (4.1)$$

где  $Q_{нас}$  – водопотребление населением города в час максимального водоразбора, л/с;

$\sum l_p$  – суммарная длина расчетных участков магистральной сети, м.

В длину  $\sum l_p$  не включают участки линий, которые служат для транспортирования, а не для раздачи воды, т. е. проходящих по незастроенной территории, площадям, паркам, мостам и т. п. Для участков магистральной сети, проходящих по границам застройки или по улицам с односторонней застройкой, учитывается 1/2 их длины.

Найдя удельные расходы, определяются путевые расходы воды по формуле

$$q_{\text{пут}} = q_{\text{уд}} \cdot l_p, \text{ л/с.} \quad (4.2)$$

Затем определяются узловые расходы по уравнению

$$q_{\text{узл}} = 0,5 \sum q_{\text{пут}} = 0,5 \sum q_{\text{уд}} l_{\text{расч}} = 0,5 q_{\text{уд}} \sum l_{\text{расч}}, \text{ л/с,} \quad (4.3)$$

где  $\sum l_{\text{расч}}$  – сумма расчетных длин участков, примыкающих к узлу.

При расчетах водопроводных сетей узловые отборы условно принимаются фиксированными, постоянными, не зависящими от изменения давления в сети.

По каждому участку сети, кроме путевого, пропускается транзитный расход, необходимый для питания последующих участков. Как видно из формулы (4.3), узловой расход равен половине суммы путевых расходов всех участков, примыкающих к данному узлу. При такой условной схеме отбора воды (рис. 4.1), когда вся отдача происходит в узлах сети, расчетные расходы участков равны их транзитным расходам. Эти расходы определяют в соответствии с начальным (предварительным) потокораспределением воды по линиям сети.

Результаты определения узловых расходов сводят в табл. 4.1.

Для систем с водонапорной башней табл. 4.1 дополняют значениями узловых расходов при максимальном транзите в башню, величины которых определяются с коэффициентом, равным отношению водопотребления населения в час максимального транзита в башню к водопотреблению в час максимального водоразбора.

Правильность вычисления узловых расходов определяют по равенству

$$\sum q_{\text{узл}} = Q_{\text{нас}}, \quad (4.4)$$

где  $Q_{\text{нас}}$  – водопотребление населением в час максимального водоразбора и в час максимального транзита в башню.

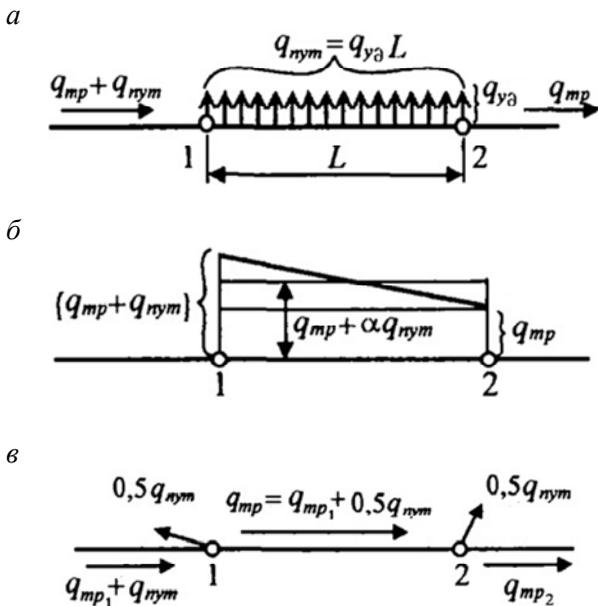


Рис. 4.1. Замена путевых расходов узловыми:  
 а – схема отбора воды; б – график изменения расхода воды по длине участка трубопровода; в – схема сосредоточенных отборов, заменяющих путевой отбор

Таблица 4.1

### Определение узловых расходов воды

Номер узла	Номера участков, примыкающих к узлу	Сумма расчетных длин участков, примыкающих к узлу, $\sum l_{расч}$ , м	Узловой расход $q_{узл}$ , л/с	
			Максимальный водоразбор	Пожар при максимальном водоразборе *.*.*
1	2	3	4	5
1				
N				

Примечания:

\* – узловые расходы принимаются равными узловым расходам при максимальном водоразборе;

\*\* – расчетные расходы на тушение пожаров показываются в виде сосредоточенных в предполагаемых точках пожара.

Водопотребление промпредприятиями и расчетные расходы на тушение пожара в предполагаемых точках их возникновения показываются в виде сосредоточенных.

В кольцевой сети заданные (определенные заранее) отборы воды в узлах могут быть обеспечены неограниченным числом вариантов распределения потоков воды по ее участкам. Поэтому первой подготовительной операцией, предшествующей гидравлическому расчету кольцевой сети, является вероятное распределение потоков воды на расчетной схеме по всем магистральным линиям сети (начальное потокораспределение).

Схемы начального потокораспределения для выбранных расчетных случаев позволяют установить значения расчетных расходов отдельных участков и определить по ним диаметры труб. Естественно, для различных расчетных случаев расходы на одних и тех же участках сети будут различными.

Обычно начальное потокораспределение ведут в следующей последовательности:

- приближенно назначают диктующие точки сети, которые располагаются в конце сети на наиболее удаленных и высоко расположенных отметках с наибольшими узловыми отборами;

- намечают основные параллельные пути снабжения водой от источника питания до диктующих точек. Эти направления иногда называют транзитными. Они, как правило, имеют более короткое направление, чем конкурентноспособные им;

- намечают расходы воды по основным путям. По возможности основные пути снабжения водой потребителей должны иметь одинаковую проводимость;

- назначают диаметры перемычек, соединяющих между собой транзитные (магистральные) линии, исходя из предполагаемой нагрузки, которую они могут иметь в случае аварии на некоторых магистральных линиях.

После проведения перечисленных операций по расчетным расходам определяют диаметры участков сети на основе технико-экономических расчетов.

Правильность предварительного потокораспределения для каждого узла сети контролируется условием соблюдения баланса расходов воды в узлах (первый закон Киргофа), т. е. сумма всех расхо-

дов, приходящих к любому узлу, равна сумме расходов, уходящих из этого узла, включая узловой расход.

Пример расчетной схемы водопроводной сети на случай максимального водоразбора показан на рис. 4.2.

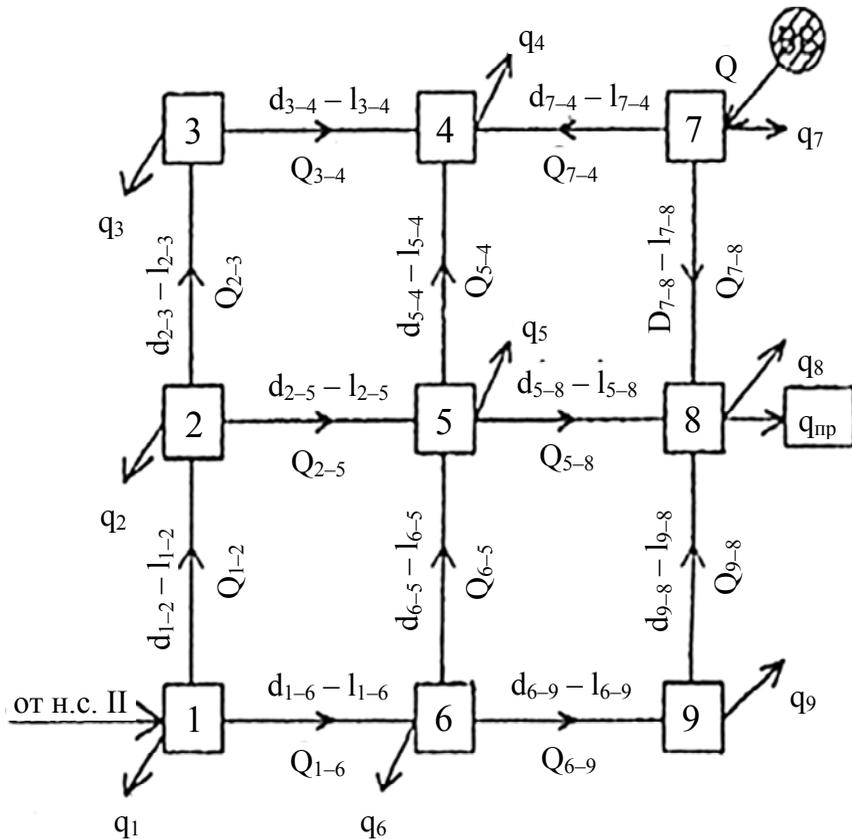


Рис. 4.2. Расчетная схема водопроводной сети на случай максимального водоразбора

#### 4.2.2. Определение диаметров участков сети

Диаметры труб участков выбирают с учетом требований экономичности, которая характеризуется экономическим фактором Э.

Согласно рекомендациям [10], для условий Республики Беларусь можно приближенно принимать  $\Theta = 0,75$  или рассчитывать по существующим методикам.

По расчетным расходам воды на участках сети, полученным в результате предварительного потокораспределения, определяют диаметр труб участков, пользуясь таблицами Шевелева [10], затем составляют табл. 4.2.

Таблица 4.2

Определение диаметров участков сети

Номера участков сети	Расчетные расходы $q_{i-k}$ , л/с		Диаметр, $D$ , мм
	Режим максимального водоразбора	Режим максимального транзита	
1	2	3	4

**4.2.3. Определение потерь напора на участках сети и величин невязок в кольцах**

Потери напора в трубопроводах по длине определяют по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$h = \lambda \frac{l}{D_p} \frac{v^2}{2g}, \text{ м}, \quad (4.5)$$

где  $\lambda$  – коэффициент гидравлического сопротивления по длине трубы;

$l$  – длина трубы, м;

$D_p$  – расчетный внутренний диаметр трубы, м;

$v$  – средняя скорость движения воды в трубе, м/с.

Для практических расчетов потерь напора на участках сети используют формулу:

$$h = Alq^2 = Sq^2, \quad (4.6)$$

где  $A$  – удельное сопротивление трубопровода, величина которого принимается по [10, табл. 1.3]. При скоростях движения воды в трубах больших или меньших 1 м/с вводится поправочный коэффициент  $K$ , который определяется по [10, табл. 1.4] в зависимости от области гидравлических сопротивлений и материала труб;

$l$  – длина трубопровода, м;

$q$  – расчетный расход участка сети, л/с;

$S$  – полное сопротивление участка длиной  $l$ , м,  $S = Al$ .

Потери напора могут определяться по формуле

$$h = il, \text{ м}, \quad (4.7)$$

где  $i$  – гидравлический уклон, принимаемый по [10], в зависимости от материала труб, их диаметра и расхода воды.

После определения потерь напора на отдельных участках сети производят алгебраическое суммирование потерь напора в каждом кольце, т. е. определяют невязку:

$$\Delta h = \sum hi. \quad (4.8)$$

Истинное распределение расходов воды по участкам сети характеризуется тем, что в каждом кольце сумма потерь напора на участках, где вода движется по часовой стрелке, равна сумме потерь напора на участках, где вода движется против часовой стрелки, т. е. невязка в кольце  $\Delta h = \sum h_i = 0$ .

Величина невязки допустима  $\Delta h \leq 0,5$  м для колец, а по внешнему контуру –  $\Delta h \leq 1,5$  м.

#### 4.2.4. Увязка сети

Знак невязки показывает, какие участки перегружены, а какие недогружены. Если  $\Delta h > 0$ , то перегружены участки, по которым вода движется по часовой стрелке, а если  $\Delta h < 0$ , то наоборот.

Для уменьшения величины невязки следует перераспределить потоки воды таким образом, чтобы уменьшить их на перегруженных участках и увеличить на недогруженных путем пропуска по контуру кольца увязочного расхода  $\Delta q$  в направлении, обратном невязке.

Гидравлический расчет (увязку) сети для случая максимального хозяйственного водоразбора рекомендуется производить по методу Лобачева-Кросса в табличной форме (см. табл. 4.3).

