

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

**Кафедра экологии и энергоэффективности в техносфере**

**А. М. РАТНИКОВА**

# **ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ**

**Учебно-методическое пособие**

**Гомель 2019**

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра экологии и энергоэффективности в техносфере

А. М. РАТНИКОВА

# ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением в сфере высшего образования Республики Беларусь по образованию в области строительства и архитектуры в качестве учебно-методического пособия для студентов специальности 1–70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»*

Гомель 2019

УДК 696.11(075.8)

ББК 38.761

P25

Р е ц е н з е н т ы: главный инженер *В. Н. Грибанов* (КПУП «Гомельводо-канал»);  
начальник отдела экологической безопасности и энерго-  
сбережения на транспорте канд. техн. наук *В. В. Макеев*  
(ИЦ ЖТ «СЕКО» БелГУТа)

**Ратникова, А. М.**

P25      Водопроводные сети : учеб.-метод. пособие / А. М. Ратникова ;  
М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т  
трансп. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 55 с.  
ISBN 978-985-554-876-9

Рассмотрены основные вопросы расчета и проектирования водопроводных сетей. Приведены нормативные данные и расчетные таблицы, необходимые при разработке курсового проекта на тему «Водопроводные сети населенного пункта». Представлена методика расчета водопотребления в населенном пункте, изложены основные принципы проектирования и расчета кольцевой водопроводной сети населенного пункта.

Предназначено для студентов специальности 1–70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов».

**УДК 696.11(075.8)**

**ББК 38.761**

**ISBN 978-985-554-876-9**

© Ратникова А. М., 2019

© Оформление. БелГУТ, 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 СИСТЕМЫ И СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ .....	5
1.1 Классификации систем .....	6
1.2 Схемы водоснабжения .....	7
2 ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ .....	9
2.1 Основные категории водопотребителей .....	9
2.2 Нормы водопотребления. Определение расчетных расходов воды.....	9
3 НАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩИЕ И ЗАПАСНЫЕ ЕМКОСТИ.....	23
3.1 Водонапорные башни.....	23
3.2 Резервуары чистой воды .....	25
4 ВЫБОР СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ТРАССИРОВКА ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ .....	30
4.1 Выбор схемы водоснабжения.....	30
4.2 Трассировка водопроводной сети .....	31
5 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ.....	32
5.1 Выбор расчетных случаев.....	32
5.2 Гидравлический расчет кольцевой сети .....	33
5.3 Проектирование водоводов и тупиков .....	37
5.4 Построение графиков пьезометрических линий .....	38
5.5 Определение высоты водонапорной башни .....	45
5.6 Подбор насосов насосной станции второго подъема .....	45
6 УСТРОЙСТВО И ОБОРУДОВАНИЕ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ.....	47
7 ЧЕРТЕЖИ НАРУЖНЫХ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ .....	51
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	55

## ВВЕДЕНИЕ

Проектирование системы водоснабжения является одной из сложных и ответственных задач развития инженерной инфраструктуры города, так как от ее решения зависит бесперебойная подача воды требуемого качества и в необходимом количестве всем потребителям, стоимость строительства и эксплуатации сооружений, надежность и долговечность функционирования всех элементов системы.

Проектирование и расчет водопроводной сети, выполняемые в ходе курсового проектирования, помогают студентам закрепить и углубить знания, полученные при изучении теоретической части курса, приобрести опыт решения практических задач по расчету водопроводной сети и сооружений, которые являются одним из основных элементов системы водоснабжения.

В состав курсового проекта входят расчетно-пояснительная записка и графическая часть.

*Расчетно-пояснительная записка* должна включать следующие разделы:

- исходные данные для проектирования;
- содержание;
- введение;
- характеристика объекта водоснабжения;
- определение расчетных расходов воды;
- распределение суточного водопотребления по часам суток с назначением режима работы насосной станции II подъема;
- определение полной вместимости водонапорной башни и обоснование необходимости устройства регулирующей емкости на водопроводной сети;
- определение полной вместимости и необходимого количества резервуаров чистой воды;
- выбор схемы системы подачи и распределения воды и наилучшие места расположения ее основных элементов;
- трассировка магистральной сети и водоводов;
- определение основных режимов работы элементов системы;

- определение узловых отборов воды из сети для расчетных режимов работы;
- гидравлический расчет сети и водоводов, тупиковых участков;
- построение графиков пьезометрических линий и определение фактических свободных напоров в сети;
- подбор насосов насосной станции II подъема;
- конструирование водопроводной сети;
- список использованной литературы.