Расчеты по увязке сети ведутся в следующем порядке:

1) по предварительно намеченным расходам и диаметрам отдельных участков сети по таблицам Шевелева [10] находят скорости в трубах;

2) по табл. 1.3 [10] находят удельные сопротивления ( $A$ ) и поправки к ним на скорость – коэффициенты  $K$  по табл. 1.4 [10];

3) вычисляют сопротивления всех линий сети  $S = AIK$ , произведения  $SQ$  и потери напора во всех линиях  $h = SQ^2$ ;

4) путем арифметического суммирования определяют для каждого кольца  $\sum SQ$ , а путем алгебраического суммирования – невязки потерь напора в кольцах  $\Delta h = \sum SQ^2$ .

Увязочный расход определяют по формуле

$$\Delta q_I = \frac{\Delta h}{2 \sum SQ}, \text{ л/с,} \quad (4.9)$$

где  $\Delta h$  – невязка в кольце при первом туре расчета сети;

$\sum SQ$  – сумма произведений сопротивления участка на расчетный расход участка;

$q_I$  и  $q_{II}$  – исправленные расходы, определяемые соответственно по формулам:

$$\begin{aligned} q_I &= q \pm \Delta q_I; \\ q_{II} &= q_I \pm \Delta q_{II}; \\ &\dots \\ q_N &= q_{N-1} \pm \Delta q_N, \end{aligned} \quad (4.10)$$

где  $\Delta q_I$ ,  $\Delta q_{II}$ ,  $\Delta q_N$  – увязочные расходы соответственно для I, II и N исправлений.

Примеры гидравлической увязки сети приведены в прил. 7.

Таблица 4.3

## Расчет сети по методу Лобачева-Кросса

Номер кольца	Номер участка	Длина участка, м	Предварительное потокораспределение							I исправление				II исправление				
			$Q_b$ , л/с	$D$ , мм	$v$ , м/с	$A$ , мм	$K$ , с/м	$S = AIK$ , с/м	$Sq$	$Sq^2$	$\Delta q_1$ , л/с	$q_1$ , л/с	$Sq_1$	$h_1 = Sq_1^2$	$\Delta q_{II}$ , л/с	$q_{II}$ , л/с	$Sq_{II}$	$h_{II} = Sq_{II}^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

### 4.3. Расчет сети на случай максимального транзита в башню

Расчет сети на этот случай рекомендуется производить по методу М. М. Андрияшева. Этот метод заключается в том, что увязочные расходы могут проводиться как по отдельным кольцам, так и по контурам, охватывающим несколько колец.

Величины узловых расходов определяются с коэффициентом, равным отношению водопотребления населения в час максимального транзита в башню к водопотреблению населения в час максимального водоразбора.

Величину увязочного расхода определяют подбором (пробная увязка) или по формуле

$$\Delta q = \frac{q_{\text{ср}} \Delta h}{2 \sum h}, \quad (4.11)$$

где  $q_{\text{ср}}$  – средний арифметический расход замкнутого контура (кольца), л/с;

$\Delta h$  – невязка в кольце, м;

$\sum h$  – арифметическая сумма потерь напора замкнутого контура (кольца), м.

Эта формула дает хороший результат лишь тогда, когда расходы участков мало отличаются друг от друга. В остальных случаях лучше использовать метод пробной увязки.

На участках сети, которые являются смежными для двух колец, учитываем увязочные расходы, проводимые по этим двум кольцам.

Увязка сети по методу М. М. Андрияшева производится на схеме, показанной на рис. 4.2, и выполняется в следующем порядке:

1) по уточненным расходам ( $q_k + \Delta q$ ) находим потери напора на участках колец;

2) для каждого кольца определяем величину невязки  $\Delta h$ ;

3) расчет производим путем повторных туров увязки, пока невязка потерь напора в кольцах  $\Delta h$  не достигнет допустимой величины ( $\Delta h \leq 0,5$  м).

#### 4.4. Расчет сети на режим максимального водоразбора при пожаре

Расчет сети на режим максимального водоразбора при пожаре является поверочным расчетом и производится по методу Лобачева-Кросса.

Диаметры труб участков сети, определяемые для 2-х предыдущих случаев с учетом экономического фактора, проверяются на пропуск увеличенных расходов (максимальные хозяйственные плюс противопожарные). При пожаре допускается увеличение скоростей движения воды больше экономичных ( $v_{\text{пож}} = 2,5-3$  м/с), т. к. пожар продолжается сравнительно недолго.

Выбор предполагаемых точек пожара производят из соображений подачи воды на тушение пожара в самые высокие и отдаленные от начала сети точки водоснабжаемой территории или на промпредприятиях, расположенных в пределах населенного пункта, если там требуются большие расходы на тушение пожара, чем в городе (см. п. 2.4 настоящих указаний). Значения потерь напора для максимального водоразбора при пожаре сводят в табл. 4.4, аналогичную по форме табл. 4.3.

## 5. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОВОДОВ

В соответствии с принимаемой системой водоснабжения необходимо рассчитать водоводы, соединяющие водопроводную башню с сетью, и водоводы, соединяющие насосную станцию II подъема с сетью.

Для обеспечения надежности подачи воды принимаем водоводы из 2-х линий. Материал труб принимается на основе технико-экономического расчета, при этом чаще всего предпочтение отдается пластмассовым трубам или высокопрочному чугуну ВЧШГ. Длину водоводов определяем по генплану города.

Диаметр водоводов принимают по [10] с учетом экономического фактора, равного приближенно  $\mathcal{E} = 0,75$ , или рассчитывают по формуле

$$D_3 = \mathcal{E}^{0,14} Q^{0,42}, \text{ м}, \quad (5.1)$$

где  $\mathcal{E}$  – экономический фактор,

$Q$  – расчетный расход водовода, м<sup>3</sup>/с.

Водоводы должны быть рассчитаны на характерные случаи их работы, соответствующие режимам работы сети.

Определение потерь напора в водоводах сводится в табл. 5.1.

Таблица 5.1

### Определение потерь напора в водоводах

Расчетный режим работы сети	Расчетный расход, л/с	Экономичный диаметр, мм	Длина, м	Потери напора, м
1. Максимальный водоразбор				
2. Максимальный транзит в башню				
3. Максимальный водоразбор при пожаре				

*Примечание:* в числителе показываются потери напора в водоводах второго подъема, в знаменателе – в башенных водоводах.

Пример графического оформления результатов расчета сети приведен на рис. 5.1.

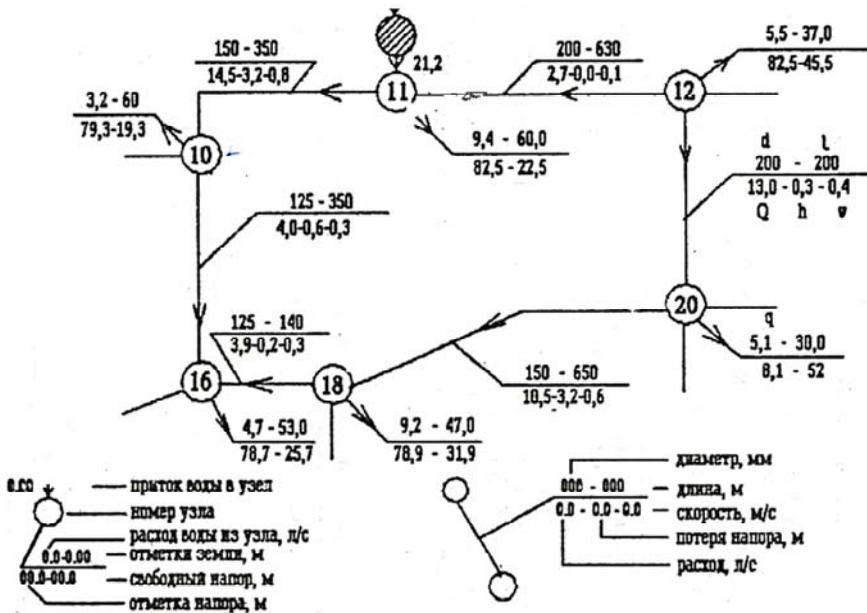


Рис. 5.1. Пример оформления результатов расчета водопроводной сети

## 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ

Высота водонапорной башни определяется по формуле

$$H_B = H_{\text{св}}^T + h_{\text{Б-Д}} - (Z_B - Z_D), \text{ м}, \quad (6.1)$$

где  $H_{\text{св}}^T$  – требуемый свободный напор в диктующей точке, м;

$h_{\text{Б-Д}}$  – сумма потерь напора по пути движения воды от башни до диктующей точки (для случая максимального водоразбора), м;

$Z_B$  – отметка земли в месте расположения башни, м;

$Z_D$  – отметка земли в диктующей точке, м.

Если в результате расчетов окажется, что  $H_B < H_{\text{св}}^T$ , то высота башни определяется по формуле

$$H_B = H_{\text{св}}^T + (1,5-2), \text{ м}. \quad (6.2)$$

## 7. ПОСТРОЕНИЕ ПЬЕЗОМЕТРИЧЕСКИХ ЛИНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОБОДНЫХ НАПОРОВ В СЕТИ

### 7.1. Требуемое давление (требуемый свободный напор)

Требуемое минимальное избыточное давление водопроводной сети на вводе в здание  $P_{тр}$ , МПа, относительно поверхности земли при любых режимах водопотребления должно приниматься не менее 0,1 МПа для одноэтажной застройки населенного пункта.

Для многоэтажной застройки требуемое минимальное избыточное давление следует определять при максимальном часовом расходе по формуле

$$P_{трn} = 0,1 + (n - 1)0,04 \quad (7.1)$$

и при минимальном часовом расходе по формуле

$$P_{трn} = 0,1 + (n - 1)0,03, \quad (7.2)$$

где  $n$  – количество этажей в здании.

Для отдельных многоэтажных зданий или их группы, расположенных в районах с меньшей этажностью застройки или на возвышенных местах, допускается предусматривать насосные станции для повышения давления.

Давление в водопроводной сети на вводе в здание не должно превышать 0,6 МПа. При большем давлении для отдельных зданий или районов следует предусматривать установку регуляторов давления или зонирование системы водоснабжения.

Избыточное давление в сети у водоразборных колонок должно быть не менее 0,1 МПа.

Учитывая, что в учебной литературе [7, 8, 9 и др.] используется понятие требуемого свободного напора  $H_{св}$ , выражаемого в м, допускается также использовать это понятие в курсовом проекте. В этом случае требуемый свободный напор при максимальном хозяйственном водопотреблении определяется по формуле

$$H_{св} = 10 + 4(n - 1), \text{ м.} \quad (7.3)$$

## 7.2. Фактические напоры в водопроводной сети

В результате анализа гидравлического расчета магистральной сети намечаем самую неблагоприятную точку на сети в части обеспечения требуемым свободным напором, так называемую диктующую точку. Чаще всего ею оказывается самая удаленная от начала сети или расположенная на самой высокой отметке водоснабжаемой территории точка.

Пьезометрическая отметка в этой точке равна:

$$\Pi_D = Z_D + H_{\text{св}}^T, \text{ м}, \quad (7.4)$$

где  $Z_D$  – отметка земли в диктующей точке, м;

$H_{\text{св}}^T$  – требуемый свободный напор, м, определяемый в соответствии с п. 2.6 настоящих указаний.

Затем определяют пьезометрическую отметку  $\Pi_1$  для точки, расположенной на противоположном от диктующей конце участка:

$$\Pi_1 = \Pi_D \pm h_{D-1}, \text{ м}, \quad (7.5)$$

где  $h_{D-1}$  – потеря напора на участке, м.

Пьезометрические отметки для всех других точек сети определяют по формуле

$$\Pi_{i+1} = \Pi_i \pm h_{i+1}, \text{ м}. \quad (7.6)$$

При вычислении пьезометрических отметок учитываются направления движения воды на участках. Например, если вода движется от диктующей точки к точке на противоположном конце участка, для которой определяется пьезометрическая отметка, то потери напора вычитаются. Если же вода движется от точки, для которой определяется пьезометрическая отметка к диктующей точке, то потери напора прибавляются.

Направления движения воды по участкам определяются по расчетным схемам сети.

Фактический свободный напор в узлах сети определяется по формуле

$$H_{\text{св}}^\Phi = \Pi_i - Z_i, \text{ м}, \quad (7.7)$$

где  $\Pi_i$  – пьезометрическая отметка  $i$ -ой точки, м;

$Z_i$  – отметка земли в  $i$ -ой точке, м.

Определение фактических свободных напоров в узлах сети производится для трех расчетных случаев работы сети.

Результаты вычислений пьезометрических отметок и фактических свободных напоров во всех точках сети приводятся в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Пьезометрические отметки и фактические свободные напоры в узловых точках сети

Номера узлов сети	Номера расчетных участков	Потери напора на участке, м	Требуемый свободный напор, м	Отметки, м		Фактический свободный напор, м $H_{св}^{\phi} = \Pi_i - Z_i$
				Поверхности земли	Пьезометрические	
1	2	3	4	5	6	7

Если фактические свободные напоры во всех точках сети больше или равны требуемым свободным напорам, т. е.  $H_{св}^{\phi} \geq H_{св}^r$ , то диктующая точка выбрана правильно. Если это условие не выполнено, то следует заново проанализировать результаты гидравлического расчета сети, т. е. выбрать новую диктующую точку и повторить расчет по форме табл. 7.1.

По данным табл. 7.1 строят профиль пьезометрических линий.

Для случая максимального транзита в башню диктующей точкой является сама башня, а пьезометрическая отметка определяется по формуле

$$\Pi_B = Z_B + H_B + h_B, \text{ м}, \quad (7.5)$$

где  $Z_B$  – отметка земли в месте расположения башни, м;

$H_B$  – высота водонапорной башни, т. е. расстояние от уровня земли до дна бака, м;

$h_B$  – высота слоя воды в баке водонапорной башни, м, (определяется в п. 3.2 настоящих указаний).

Примеры построения профилей пьезометрических напоров в сети показаны на рис. 7.1 и 7.2 соответственно для сети с водонапорной башней и для безбашенной системы водоснабжения.

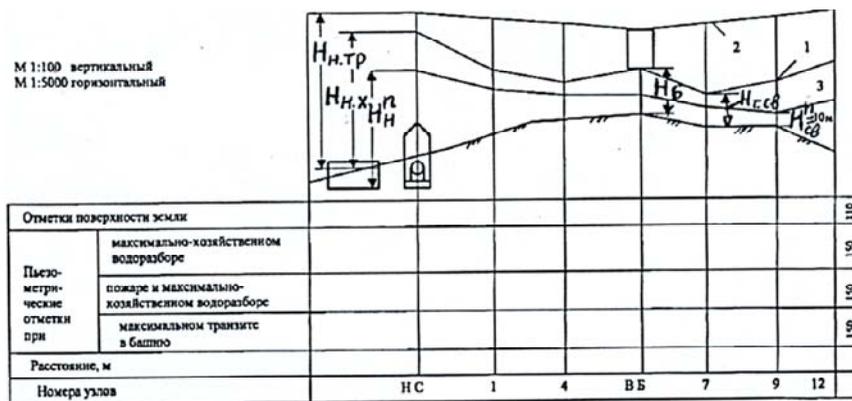


Рис. 7.1. Профиль пьезометрических напоров в сети с водонапорной башней:  
1 – при максимальном хозяйственном водоразборе;  
2 – при максимальном транзите в башню;  
3 – при пожаре и максимальном хозяйственном водоразборе

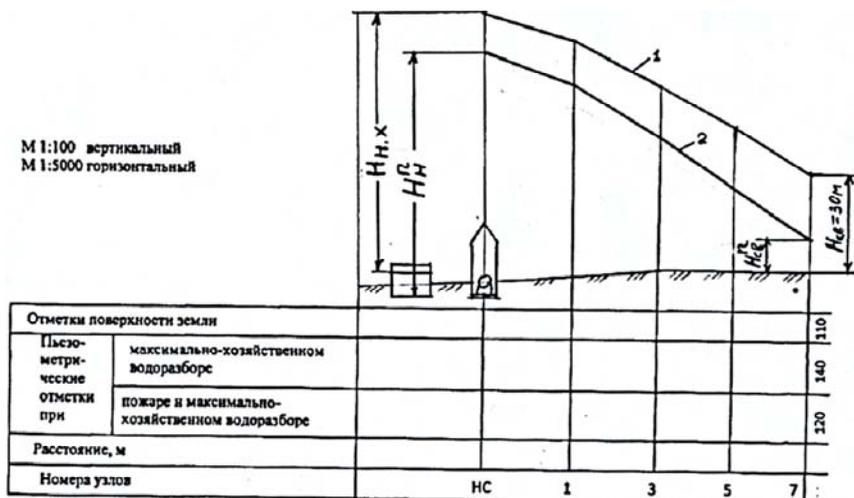


Рис. 7.2. Профиль пьезометрических напоров в сети без водонапорной башни:  
1 – при максимальном хозяйственном водоразборе;  
2 – при пожаре и максимальном хозяйственном водоразборе

## 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПОРОВ НАСОСОВ СТАНЦИИ П ПОДЪЕМА

Определение требуемых напоров насосов производим для трех случаев работы сети.

Напор насосов для режима максимального водоразбора  $H_{\text{нх}}$  определяют по формуле

$$H_{\text{нх}} = H_{\text{св}}^T + \Sigma h_{\text{с}} + h_{\text{в}} + h_{\text{нс}} + (Z_{\text{д}} - Z_{\text{в}}), \text{ м}, \quad (8.1)$$

где  $H_{\text{св}}^T$  – требуемый свободный напор в диктующей точке, м;

$\Sigma h_{\text{с}}$  – потери напора в сети от начала сети до диктующей точки, м;

$h_{\text{в}}$  – потери напора в водоводах при режиме максимального водоразбора, м;

$h_{\text{нс}}$  – потери напора в коммуникациях насосной станции II подъема, м, (ориентировочно принимают равными 2–3 м);

$Z_{\text{д}}$  – отметка поверхности земли в диктующей точке, м;

$Z_{\text{в}}$  – отметка расчетного уровня в резервуарах чистой воды, м.

Необходимый напор насосов для режима максимального транзита в башню (при ее наличии)  $H_{\text{нх}}^T$  определяют по формуле

$$H_{\text{нх}}^T = H_{\text{б}} + h_{\text{б}} + \Sigma h_{\text{с}}^T + h_{\text{в}}^T + h_{\text{нс}}^T + (Z_{\text{б}} - Z_{\text{в}}), \text{ м}, \quad (8.2)$$

где  $H_{\text{б}}$  – высота башни, м;

$h_{\text{б}}$  – расчетная глубина воды в баке водонапорной башни, м;

$\Sigma h_{\text{с}}^T$  – потери напора в сети от начала сети до башни, м;

$h_{\text{в}}^T$  – потери напора в водоводах, м;

$h_{\text{нс}}^T$  – потери напора в коммуникациях насосной станции II подъема при подаче воды при втором расчетном режиме;

$Z_{\text{б}}$  – отметка поверхности земли в точке расположения башни, м;

$Z_{\text{в}}$  – отметка расчетного уровня в резервуарах чистой воды, м.

Необходимый напор насосов для режима пожара при максимальном водоразборе  $H_{\text{н}}^{\text{п}}$  определяют по формуле

$$H_{\text{н}}^{\text{п}} = H_{\text{св}}^{\text{п}} + \sum h_{\text{с}}^{\text{п}} + h_{\text{в}}^{\text{п}} + h_{\text{нс}}^{\text{п}} + (Z_{\text{д}} - Z_0), \text{ м}, \quad (8.3)$$

где  $H_{\text{св}}^{\text{п}}$  – требуемый свободный напор в диктующей точке при пожаре;  $H_{\text{св}}^{\text{п}} = 10$  м (для систем низкого давления);

$\sum h_{\text{с}}^{\text{п}}$  – потери напора в сети от начала сети до диктующей точки, м;

$h_{\text{в}}^{\text{п}}$  – потери напора в водоводах при подаче пожарного расхода, м;

$h_{\text{нс}}^{\text{п}}$  – потери напора в коммуникациях насосной станции II подъема при подаче воды при третьем расчетном режиме, м;

$Z_{\text{д}}$  – отметка поверхности земли в диктующей точке для расчетного случая, м;

$Z_0$  – отметка дна резервуара, м.

## 9. ПОДБОР НАСОСОВ

Подбор насосов производится с учетом изменения расходов и напоров в сети на основные случаи ее работы.

Марку так называемых хозяйственных насосов подбирают по характеристикам:

– расходу, определяемому по формуле

$$q_{\text{нх}} = \frac{q_{\text{ч max}}^{\text{гор}}}{n}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (9.1)$$

где  $q_{\text{ч max}}^{\text{гор}}$  – максимальное часовое водопотребление города,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , определяемые по графе 8 табл. 2.3;

$n$  – число рабочих насосов;

– по напору  $H_{\text{нх}}^{\text{T}}$  или  $H_{\text{нх}}$  (в зависимости от наличия водонапорной башни в сети), определяемому в разделе 8 данного пособия.

Подбор насосов приводится в табл. 9.1. Марка насосов может быть подобрана по прил. 6 для российских и отечественных насосов и по специальным каталогам для насосов, производимых в других странах, например применяемых в Беларуси насосов немецкой марки Wilo.

Таблица 9.1

### Подбор насосов

Расчетные режимы работы сети	Производительность насоса, л/с	Напор насосов, м	Число рабочих насосов	Марка насоса
Максимальный хозяйственный водоразбор				
Максимальный транзит в башню*				
Пожар при максимальном водоразборе				

*Примечание:* \*насосы подбирают при наличии в сети водонапорной башни.

## 10. КОНСТРУИРОВАНИЕ И ДЕТАЛИРОВКА ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Конструирование водопроводной сети заключается в выборе материала и класса прочности труб, фасонных частей, арматуры и сооружений на сети согласно принятой схеме и гидравлическому расчету сети [1, 7, 12, 13].

В пределах населенного пункта для водопроводной сети и водоводов можно принимать чугунные напорные трубы, лучше из высокопрочного чугуна ВЧШГ, под резиновую манжету класса А, а также пластмассовые или железобетонные, что обычно определяется технико-экономическим расчетом.

Стальные трубы применяются для устройства переходов под автодорогами, через водные преграды и овраги, в местах пересечения хозяйственно-питьевого водопровода с сетями канализации, при прокладке в туннелях и по эстакадам, а также на участках сетей водоводов при рабочем давлении более 1,2 МПа.

Глубина заложения, считая до низа труб, назначается на 0,5 м больше расчетной глубины промерзания грунта. Минимальная глубина заложения, считая до верха трубы, должна быть не менее 0,5 м из условия предупреждения нагрева воды в летнее время. Трубы укладываются с уклоном не менее 0,001 по направлению к выпуску, при плоском рельефе местности уклон допускается уменьшить до 0,0005.

Для обеспечения нормальной и надежной эксплуатации водопроводной сети и водоводов устанавливается следующая арматура. Для выделения ремонтных участков, присоединения распределительных линий, а также регулирования подачи воды устанавливаются задвижки с ручным приводом с таким расчетом, чтобы отключалось не более пяти пожарных гидрантов и длина ремонтного участка не превышала 5 км.

В повышенных точках сети и водоводов устанавливаются вентузы для впуска и выпуска воздуха в целях исключения образования в трубах вакуума при их опорожнении и скопления воздуха, выделяющегося из воды.

В пониженных точках каждого ремонтного участка устанавливаются выпуски, диаметр которых принимается из условия опорожнения труб в течение не более 2-х часов.

Тушение наружных пожаров осуществляется с помощью пожарных гидрантов. Расстояние между ними определяется расчетом. В курсовом проекте допускается принимать это расстояние  $\leq 150$  м.

Максимальное расстояние от пожарного гидранта до обслуживаемого им здания или сооружения не должно превышать 260 м [4].

Расположение пожарных гидрантов на водопроводной сети должно обеспечивать пожаротушение любого обслуживаемого данной сетью здания, сооружения или их отсеков не менее чем от двух гидрантов при расходе воды на пожаротушение 15 л/с и более и от одного – при меньшем расходе.

На поворотах трубопроводов в вертикальной или горизонтальной плоскости, когда возникающие усилия не могут быть восприняты стыками труб, устраивают упоры из бетона, бутобетона или бутовой кладки.

Компенсаторы устанавливают на трубопроводах в условиях возможной просадки грунта, а также когда стыковые соединения трубопроводов не компенсируют осевые перемещения, вызываемые изменением температуры воды, воздуха или грунта; на стальных трубопроводах, прокладываемых в тоннелях, каналах или на эстакадах. Для нормальной эксплуатации водопроводных сетей и водоводов, а также для установки водопроводной арматуры на сетях устраивают водопроводные колодцы.