Расчетно-пояснительная записка оформляется на листах формата А4. Объем пояснительной записки составляет 35–40 страниц.

*Графическая часть* должна содержать:

- генеральный план населенного пункта в масштабе 1:10000. На генплане указываются местоположение водозаборного сооружения, насосной станции первого подъема, сооружений водоподготовки, резервуаров чистой воды, насосной станции второго подъема, водонапорной башни, наносятся водоводы, магистральные сети с указанием расчетных диаметров и с расстановкой всех колодцев;
- продольный профиль водопроводной сети;
- детализировка одного из колец магистральных линий сети с учетом его внутренних распределительных линий, определение размеров колодцев;
- спецификация на фасонные части, арматуру и трубы в соответствии с разработанной детализировкой;
- план и разрез колодца в масштабе 1:20 или 1:10 с составлением таблицы элементов;
- графики пьезометрических линий для расчетных режимов работы элементов системы.

Графическая часть выполняется на листах формата А3–А1.

## 1 СИСТЕМЫ И СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

**Система водоснабжения** – комплекс взаимосвязанных инженерных устройств и сооружений, обеспечивающих потребителей водой в требуемом количестве и заданного качества. Она включает в себя устройства и сооружения для забора воды из источника водоснабжения, ее транспортирования, обработки, хранения, регулирования подачи и распределения между потребителями.

**Схема водоснабжения** – графическое изображение на чертеже в условных обозначениях сетей и сооружений или отдельных устройств системы водоснабжения, отражающее порядок пространственных и функциональных связей между ними.

*Основные элементы систем водоснабжения.* Система водоснабжения состоит из водоприемных, водоподъемных, очистных, водонапорных и регулирующих сооружений, магистральных водоводов и распределительных сетей, установок энергоснабжения, автоматизации, телемеханизации и связи. В зависимости от требований к водопроводу и его назначения некоторые из приведенных выше сооружений могут отсутствовать.

Конфигурация системы водоснабжения в каждом отдельном случае зависит от многих факторов: производительности, типа источника водоснабжения, требований к качеству воды, назначения водопровода, климатических условий, местных условий и т. д.

К системам, подающим воду на хозяйственно-питьевые нужды, предъявляются следующие требования:

- обеспечение подачи расчетных расходов воды под необходимым напором и с требуемым качеством при минимальных затратах на строительство и эксплуатацию водопроводных сооружений;
- работа системы водоснабжения должна быть надежной, эксплуатация ее простой и с максимальным использованием механизации и автоматизации.

## **1.1 Классификации систем**

Все многообразие встречающихся на практике **систем водоснабжения** классифицируется по следующим основным признакам:

– *назначению*: хозяйственно-питьевые; противопожарные; производственные; сельскохозяйственные. Перечисленные типы систем могут быть как самостоятельными, так и объединенными. Объединяют системы в том случае, если требования, предъявляемые к качеству воды, одинаковые или это выгодно экономически;

– *характеру используемых природных источников*: системы, получающие воду из поверхностных источников (реки, озера, водохранилища, моря, океаны); системы, забирающие воду из подземных источников (артезианские, грунтовые); системы смешанного питания (при использовании различных видов водоисточников);

– *территориальному признаку* (охвату): локальные (одного объекта) или местные; групповые или районные, обслуживающие группу объектов; внеплощадочные; внутриплощадочные;

– *способам подачи воды*: самотечные (гравитационные); напорные (с механической подачей воды с помощью насосов); комбинированные;

– *кратности использования потребляемой воды* (для предприятий): прямоточные (однократное использование); с повторным использованием воды (двух-, трехкратное); оборотные (многократное использование воды, осуществляемое по замкнутой, полужамкнутой схеме или со сбросом части воды – продувкой); комбинированные;

- *видам обслуживаемых объектов*: городские; поселковые; промышленные; сельскохозяйственные; железнодорожные и т.д.;
- *способу доставки и распределения воды*: централизованные; децентрализованные; комбинированные [3];
- *степени надежности*:

I – допускается снижение не более чем на 30 % расчетного расхода подаваемой воды на срок не более 3 сут, при этом разрешается не более чем на 10 мин перерыв подачи воды или снижение расхода ниже указанного предела для выключения вышедших из строя и включения резервных элементов системы водоснабжения (оборудования, арматуры, сооружений, трубопроводов);