Водопроводные колодцы проектируются из сборного железобетона: при их диаметре до двух метров – круглые; свыше 2,5 м – прямоугольные. Размеры колодцев определяются с учетом рекомендаций [1, 7, 12, 13].

Водоразборные колонки размещают из условия радиуса действия каждой колонки не более 100 м.

Для защиты водоводов и сетей от гидравлических ударов устанавливается предохранительная арматура, вид которой зависит от причины, вызывающей гидравлический удар.

Детализовку всех узлов магистральной водопроводной сети составляют после определения диаметров, выбора материала и арматуры. Схему выполняют в плане. Трубопроводы обозначают сплошной линией, а другие элементы сети – условными графическими обозначениями.

На схеме показывают трубы с указанием диаметров и длин, фановые части, арматуру, упоры, ответвления распределительной

сети, а также колодцы с размерами в плане и привязкой оси труб к внутренним границам колодцев. Всем элементам сети присваивают номера позиций. Одинаковым элементам и элементам одного диаметра присваивают одинаковые номера позиций.

Составлять детализировку начинают с назначения мест установки пожарных гидрантов, задвижек, водоразборных колонок (если они предусмотрены проектом), ответвлений распределительной сети, вантузов и выпусков, фасонных частей.

Фасонные части принимают чугунные, пластмассовые или из других материалов при соответствующем обосновании [12]. По детализировке кольца составляют спецификацию элементов сети. Пример детализировки и спецификация к ней представлены на рис. 10.1 и табл. 10.1.

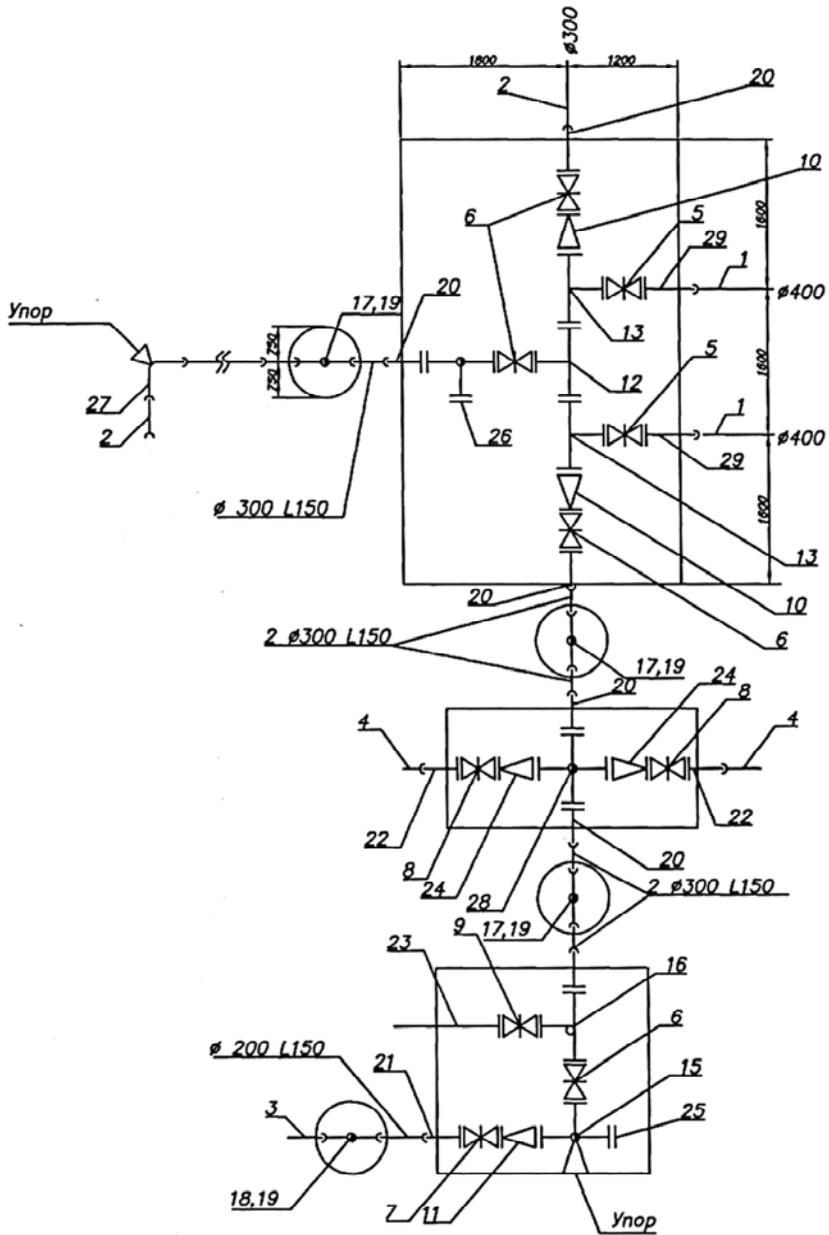


Рис. 10.1. Детализовка водопроводной сети

## Спецификация

Позиция	Обозначение	Наименование	Количество*	Масса единицы**
1	ЧНР 400 ГОСТ 21053-75	Трубы чугунные напорные под резиновую манжету. Класс А		
2	ЧНР 300 ГОСТ 21053-75			
3	ЧНР 200 ГОСТ 21053-76			
4	ЧНР 150 ГОСТ 21053-76			
5	30ч6бр 400 ГОСТ 8437-75	Задвижка параллельная с выдвигаемым шпинделем фланцевая чугунная		
6	30ч6бр 300 ГОСТ 8437-75			
7	30ч6бр 200 ГОСТ 8437-75			
8	30ч6бр 150 ГОСТ 8437-75			
9	30ч6бр 100 ГОСТ 8437-75			
10	ХФ 400, 300 ГОСТ 5525-88	Переход фланцевый		
11	ХФ 300, 200 ГОСТ 5525-88			
12	ТФ 400, 300 ГОСТ 5525-88	Тройник фланцевый		
13	ТФ 400, 400 ГОСТ 5525-88			
14	ПНТФ 300, 200 ГОСТ 5525-88	Тройник фланцевый с пожарной подставкой		
15	ПНТФ 300, 300 ГОСТ 5525-88			
16	ВФ 300, 100 ГОСТ 5525-88	Выпуск фланцевый		
17	ПНР 300 ГОСТ 5525-88			
18	ПНР 200 ГОСТ 5525-88	Пожарная подставка раструбная		
19	Гидрант 1750 ГОСТ 8220-88	Пожарный гидрант		

Окончание табл. 10.1

Позиция	Обозначение	Наименование	Количество*	Масса единицы**
20	ПФГ 300 ГОСТ 5525-88	Патрубок фланец – гладкий конец		
21	ПФГ 200 ГОСТ 5525-88			
22	ПФГ 150 ГОСТ 5525-88			
23	ПФГ 100 ГОСТ 5525-88			
24	ХФ 200, 150 ГОСТ 5525-88	Переход фланцевый		
25	ЗФ 300 ГОСТ 5525-88	Заглушка фланцевая		
26	ЗФ 200 ГОСТ 5525-88			
27	УРГ 300 ГОСТ 5525-88	Колено раструб – гладкий конец		
28	ППКФ 300, 200 ГОСТ 5525-88	Крест фланцевый с пожарной подставкой		
29	ПФГ 400 ГОСТ 5525-88	Патрубок фланец – гладкий конец		

Примечание: \* – определяется для детализуемого кольца;

\*\* – определяется по справочной литературе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы Республики Беларусь: СН 4.01.01-2019. – Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2020. – 68 с.
2. Водоснабжение питьевое. Общие положения и требования: СНБ 4.01.01-03. – Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2004. – 24 с.
3. Административные и бытовые здания. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-3.02-209-2010 (изменение № 1 от 10 мая 2017). – Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2011. – 30 с.
4. Противопожарное водоснабжение. Строительные нормы Республики Беларусь: СН 2.02.02-2019. – Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2020. – 30 с.
5. Пожарная безопасность зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-2.02-315-2018 (33020). – Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2018. – 51 с.
6. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: ТКП 474-2013 (02300). – Минск: Министерство по чрезвычайным ситуациям РБ, 2013. – 52 с.
7. Журба, М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: учебное пособие: в 3 т. / М. Г. Журба, Л. И. Соколов, Ж. М. Говорова; под ред. М. Г. Журбы. – 2-ое изд., перераб. и доп. – Т. 3.: Системы распределения и подачи воды. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 255 с.
8. Николадзе, Г. И. Водоснабжение / Г. И. Николадзе, М. А. Сомов. – М.: Стройиздат, 1995. – 688 с.
9. Орлов, В. А. Водоснабжение / В. А. Орлов, Л. А. Квитка. – М.: Издательство ИНФА, 2017. – 441 с.
10. Шевелев, Ф. А. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: справочное пособие / Ф. А. Шевелев, А. Ф. Шевелев. – М.: Изд. Дом «БАСТЕТ», 2014. – 382 с.
11. Абрамов, Н. Н. Расчет водопроводных сетей / Н. Н. Абрамов, М. М. Поспелова, М. А. Сомов. – М.: Стройиздат, 1983. – 304 с.
12. Монтаж систем водоснабжения и канализации / под ред. А. К. Перешивкина. – М.: Стройиздат, 1988. – 653 с.

13. Москвитин, Б. А. Оборудование водопроводных и канализационных сетей / Б. А. Москвитин [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: БАСТЕТ, 2011. – 293 с.

14. Системы внутреннего водоснабжения и канализации зданий. Строительные нормы Республики Беларусь: СН 4.01.03-2019. – Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2020. – 34 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Проектные нормы водопотребления

Таблица 1.1

Нормы водопотребления для жилых застроек

Степень санитарно-технического оборудования зданий жилой застройки	Проектная суточная норма водопотребления (средняя за год), л/сут на 1 жителя
1. Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией без ванн и душей	85
2. Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом, канализацией и газоснабжением без ванн и душей	100
3. Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом, канализацией, с ваннами и водонагревателями, работающими на твердом топливе	115
4. То же, с газовыми водонагревателями	140
5. Жилая застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом, канализацией и централизованным горячим водоснабжением с душевыми	180
6. То же, с ваннами, оборудованными душами	210
7. Жилая застройка зданиями, имеющими ввод водопровода	50
8. Жилая застройка с водопользованием из водоразборных колонок	30

Таблица 1.2

## Нормы водопотребления для отдельных зданий

Наименование зданий	Проектная суточная норма водопотребления (средняя за год)	
	единица измерения	количество
1	2	3
1. Жилые дома квартирного типа: – с водопроводом и канализацией без ванн и душей; – с газоснабжением; – с водопроводом, канализацией и ваннами с водонагревателями, работающими на твердом топливе; – с водопроводом, канализацией и ваннами с газовыми водонагревателями; – с централизованным горячим водоснабжением, оборудованные умывальниками, мойками и душами; – с ваннами, оборудованными душами; – с централизованным горячим водоснабжением и повышенными требованиями к благоустройству	л/сут на одного жителя	95 120  150  190  195 230  360
2. Общежития: – с общими душевыми; – с душами при всех жилых комнатах; – с общими кухнями и блоками душевых на этажах при жилых комнатах в каждой секции здания	л/сут на одного жителя	85 110  140
3. Гостиницы, пансионаты и мотели с общими ваннами и душами	л/сут на одного проживающего	120
4. Гостиницы и пансионаты с душами во всех отдельных номерах	л/сут на одного проживающего	230
5. Гостиницы с ваннами в отдельных номерах, % от общего числа номеров: – до 25 %; – до 75 %; – до 100 %	л/сут на одного проживающего	200 250 300