II – допускается снижение не более чем на 30 % расчетного расхода подаваемой воды на срок не более 10 сут, при этом разрешается не более чем на 6 ч перерыв подачи воды или снижение расхода ниже указанного предела для выключения вышедших из строя и включения резервных элементов системы водоснабжения (оборудования, арматуры, сооружений, трубопроводов);

III – допускается снижение не более чем на 30 % расчетного расхода подаваемой воды на срок не более 15 сут, при этом разрешается не более чем на 24 ч перерыв подачи воды или снижение расхода ниже указанного предела для выключения вышедших из строя и включения резервных элементов системы водоснабжения (оборудования, арматуры, сооружений, трубопроводов).

Системы водоснабжения населенных пунктов при количестве жителей более 50 000 чел. следует относить к I категории, от 5000 до 50 000 чел. – к II и менее 5000 чел. – к III [1].

## **1.2 Схемы водоснабжения**

Решение схемы водоснабжения любого объекта должно производиться с учетом рационального использования водных ресурсов, а также в соответствии с прогнозом развития населенного пункта.

В населенных пунктах обычно проектируют централизованную систему хозяйственно-питьевого – противопожарного водоснабжения.

Наиболее распространенные схемы водоснабжения населенного пункта представлены на рисунке 1.

Водопроводные сети являются основным элементом системы подачи и распределения воды (СПРВ) водопровода населенного пункта, которая кроме водопроводных сетей включает в свой состав резервуары чистой воды (РЧВ), насосные станции 2-го и последующих подъемов, водоводы и напорные регулирующие емкости (водонапорные башни или резервуары). Все элементы СПРВ взаимосвязаны, поэтому при проектировании водопроводных сетей населенного пункта необходима разработка схемы СПРВ и анализ работы всех ее элементов.

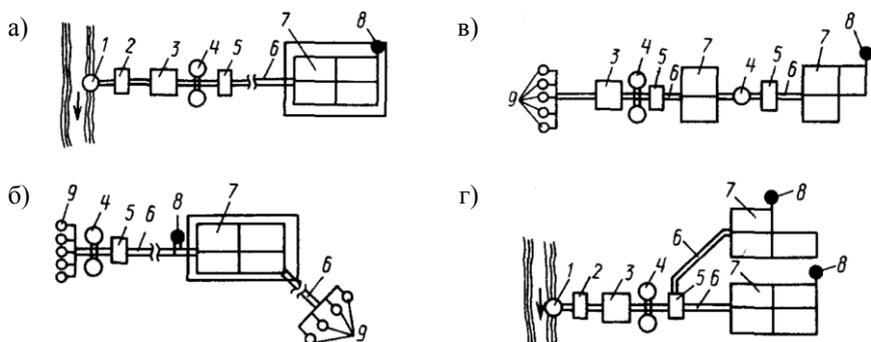


Рисунок 1 – Схемы систем водоснабжения города:

*a* – с поверхностным источником; *б* – с двумя площадками артезианских скважин; *в* – с последовательным зонированием; *г* – с параллельным зонированием; 1 – водозаборные сооружения; 2 – насосная станция первого подъема; 3 – сооружения водоподготовки; 4 – резервуары чистой воды (РЧВ); 5 – насосные станции второго и последующих подъемов; 6 – водоводы; 7 – магистральная водопроводная сеть; 8 – водонапорная башня; 9 – артезианские скважины

При выборе основной схемы водоснабжения следует руководствоваться имеющимися положениями о наиболее целесообразных областях применения различных схем:

а) однозональная схема водоснабжения, наиболее часто встречающаяся в практике, устраивается в основном для обеспечения водой потребителей (городов, поселков или промышленных предприятий), расположенных на сравнительно небольшой территории со спокойным рельефом местности и требующих напоров, незначительно отличающихся друг от друга; может быть без водонапорной башни, с башней в начале сети и с контррезервуаром (башней в конце сети).

СПРВ с водонапорными башнями достаточно широко применяются в водопроводах небольших населенных пунктов с большим коэффициентом неравномерности водопотребления. Сложность создания больших объемов резервуаров водонапорных башен (более 800 м<sup>3</sup>) ограничивает область применения схем с водонапорными башнями производительностью системы в 10,0–15,0 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

СПРВ с водонапорной башней в начале сети применяется в случае наличия высоких отметок рельефа местности в начале сети. Схемы с контррезервуаром применяются при наличии высоких отметок местности в конечных точках водопроводной сети.