Продолжение табл. 1.2

1	2	3
6. Больницы: – с общими ваннами и душевыми; – с санитарными узлами, приближенными к палатам; – инфекционные	л/сут на одно койко-место	115 200 240
7. Санатории и дома отдыха: – с ваннами при всех жилых комнатах; – с душами при всех жилых комнатах	л/сут на одно койко-место	200 150
8. Поликлиники и амбулатории	л/сут на одного больного в смену	13
9. Детские ясли-сады: – с дневным пребыванием детей: а) со столовыми, работающими на полуфабрикатах; б) со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, оборудованными автоматическими стиральными машинами; – с круглосуточным пребыванием детей: а) со столовыми, работающими на полуфабрикатах; б) со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, оборудованными автоматическими стиральными машинами	л/сут на одного ребенка	21,5 75 39 93
10. Детские оздоровительные лагеря (в том числе круглогодичного действия): – со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, оборудованными автоматическими стиральными машинами; – со столовыми, работающими на полуфабрикатах, и стиркой белья в централизованных прачечных	л/сут на одно место	200 55
11. Прачечные: – механизированные; – немеханизированные	л/сут на 1 кг сухого белья	75 40
12. Административные здания	л/сут на одного работающего	12

Продолжение табл. 1.2

1	2	3
13. Учебные заведения (в том числе высшие и средние специальные) с душевыми при гимнастических залах и буфетами, реализующими готовую продукцию	л/сут на одного учащегося	17,2
	л/сут на одного преподавателя	17,2
14. Лаборатории высших и средних специальных учебных заведений	л/сут на один прибор в смену	224
15. Общеобразовательные школы с душевыми при гимнастических залах и столовыми, работающими на полуфабрикатах  То же, с продленным днем	л/сут на одного учащегося	10
	л/сут на одного преподавателя в смену	10
	л/сут на одного учащегося	12
	л/сут на одного преподавателя в смену	12
16. Профессионально-технические училища с душевыми при гимнастических залах и столовыми, работающими на полуфабрикатах	л/сут на одного учащегося	20
	л/сут на одного преподавателя в смену	20
17. Школы-интернаты с помещениями: – учебными (с душевыми при гимнастических залах);  – спальными	л/сут на одного учащегося	9
	л/сут на одного преподавателя в смену	9
	л/сут на одно место	70
18. Научно-исследовательские институты и лаборатории: – химического профиля; – биологического профиля; – физического профиля; – естественных наук	л/сут на одного работающего	460
		310
		125
		12
19. Аптеки: – торговый зал и подсобные помещения; – лаборатория приготовления лекарств	л/сут на одного работающего	12
		310

Продолжение табл. 1.2

1	2	3
20. Предприятия общественного питания: – для приготовления пищи: а) реализуемой в обеденном зале; б) продаваемой на дом; – выпускающие полуфабрикаты: а) мясные; б) рыбные; в) овощные; г) кулинарные	л/сут на одно условное блюдо  л/сут на 1 т полуфабриката	12 10  6700 6400 4400 7700
21. Магазины: – продовольственные;  – промтоварные	л/сут на одного работающего в смену (20 м <sup>2</sup> торгового зала) л/сут на одного работающего в смену	250   12
22. Парикмахерские	л/сут на одного работающего в смену	56
23. Кинотеатры	л/сут на одно место	4
24. Клубы	л/сут на одно место	8,6
25. Театры: – для зрителей;  – для артистов	л/сут на одно место л/сут на одного артиста	10  40
26. Стадионы и спортзалы: – для зрителей;  – для физкультурников (с учетом приема душа); – для спортсменов	л/сут на одно место л/сут на одного физкультурника л/сут на одного спортсмена	3  50 100

Окончание табл. 1.2

1	2	3
27. Плавательные бассейны: – пополнение бассейна;  – для зрителей;  – для спортсменов (с учетом приема душа)	в % от объема бассейна в сутки  л/сут на одно место  л/сут на одного спортсмена (физкультурника)	10  3  100
28. Бани: – для мытья в мыльной с тазами на скамьях и ополаскиванием в душе; – то же, с приемом оздоровительных процедур и ополаскиванием в душе: а) душевая кабина; б) ванная кабина	л/сут на одного посетителя	180  290 360 540
29. Промышленные предприятия: – цеха с тепловыделениями свыше 80 кДж на 1 м <sup>3</sup> /ч – остальные цеха	л/сут на одного человека в смену	45 25

*Примечания:*

1. Нормы водопотребления установлены для основных потребителей и включают все дополнительные расходы (обслуживающим персоналом, душевыми для обслуживающего персонала, посетителями, на уборку помещений и т. п.). Потребление воды в групповых душевых и на ножные ванны на производственных предприятиях, на стирку белья в прачечных и приготовление пищи на предприятиях общественного питания, а также на водолечебные процедуры в водолечебницах, входящих в состав больниц, санаториев и поликлиник, следует учитывать дополнительно. Эти требования не распространяются на потребителей, для которых настоящей таблицей установлены нормы водопотребления, включающие расход воды на указанные нужды.

2. Для потребителей воды в зданиях, сооружениях и помещениях, не указанных в настоящей таблице, нормы расхода воды следует принимать согласно настоящей таблице для потребителей, аналогичных по характеру водопотребления.

3. При использовании неавтоматизированных стиральных машин в прачечных и при стирке белья со специфическими загрязнениями норму расхода горячей воды на стирку 1 кг сухого белья допускается увеличивать до 30 %.

Таблица 1.3

## Нормы водопотребления на мойки и поливки

Виды мойки и поливки	Проектная норма расхода воды	
	единица измерения	количество
1. Механизированная мойка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	л/м <sup>2</sup> на 1 мойку	1,2
2. Механизированная поливка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	л/м <sup>2</sup> на 1 поливку	0,3
3. Поливка вручную (из шлангов) усовершенствованных покрытий тротуаров и проездов		0,4
4. Поливка городских зеленых насаждений		3,0
5. Поливка газонов и цветников		5,0
6. Поливка посадок в грунтовых зимних теплицах		15,0
7. Поливка посадок в стеллажных зимних и грунтовых весенних теплицах, парниках всех типов и утепленном грунте	л/м <sup>2</sup> в сутки	6,0
8. Поливка приусадебных участков		4,0
9. Поливка посадок на приусадебных участках: – овощных культур; – плодовых деревьев		3,0–15,0 10,0–15,0
10. Поливка травяного покрова: – футбольного поля; – остальных спортивных сооружений		3,0 0,5
11. Заливка поверхности катка		0,5

*Примечания:*

1. При отсутствии данных о площадях по видам благоустройства (зеленые насаждения, проезды и т. п.) удельное среднесуточное за поливочный сезон потребление воды на поливку в расчете на одного жителя следует принимать не более 70 л/сут в зависимости от мощности водозаборных сооружений, степени благоустройства населенных пунктов и других местных условий.

2. Количество моек и поливок следует принимать: одна мойка и одна поливка в сутки.

Таблица 1.4

**Расчетное количество одновременных пожаров  
в населенном пункте и расход воды на их тушение**

Количество жителей в населенном пункте, тыс. чел.	Расчетное количество одновременных пожаров	Расход воды на наружное пожаротушение в населенном пункте на один пожар, л/с, при застройке зданиями высотой	
		не более двух этажей	три этажа и более
До 1 включительно	1	5	10
Свыше 1 до 10 включительно	1	10	20
10–25	2	10	20
25–50	2	–	30
50–100	2	–	35
100–200	3	–	40
200–300	4	–	40
300–400	4	–	45
400–500	5	–	45
500–600	5	–	50
600–700	5	–	50
700–800	6	–	50
800–1000	6	–	50

*Примечание:* в расчетное количество одновременных пожаров в населенном пункте включены пожары на промышленных предприятиях, расположенных в пределах населенного пункта. При этом в расчетный расход воды следует включать требуемые расходы воды на пожаротушение на этих предприятиях, но не менее указанных в таблице.

Таблица 1.5

## Расход воды на наружное пожаротушение зданий

Класс зданий по функциональной пожарной опасности и количество этажей	Расход воды на наружное пожаротушение (на один пожар), л/с, при строительном объеме зданий, тыс. м <sup>3</sup>				
	до 1	1–5	5–25	25–50	свыше 50
Ф1.3, Ф1.4 при количестве этажей:					
– до 2;	10 <sup>1</sup>	10	15	20	20
– 3–12;	15	15	20	25	25
– 13–16;	–	–	20	25	30
– 17–25;	–	–	–	25	35
Ф1.1, Ф1.2, Ф2, Ф3, Ф4, Ф5.4 при количестве этажей:					
– до 2;	10 <sup>1</sup>	10	15	20	25
– 3–6;	15	15	20	30	30
– 7–12;	–	–	25	30	35
– 13–16	–	–	25	30	35

<sup>1</sup>Для сельских населенных пунктов расход воды на один пожар – 5 л/с

*Примечание:* в населенных пунктах до 1000 чел. для зданий не выше двух этажей при строительном объеме до 1000 м<sup>3</sup> расход воды на один пожар принимают 5 л/с.

Расход воды на один пожар на наружное пожаротушение зданий промышленных и сельскохозяйственных предприятий необходимо принимать для здания, требующего наибольшего расхода воды, согласно табл. 1.6 или 1.7, в зависимости от степени огнестойкости, категории, строительного объема, наличия фонарей и ширины здания.

Таблица 1.6

**Расход воды на тушение пожаров производственных  
зданий шириной до 60 метров**

Степень огнестойкости здания	Категория здания по взрывопожарной и пожарной опасности	Расход воды на наружное пожаротушение на один пожар для производственных зданий любой ширины с фонарями, а также зданий шириной менее 60 м без фонарей, л/с, при строительном объеме зданий, тыс. м <sup>3</sup>						
		до 3	3–5	5–20	20–50	50–200	200–400	свыше 400
I, II	Г, Д	–	–	10	10	15	20	25
I, II	А, Б, В	10	10	15	20	30	35	40
III	Г, Д	10	10	15	25	35	40	45
III	В	10	15	20	30	40	45	50
III	А, Б	15	20	25	35	45	50	55
IV, V	Г, Д	10	15	20	30	40	50	60
IV, V	В	15	20	25	40	50	60	70

*Примечание:* для зданий класса Ф5.3, зданий плодоовощехранилищ, а также размещаемых на территории сельскохозяйственных предприятий отдельно стоящих зданий классов Ф5.1–Ф5.4 строительным объемом не более 1000 м<sup>3</sup> (за исключением указанных в 5.1.1), а также перечисленных зданий I и II степеней огнестойкости или с незащищенным металлическим каркасом и ограждающими конструкциями из стальных профилированных листов или других негорючих материалов с утеплителем группы горючести не ниже Г2 или с ограждающими конструкциями из материалов групп горючести не ниже Г2 расход воды на один пожар принимают 5 л/с. Допускается при проектировании указанных зданий предусматривать наружное пожаротушение от источников технологического водоснабжения, в том числе водонапорных башен объемом не менее 25 м<sup>3</sup>, содержащих неприкосновенный пожарный запас воды.

Таблица 1.7

**Расход воды на тушение пожаров производственных  
зданий шириной более 60 м**

Степень огнестойкости здания	Категория здания по взрывопожарной и пожарной опасности	Расход воды на наружное пожаротушение на один пожар для производственных зданий шириной 60 м и более без фонарей, л/с, при строительном объеме зданий, тыс. м <sup>3</sup>								
		до 50	свыше	свыше	свыше	свыше	свыше	свыше	свыше	свыше
		включ.	50 до 100	100 до 200	200 до 300	300 до 400	400 до 500	500 до 600	600 до 700	700
I, II	А, Б, В	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I, II	Г, Д	10	15	20	25	30	35	40	45	50
III	А, Б, В	25	35	45	55	65	75	85	95	105
III	Г, Д	15	20	25	30	35	40	45	50	55
IV, V	Г, Д	20	30	35	40	45	50	55	60	75
IV, V	В	30	45	55	65	75	85	95	105	120

Таблица 1.8

## Расход воды на внутреннее противопожарное водоснабжение зданий классов Ф1–Ф4, Ф5.4

Класс зданий по функциональной пожарной опасности	Количество струй	Минимальный расход воды на внутреннее пожаротушение, л/с, на одну струю
1	2	3
Здания класса Ф1.3: – при количестве этажей от 12 до 16 включительно и длине коридоров, м: а) до 10 включительно; б) свыше 10; – при количестве этажей свыше 16 до 25 включительно и общей длине коридоров, м: а) до 10 включительно; б) свыше 10	1	2,5
	2	2,5
	2	2,5
	3	2,5
Здания классов Ф1.1, Ф1.2, Ф2.2, Ф3, Ф4, Ф5.4: – при количестве этажей до 10 включительно, строительным объемом, м <sup>3</sup> : а) от 5000 до 25 000 включительно; б) свыше 25 000; – при количестве этажей свыше 10, строительным объемом, м <sup>3</sup> : а) до 25 000 включительно; б) свыше 25 000	1	2,5
	2	2,5
	2	2,5
	3	2,5
Здания классов Ф2–Ф4, Ф5.4 высотой свыше 50 м и строительным объемом, м <sup>3</sup> : а) до 50 000 включительно б) свыше 50 000	4	5
	8	5

В зданиях классов Ф1–Ф4 и Ф5.4 для помещений с пребыванием в них более 300 человек при отделке стен материалами групп горючести Г3 и Г4 количество струй на внутреннее пожаротушение следует принимать на одну больше, чем указано в табл. 1.8.

Для частей зданий различной этажности или помещений различных классов функциональной пожарной опасности необходимость устройства внутреннего противопожарного водопровода и расходы воды на пожаротушение следует принимать отдельно для каждой части здания.

Таблица 1.9

Расход воды на внутреннее пожаротушение  
зданий классов Ф5.1–Ф5.3

Степень огнестойкости здания	Категория здания по взрывопожарной и пожарной опасности	Количество струй и минимальный расход воды, л/с, на одну струю, на внутреннее пожаротушение в зданиях классов Ф5.1–Ф5.3 высотой до 50 м и строительным объемом, тыс. м <sup>3</sup>				
		свыше 0,5 до 5 включительно	свыше 5 до 50 включительно	свыше 50 до 200 включительно	свыше 200 до 400 включительно	свыше 400
I, II	А, Б, В	2 × 2,5	2 × 5	2 × 5	3 × 5	4 × 5
III	А, Б	2 × 5	3 × 5	3 × 5	3 × 5	4 × 5
III	В	2 × 2,5	2 × 5	2 × 5	3 × 5	4 × 5
III	Г, Д	–	2 × 2,5	2 × 2,5	2 × 5	3 × 5
IV, V	В	2 × 2,5	2 × 5	3 × 5	4 × 5	4 × 5
IV, V	Г, Д	–	2 × 2,5	2 × 5	3 × 5	3 × 5

## Приложение 2

### Количество человек на душевую сетку

Группа производственных процессов	Санитарная характеристика производственных процессов	Расчетное число человек	
		на 1 душевую сетку	на 1 кран
1	Производственные процессы с незначительными избытками явного тепла и пыли, вызывающие загрязнение веществами III и IV классов опасности: – только рук; – тела и спецодежды; – тела и спецодежды, удаляемое с применением специальных моющих средств		
1а		25	7
1б		15	10
1в		5	20
2	Производственные процессы, протекающие при значительных избытках явного тепла или выделений влаги, а также при неблагоприятных метеорологических условиях: – при избытках явного конвекционного тепла; – при избытках явного лучистого тепла; – связанные с воздействием влаги, вызывающей намокание спецодежды; – при температуре воздуха до 10 °С, включая работы на открытом воздухе		
2а		7	20
2б		3	20
2в		5	20
2г		5	20
3	Производственные процессы с резко выраженными вредными факторами, вызывающие загрязнение веществами I и II классов опасности, а также веществами, обладающими стойким запахом: – только рук; – тела и спецодежды		
3а		7	10
3б		3	10

## Приложение 3

### Потребление воды на хозяйственно-питьевые нужды на предприятиях по данным С. Б. Тикунова (для 8-часовой смены)

В горячих цехах $K_r = 2,5$		В холодных цехах $K_x = 3,0$	
Часы смены	Расход воды от полного расхода за смену, %	Часы смены	Расход воды от полного расхода за смену, %
1	12,05	1	6,25
2	12,05	2	12,5
3	12,05	3	12,5
4	12,05	4	18,75
5	12,05	5	6,25
6	12,05	6	12,5
7	12,05	7	12,5
8	15,65	8	18,75
За смену	100	За смену	100

## Приложение 4

### Примерные типовые величины расходов воды по часам суток на хозяйственно-питьевые нужды населения города

Часы суток	Часовой расход, % от суточного, при коэффициенте часовой неравномерности $K_q^{тип}$											
	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,70	1,80	1,90	2,0	2,50
0–1	3,50	3,35	3,20	3,00	2,50	2,00	1,50	1,00	0,90	0,85	0,75	0,60
1–2	3,45	3,25	3,25	3,20	2,65	2,10	1,50	1,00	0,90	0,85	0,75	0,60
2–3	3,45	3,30	2,90	2,50	2,20	1,85	1,50	1,00	0,90	0,85	1,00	1,20
3–4	3,40	3,20	2,90	2,60	2,25	1,90	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00
4–5	3,40	3,25	3,35	3,50	3,20	2,85	2,50	2,00	2,35	2,70	3,00	3,50
5–6	3,55	3,40	3,75	4,10	3,90	3,70	3,50	3,00	3,85	4,70	5,50	3,50
6–7	4,00	3,85	4,15	4,50	4,50	4,50	4,50	5,00	5,20	5,35	5,50	4,50
7–8	4,40	4,45	4,65	4,90	5,10	5,30	5,50	6,50	6,20	5,85	5,20	10,2
8–9	5,00	5,20	5,05	4,90	5,35	5,80	6,25	6,50	5,50	4,50	3,50	8,80
9–10	4,80	5,05	5,40	5,60	5,85	6,05	6,25	5,50	4,85	4,25	3,50	6,50
10–11	4,70	4,85	4,85	4,90	5,35	5,80	6,25	4,50	5,00	5,50	6,00	4,10
11–12	4,55	4,60	4,60	4,70	5,25	5,70	6,25	5,50	6,50	7,50	8,50	4,10
12–13	4,55	4,60	4,50	4,40	4,60	4,80	5,00	7,00	7,50	7,90	8,50	3,50
13–14	4,45	4,55	4,30	4,10	4,40	4,70	5,00	7,00	6,70	6,35	6,00	3,50
14–15	4,60	4,75	4,40	4,10	4,60	5,05	5,50	5,50	5,35	5,20	5,00	4,70
15–16	4,60	4,70	4,55	4,40	4,60	5,30	6,00	4,50	4,65	4,80	5,00	6,20
16–17	4,60	4,65	4,50	4,30	4,90	5,45	6,00	5,00	4,50	4,00	3,50	10,4
17–18	4,30	4,35	4,25	4,10	4,80	5,05	5,50	6,50	5,50	4,50	3,50	9,40
18–19	4,35	4,40	4,45	4,50	4,70	4,85	5,00	6,50	6,30	6,20	6,00	7,30
19–20	4,25	4,30	4,40	4,50	4,50	4,50	4,50	5,00	5,35	5,70	6,00	1,60
20–21	4,25	4,30	4,40	4,50	4,40	4,20	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	1,60
21–22	4,15	4,20	4,50	4,80	4,20	3,60	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00
22–23	3,90	3,75	4,20	4,60	3,70	2,85	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,60
23–24	3,80	3,70	3,50	3,30	2,70	2,10	1,50	1,00	1,00	0,95	1,00	0,60
Всего	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

## Приложение 5

### Марки и основные параметры резервуаров

Номер типового проекта	Марка резервуара	Габаритные размеры резервуара в плане (в осях), м			Емкость	
		ширина	длина	высота	полезная	номинальная
901-4-57, 83	PE-100M-0,5	6	3	3,6	42	50
901-4-58, 83	PE-100M-1	6	6	3,6	99	100
	PE-100M-1,5		9		155	150
	PE-100M-2		12		213	200
	PE-100M-2,5		15		267	250
901-4-59, 83	PE-100M-5	12	12	3,6	451	500
	PE-100M-7		18		692	700
	PE-100M-10		24		932	1000
	PE-100M-12		30		1172	1200
901-4-61, 83	PE-100M-14	18	18	4,8	1413	1400
	PE-100M-19		24		1900	1900
	PE-100M-24		30		2394	2400
901-4-61, 83	PE-100M-29	24	24	4,8	2542	2500
	PE-100M-32		30		3223	3200
	PE-100M-39		36		3884	3900
901-4-62, 83	PE-100M-50	36	30	4,8	4876	5000
	PE-100M-60		36		5875	6000
	PE-100M-70		42		6872	7000
	PE-100M-80		48		7870	8000
	PE-100M-90		54		8866	9000
	PE-100M-100		60		9864	10000
PE-100M-110	66	10863	11000			
901-4-63, 83	PE-100M-120	54	48	4,8	11900	12000
	PE-100M-130		54		13411	13000
	PE-100M-150		60		14917	15000
	PE-100M-160		66		16427	16000
	PE-100M-180		72		17932	18000
	PE-100M-200		78		19443	20000

Технические характеристики насосов

Таблица 6.1

Технические характеристики центробежных горизонтальных насосов типа Д, 1Д, 4Д

Типоразмер насоса	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м	Мощность, кВт × об/мин	D <sub>з</sub> , мм	D <sub>у1</sub> , мм	Габариты, мм	Масса, кг
1	2	3	4	5	6	7	8
Д 200-36	200	36	37 × 1500	150	125	1625×799×835	760
Д 200-36а	190	29,7	30 × 1500	150	125	1500×799×790	660
Д 200-36б	180	25	22 × 1500	150	125	1496×799×790	655
1Д 200-90	100	22	15 × 1500	150	100	1402×530×695	354
1Д 200-90	200	90	90 × 3000	150	100	1727×557×850	780
1Д 200-90а	180	74	75 × 3000	150	100	1687×557×850	740
1Д 200-90б	160	62	55 × 3000	150	100	1592×530×810	607
1Д 250-125	250	125	160 × 3000	150	100	2007×895×965	1170
1Д 250-125а	240	101	132 × 3000	150	100	1952×865×895	1125
1Д 315-50	315	50	75 × 3000	200	150	1686×600×880	785
1Д 315-50а	300	42	55 × 3000	200	150	1582×600×840	662
1Д 315-50б	220	36	45 × 3000	200	150	1572×600×830	577
1Д 315-50	315	50	75 × 3000	200	150	1680×600×860	780
1Д 315-50а	300	42	55 × 3000	200	150	1580×600×780	640
1Д 315-50б	220	37	45 × 3000	200	150	1530×600×765	568
1Д 320-50	320	50	75 × 1500	200	150	1750×966×940	1118
1Д 320-50а	300	39	55 × 1500	200	150	1674×966×900	1038
1Д 315-71	315	71	110 × 3000	200	150	1912×660×910	1096
1Д 315-71а	300	60	90 × 3000	200	150	1727×600×880	827
1Д 500-63	500	63	160 × 1500	250	150	2435×900×1050	1580
1Д 500-63а	450	53	132 × 1500	250	150	2360×890×1020	1500
1Д 500-63б	400	44	110 × 1500	250	150	2320×890×1020	1450
1Д 630-90	630	90	250 × 1500	250	200	2550×1000×1150	2210
1Д 630-90а	550	74	200 × 1500	250	200	2470×1040×1100	1534
1Д 630-90б	500	60	160 × 1500	250	200	2440×1040×1100	1627
1Д 630-125	630	125	400 × 1500	250	150	2430×980×1195	2735
1Д 630-125а	550	101	315 × 1500	250	150	2435×900×1375	2440
1Д 630-125б	500	82	250 × 1500	250	150	2555×795×1180	2360
1Д 800-56	800	56	200 × 1500	300	200	2470×1040×1100	1479
1Д 800-56а	740	48	132 × 1500	300	200	2362×935×1065	1552
1Д 800-56б	700	40	110 × 1500	300	200	2325×935×1065	1500

Окончание табл. 6.1

1	2	3	4	5	6	7	8
1Д 1250-63	1250	63	315 × 1500	350	250	2645×1060×1220	2740
1Д 1250-63а	1100	52,5	250 × 1500	350	250	2595×1060×1220	2535
1Д 1250-63б	1050	44	200 × 1500	350	250	2510×1100×1150	1900
1Д 1250-63	800	28	110 × 1000	350	250	2200×950×1015	1730
1Д 1250-63А	740	24	75 × 1000	350	250	2500×1015×1015	1780
1Д 1250-63б	710	20	55 × 1000	350	250	2150×1100×1100	1520
1Д 1250-125	1250	125	630 × 1500	350	200	3243×1470×1705	4600
1Д1250-125А	1150	102	500 × 1500	350	200	2938×1370×1640	3783
1Д1250-125Б	1030	87	400 × 1500	350	200	2938×1370×1640	3643
1Д 1600-90	1600	90	630 × 1500	350	300	3243×1470×1705	4460
1Д 1600-90А	1450	75	500 × 1500	350	300	2938×1370×1640	3700
1Д 1600-90б	1300	63	400 × 1500	350	300	2938×1370×1640	3500
1Д 1600-90	1000	40	160 × 1000	350	300	2798×1200×1240	2960
1Д 1600-90А	970	34	132 × 1000	350	300	2738×1200×1240	2800
1Д 1600-90б	870	30	110 × 1000	350	300	2693×1200×1240	2550

Таблица 6.2

Технические характеристики центробежных  
горизонтальных насосов типа Д

Марка	Поддача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м	Частота вращения	Мощность двигателя, кВт	Допускаемый кавитный запас, м
1	2	3	4	5	6
Д 2000-21-2	2000	21	1000	160	5
Д 2000-21-2	1600	11	750	75	3
Д 2000-213-2	1850	19	1000	132	5
Д 2000-213-2	1500	10	750	55	3
Д 2000-216-2	1700	17	1000	110	5
Д 2000-216-2	1400	9	750	55	3
Д 2000-100-2	2000	100	1000	800	6
Д 2000-100а-2	1900	88	1000	630	6
Д 2000-100б-2	1800	80	1000	630	6
Д 2500-62-2	2500	62	1000	630	6
Д 2500-62-2	2000	34	750	250	4
Д 2500-62а-2	2300	52	1000	500	6
Д 2500-62а-2	1900	29	750	250	4
Д 3200-33-2	3200	33	1000	400	6,5
Д 3200-33-2	2500	17	750	160	4

Окончание табл. 6.2

1	2	3	4	5	6
Д 3200-33а-2	3000	29	1000	315	6,5
Д 3200-33а-2	2400	15	750	132	4
Д 3200-33б-2	2800	25	1000	315	6,5
Д 3200-33б-2	2300	13	750	110	4
Д 3200-75-2	3200	75	1000	1000	6,5
Д 3200-75-2	2500	42	750	400	4
Д 3200-75а-2	3000	65	1000	800	6,5
Д 3200-75а-2	2300	35	750	400	4
Д 4000-95-2	4000	95	1000	1600	7
Д 4000-95-2	3200	50	750	630	5,5
Д 4000-95а-2	3700	82	1000	1250	7
Д 4000-95а-2-С	3000	45	750	630	5,5
Д 6300-27-3	6300	27	750	630	7,5
Д 6300-27-3	5000	17	600	315	5
Д 6300-27-3-1	5000	32	750	630	7,5
Д 6300-27-3-1	4000	20	600	315	5
Д 6300-27а-3	5800	24	750	500	7,5
Д 6300-27а-3	4620	15	600	250	5
Д 6300-27б-3	5450	22	750	400	7,5
Д 6300-27б-3	4350	14	600	200	5
Д 6300-80-2	6300	80	750	2000	6,5
Д 6300-80-2	5000	50	600	1000	5,5
Д 6300-80а-2	5900	70	750	1600	6,5
Д 6300-80а-2	4700	45	600	800	5,5
Д 6300-80б-2	5500	60	750	1250	6,5

Таблица 6.3

## Технические характеристики консольных насосов типа К

Марка	Параметры		Электродвигатель		Габаритные размеры, мм			Вес, кг	
	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м	Мощность, кВт	Частота, об/мин	L	B	H	насос	агрегат
К8/18 (1,5 К6)	6,0–8–12	19–18–14	1,5	3000	788	257	320	47	64,5
К 50-32-125	8,6–12,5–17	22–20–17	2,2	3000	790	348	312	32	80
К 20/18	10,5–20–22,5	22–18–17	2,2	3000	818	208	340	34,5	68
К 65-50-125	14,4–25–32,4	22–20–18	3,0	3000	770	368	325	37	100
К 20/30 (2 К6)	13–20–28	33–30–24	4,0	3000	832	300	345	56	92
К 65-50-160	15–25–34	34–32–28	5,5	3000	865	397	338	46	115
К 45/30 (2К9)	28–45–58	35–30–25	7,5	3000	1030	332	415	77	133
К 80-65-160	32–50–68	34–32–26	7,5	3000	920	350	370	50	136
К 80-65-160А	31–45–56	29–26–21	5,5	3000	920	350	370	50	125
К45/55 (3К6)	45	55	15	3000	1215	390	422	96	226
К 80-50-200	36–50–68	54–50–44	15	3000	1127	458	455	52	230
К 80-50-200А	29,5–45–57	44–40–36	11	3000	990	458	425	52	172
К 90/20	56–90–110	26–20–16	7,5	3000	1030	332	415	63	104
К90/35(4К12)	90	35	15	3000	1215	390	410	101	231
К 100-80-160	65–100–132	36–32–28	15	3000	1235	458	455	78	250
К 100-80-160А	60–90–120	30–25–20	11	3000	1105	458	425	78	192
К 90/55 (4К8)	90	55	30	3000	1430	515	585	112	400
К 100-65-200	60–100–140	56–50–42	30	3000	1290	498	510	82	370
К100-65-200А	60–90–120	45–40–30	18,5	3000	1265	490	475	82	295
К 90/85 (4К6)	63–90–117	95–85–67	45	3000	1600	663	730	120	340
К 100-65-250	74–100–145	82–80–67	45	3000	1390	568	605	117	485
К 100-65-250 А	60–90–120	70–65–55	37	3000	1390	568	605	117	460
К 160/20 (6К12)	126–160–188	23–20–17	15	1500	1425	505	520	135	220
К150-125-250	120–200–245	21–20–18	18,5	1500	1325	475	455	140	375
К 160/30 (6К8)	120–160–210	34–30–24	30	1500	1515	515	555	150	420
К 150-125-315	130–200–250	35–32–27	30	1500	1375	540	510	145	422
К 290/18(8К18)	215–290–330	20–18–16	22	1500	1515	515	555	295	420
К 200-150-250	220–315–280	22–20–18	30	1500	1400	525	640	135	425
К 290/30 (8К12)	200–290–360	34–30–26	37	1500	1645	575	630	353	550
К 290/30А	195–250–300	27–24–20	30	1500	1555	515	585	353	460
К 200-150-315	230–315–370	34–32–28	45	1500	1665	600	720	345	570

Таблица 7.1

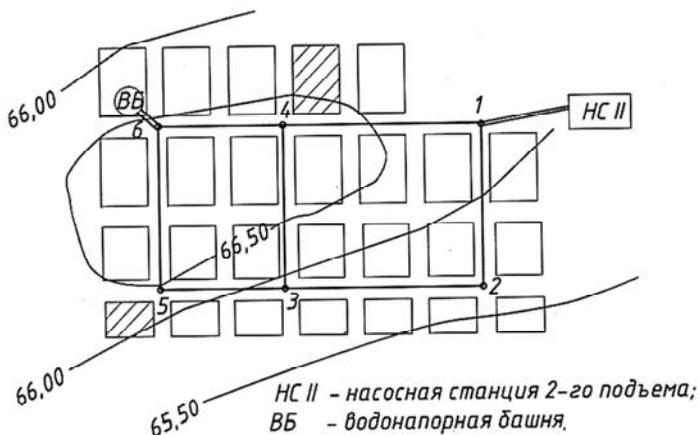
Пример гидравлической увязки кольцевой водопроводной сети с ВВ

№ Уч- ка	Предварительное поточкараспределение										I исправление				
	$L, \text{ м}$	$q, \text{ л/с}$	$d, \text{ мм}$	$v, \text{ м/с}$	$K$	$A$	$S$	$Sq$	$H = Sq^2, \text{ м}$	$\Delta q, \text{ л/с}$	$q, \text{ л/с}$	$Sq$	$h, \text{ м}$	$v, \text{ м/с}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1-2	325	30	200	0,96	1,0084	7,5417	0,0025	0,0741	2,22	-0,38	29,62	0,073	2,17	0,94	
2-3	315	10,35	125	0,84	1,047	86,89	0,0287	0,2966	3,07	-0,38	9,97	0,286	2,85	0,81	
3-4	325	18,25	150	1,03	0,9964	33,663	0,0109	0,1989	-3,63	0,38 -2,51	16,12	0,176	-2,83	0,91	
4-1	315	30	200	0,96	1,0084	7,5417	0,0024	0,0719	-2,16	0,38	30,38	0,073	-2,21	0,97	
3-5	210	15,7	150	0,89	1,0236	33,663	0,0072	0,1136	1,78	-2,51	13,19	0,095	1,26	0,75	
5-6	325	10,55	125	0,86	1,0314	86,89	0,0291	0,3073	-3,24	2,51	13,06	0,381	-4,97	1,07	
6-4	210	10	125	0,82	1,0418	86,89	0,0190	0,1901	1,90	-2,51	7,49	0,142	1,07	0,71	
4-3	325	18,25	150	1,03	0,9964	33,663	0,0109	0,1989	3,63	-2,51 0,38	16,12	0,176	2,83	0,91	
								$\sum Sq = 0,810$	$\Delta h = 4,07$			$\sum Sq = 0,794$	$\Delta h = 0,18$		

$$\Delta q_I = -\frac{\Delta h_I}{2\sum|S q|} = -\frac{-0,49}{2 \cdot 0,642} = 0,38;$$

$$\Delta q_{II} = -\frac{\Delta h_{II}}{2\sum|S q|} = -\frac{4,07}{2 \cdot 0,81} = -2,51.$$

а



б

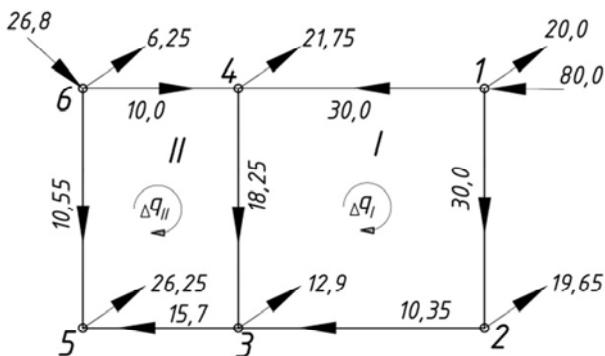
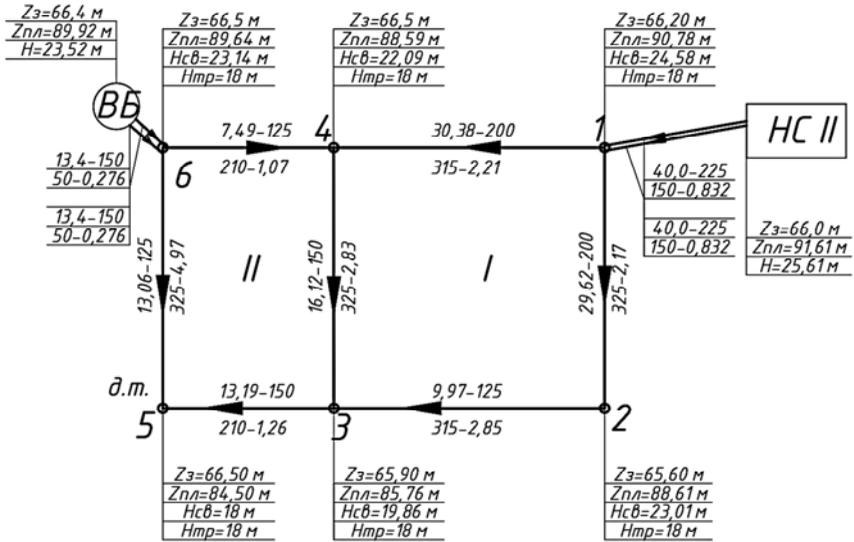


Рис. 7.1. Схема увязки кольцевой сети (начало):  
а – план жилой застройки; б – расчетные и узловые расходы;  
в – оформление результатов расчета



Ключ обозначений

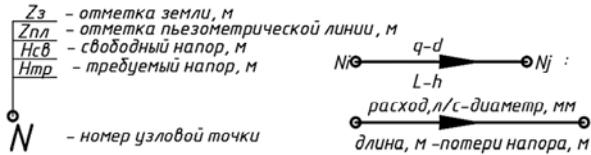
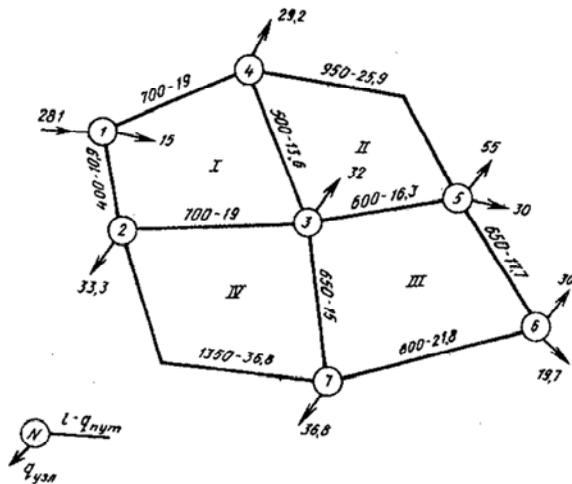


Рис. 7.1. Схема увязки кольцевой сети:

а – план жилой застройки; б – расчетные и узловые расходы;  
 в – оформление результатов расчета

## Пример гидравлической увязки сети методом Лобачева-Кросса

а



б

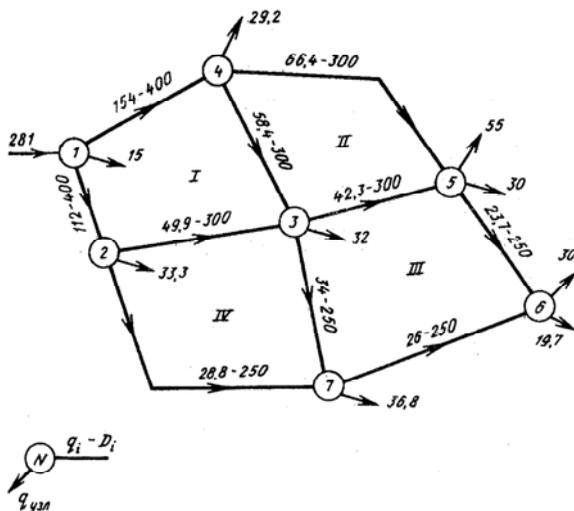


Рис. 7.2. Схема увязки кольцевой сети по методу Лобачева-Кросса:

- а – путевые и узловые расходы, длины линий;
- б – расчетные расходы и соответствующие им диаметры

Таблица 7.2

Гидравлическая увязка кольцевой водопроводной сети  
для безбашенной системы водоснабжения  
методом Лобачева-Кросса

№ кольца	№ участка	l, м	Предварительное распределение расходов							
			q, л/с	d, мм	v, м/с	δ	S	S = S <sub>0</sub> l	Sq	H = Sq <sup>2</sup> , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	1-4	700	154	400	1,2	1	0,2189·10 <sup>-6</sup>	0,000153	0,0236	+3,63
	3-4	500	58,4	300	0,81	1,06	0,9485·10 <sup>-6</sup>	0,000503	0,0294	+1,72
	2-3	700	49,9	300	0,7	1,085	0,9485·10 <sup>-6</sup>	0,000720	0,0369	-1,79
	2-1	400	112	400	0,9	1,04	0,2189·10 <sup>-6</sup>	0,000091	0,0102	-1,14

$$\sum(Sq)_I = 0,0991 \quad \Delta h_I = +2,42$$

$$\Delta q_I = -[2,42 / (2 \cdot 0,0991)] \approx -12,2$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
II	4-5	950	66,4	300	0,85	1,05	0,9485·10 <sup>-6</sup>	0,000946	0,0628	+4,17
	3-5	600	42,3	300	0,58	1,12	0,9485·10 <sup>-6</sup>	0,000637	0,0270	-1,14
	3-4	500	58,4	300	0,81	1,06	0,9485·10 <sup>-6</sup>	0,000503	0,0294	-1,72

$$\sum(Sq)_{II} = 0,119 \quad \Delta h_{II} = +1,31$$

$$\Delta q_{II} = -[1,31 / (2 \cdot 0,119)] \approx -5,5$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
III	3-5	600	42,3	300	0,58	1,12	0,9485·10 <sup>-6</sup>	0,000637	0,027	+1,14
	5-6	650	23,7	250	0,47	1,17	2,528·10 <sup>-6</sup>	0,00192	0,0455	+1,08
	3-7	550	34,0	250	0,68	1,09	2,528·10 <sup>-6</sup>	0,00153	0,052	-1,77
	6-7	850	26,0	250	0,52	1,15	2,528·10 <sup>-6</sup>	0,00233	0,061	-1,58

$$\sum(Sq)_{III} = 0,1865 \quad \Delta h_{III} = -1,13$$

$$\Delta q_{III} = -[1,13 / (2 \cdot 0,1865)] \approx +3,0$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IV	2-3	700	49,9	300	0,7	1,085	0,9485·10 <sup>-6</sup>	0,00072	0,0359	+1,79
	3-7	550	34,0	250	0,68	1,09	2,528·10 <sup>-6</sup>	0,00163	0,052	+1,77
	2-7	1350	28,8	250	0,58	1,12	2,528·10 <sup>-6</sup>	0,00382	0,110	-3,17

$$\sum(Sq)_{IV} = 0,198 \quad \Delta h_{IV} = +0,39$$

$$\Delta q_{IV} = -[0,39 / (2 \cdot 0,198)] \approx -1,0$$

Окончание табл. 7.2

№ кольца	№ участка	l, м	I исправление				II исправление			
			$\Delta q$ , л/с	$q_1$	$Sq$	$h_1 = Sq_1^2$ , м	$\Delta q$ , л/с	$q_2$	$Sq_2$	$h_2 = Sq_2^2$ , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	1-4	700	-12,2	141,8	0,0217	+3,08	-1,6	140,2	0,0215	+3,01
	3-4	500	$12,2 + 5,5 = -6,7$	51,7	0,0260	+1,34	$-1,6 + 2,3 = +0,7$	52,4	0,0264	+1,38
	2-3	700	$12,2 - 1,0 = +11,2$	61,1	0,0440	-2,69	$+1,6 - 1,7 = -0,1$	61,0	0,0439	-2,68
	2-1	400	+12,2	124,2	0,0113	-1,40	+1,6	125,8	0,0115	-1,44

$$\sum(Sq)_I = 0,106 \quad \Delta h_I = +0,33 \quad \Delta h_I = +0,27$$

$$\Delta q_I = -[0,33 / (2 \cdot 0,106)] \approx -1,6$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
II	4-5	950	-5,5	60,9	0,0576	+3,51	-2,3	58,6	0,0554	13,25
	3-5	600	$+5,5 + 3,0 = +8,5$	50,8	0,0323	-1,64	$+2,3 - 1,1 = +1,2$	52,0	0,0331	-1,72
	3-4	500	$+5,5 - 12,2 = -6,7$	51,7	0,0260	-1,34	$+2,3 - 1,6 = +0,7$	52,4	0,0264	-1,38

$$\sum(Sq)_{II} = 0,116 \quad \Delta h_{II} = +0,539 \quad \Delta h_{II} = +0,14$$

$$\Delta q_{II} = -[0,539 / (2 \cdot 0,116)] = -2,32$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
III	3-5	600	$+3,0 + 5,5 = +8,5$	50,8	0,0323	+1,64	$-1,1 + 2,3 = +1,2$	52,0	0,0331	+1,72
	5-6	650	+3,0	26,7	0,0513	+1,36	-1,1	25,6	0,0492	+1,26
	3-7	550	$-3,0 - 1,0 = -4,0$	30,0	0,0459	-1,38	$+1,1 - 1,7 = -0,6$	29,4	0,045	-1,32
	6-7	850	-3,0	23,0	0,0536	-1,13	+1,1	24,1	0,0562	-1,35

$$\sum(Sq)_{III} = 0,183 \quad \Delta h_{III} = +0,39 \quad \Delta h_{III} = +0,31$$

$$\Delta q_{III} = -[0,39 / (2 \cdot 0,183)] = -1,1$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IV	2-3	700	$-1,0 + 12,2 = +11,2$	61,1	0,0440	+2,69	$-1,7 + 1,6 = -0,1$	61,0	0,0439	+2,68
	3-7	550	$-1,0 - 3,0 = -4,0$	30,0	0,0459	+1,38	$-1,7 + 1,1 = -0,6$	29,4	0,0450	+1,32
	2-7	1350	+1,0	29,8	0,114	-3,39	+1,7	31,5	0,120	-3,79

$$\sum(Sq)_{IV} = 0,204 \quad \Delta h_{IV} = +0,68 \quad \Delta h_{IV} = +0,21$$

$$\Delta q_{IV} = -[0,68 / (2 \cdot 0,204)] = -1,7$$

## СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ.....	3
ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОЕКТА.....	3
СОСТАВ И ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА.....	4
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА И ПРОЕКТИРУЕМОЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ.....	6
2. РАСЧЕТ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ.....	7
2.1. Водопотребление на питьевые и хозяйственные нужды населения.....	7
2.2. Поливное водопотребление.....	10
2.3. Водопотребление промпредприятий.....	11
2.3.1. Хозяйственно-питьевое водопотребление.....	11
2.3.2. Водопотребление на прием душа.....	12
2.3.3. Технологическое водопотребление предприятия.....	13
2.4. Противопожарное водоснабжение.....	14
2.4.1. Нормативные требования.....	14
2.4.2. Суммарный расход и объем воды на пожаротушение.....	17
2.5. Суммарное водопотребление города.....	20
3. РЕЖИМЫ РАБОТЫ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ I И II ПОДЪЕМОМ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ БАКОВ ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ, РЕЗЕРВУАРОВ ЧИСТОЙ ВОДЫ И ОСНОВНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СЕТИ.....	22
3.1. Режимы работы насосных станций.....	22
3.2. Определение емкости бака водонапорной башни.....	23
3.3. Определение емкости резервуаров чистой воды.....	25
3.4. Определение основных режимов работы сети.....	27
4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ.....	30
4.1. Трассировка магистральной сети. Порядок гидравлического расчета.....	30
4.2. Расчет сети на случай максимального водоразбора.....	31
4.2.1. Расчетная схема подачи и отбора воды.....	31
4.2.2. Определение диаметров участков сети.....	35
4.2.3. Определение потерь напора на участках сети и величин невязок в кольцах.....	36
4.2.4. Увязка сети.....	37

4.3. Расчет сети на случай максимального транзита в башню .....	40
4.4. Расчет сети на режим максимального водоразбора при пожаре .....	41
5. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОВОДОВ .....	42
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ .....	44
7. ПОСТРОЕНИЕ ПЬЕЗОМЕТРИЧЕСКИХ ЛИНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОБОДНЫХ НАПОРОВ В СЕТИ .....	45
7.1. Требуемое давление (требуемый свободный напор) .....	45
7.2. Фактические напоры в водопроводной сети .....	46
8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПОРОВ НАСОСОВ СТАНЦИИ II ПОДЪЕМА .....	49
9. ПОДБОР НАСОСОВ .....	51
10. КОНСТРУИРОВАНИЕ И ДЕТАЛИРОВКА ВОДOPPOBODHOЙ СЕТИ .....	52
ЛИТЕРАТУРА .....	58
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	60
Приложение 1. Проектные нормы водопотребления .....	60
Приложение 2. Количество человек на душевую сетку .....	72
Приложение 3. Потребление воды на хозяйственно-питьевые нужды на предприятиях по данным С. Б. Тикунова (для 8-часовой смены) .....	73
Приложение 4. Примерные типовые величины расходов воды по часам суток на хозяйственно-питьевые нужды населения города .....	74
Приложение 5. Марки и основные параметры резервуаров .....	75
Приложение 6. Технические характеристики насосов .....	76
Приложение 7 .....	80

Учебное издание

**МИХНЕВИЧ** Эдуард Иванович

## **ВОДОПРОВОДНАЯ СЕТЬ ГОРОДА**

Пособие для студентов специальности  
1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение  
и охрана водных ресурсов»

Редактор *А. С. Мокрушников*  
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 15.04.2021. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 5,12. Уч.-изд. л. 4,00. Тираж 120. Заказ 175.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.