Схемы СПРВ без водонапорной башни используются при относительно равномерном режиме потребления воды в населенном пункте (в достаточно крупных городах);

б) зонные системы водоснабжения следует применять при значительной разнице геодезических отметок территории населенного пункта, различных

требуемых и допустимых значениях давления в точках отбора воды различными потребителями, различной этажности. По своему устройству зонное водоснабжение бывает с последовательным и параллельным зонированием;

– последовательное зонирование (см. рисунок 1, в) устраивается при водоснабжении объектов, расположенных на сильно пересеченной местности или имеющих значительную протяженность, а также в случаях снабжения водой потребителей, расположенных на территории города или промышленного предприятия и требующих подачи воды со значительно большими напорами, чем все остальные потребители, питающиеся от общей водопроводной сети.

– параллельное зонирование (см. рисунок 1, г) устраивается при расположении объектов водоснабжения (районов города, промышленных предприятий, отдельных зданий) на сравнительно небольшой территории, но на различных, существенно отличающихся высотных отметках местности, а также когда расположенные близко друг от друга потребители предъявляют различные требования к качеству воды; каждая зона при таком зонировании питается от отдельных водоводов, но, как правило, от одной насосной станции [3].

## 2 ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ

### 2.1 Основные категории водопотребителей

В населенном пункте можно выделить следующие категории потребителей воды:

– **население** – использует воду для питьевых и хозяйственных целей (приготовление пищи, стирка белья, мытье и уборка помещений и т.д.);

– **предприятия местной промышленности:** химчистки, прачечные, столовые, рестораны и т.д.

– **расходы воды на полив зеленых насаждений, мойку улиц и площадей;**

– **промышленные предприятия** – на которых вода используется на технологические (производственные) цели. Кроме того, на предприятиях вода потребляется на питьевые и хозяйственные нужды работающих, на душевые нужды и уборку помещений;

– **нужды пожаротушения** – современные системы водоснабжения устраиваются чаще объединенными, т.е. выполняющими функцию подачи воды для нескольких категорий водопотребителей, в том числе и на пожаротушение (для тушения пожаров, как в населенном пункте, так и на промышленном предприятии).

### 2.2 Нормы водопотребления. Определение расчетных расходов воды

**Норма водопотребления** – количество воды, забираемое потребителем за единицу времени.

**Удельное водопотребление** – расход воды на единицу продукции, площади, технологическую операцию.

**Хозяйственно-питьевые нужды населения.** В населенном пункте основная масса питьевой воды, расходуется на удовлетворение хозяйственно-питьевых нужд населения.

Норма водопотребления зависит от степени благоустройства жилищ, климатических условий, уклада жизни населения и т.д.

Проектная норма водопотребления принимается по таблице А.1 [1] или таблице 1.

**Таблица 1 – Проектные нормы водопотребления на питьевые и хозяйственные нужды населения**

Степень санитарно-технического оборудования зданий жилой застройки	Проектная суточная (средняя за год) норма водопотребления на одного жителя, л/сут
Внутренний водопровод и канализация без ванн и душей	85
Внутренний водопровод, канализация и газоснабжение, без ванн и душей	100
Внутренний водопровод, канализация, с ваннами и водонагревателями, работающими на твердом топливе	115
Внутренний водопровод, канализация, с ваннами и газовыми водонагревателями	140
Внутренний водопровод, канализация и централизованное горячее водоснабжение, с душевыми	180
Внутренний водопровод, канализация и централизованное горячее водоснабжение, с ваннами, оборудованными душами	210
Ввод водопровода	50
Водопользование из водоразборных колонок	30

*Расчетный (средний за год) суточный расход воды  $Q_{сут.ср}$ , м<sup>3</sup>/сут, на хозяйственно-питьевые нужды в населенном пункте определяется по формуле*

$$Q_{сут.ср} = k_n \sum q_j N_j / 1000, \quad (1)$$

где  $k_n$  – коэффициент, учитывающий расход воды на нужды учреждений, организаций и предприятий обслуживания населения, а также неучтенные расходы, принимается в пределах 1,1–1,2;

$q_j$  – среднесуточная норма водопотребления на одного жителя, принимается по таблице 1, л/(сут·чел.);

$N_{ж}$  – расчетное число жителей  $i$ -го района жилой застройки с соответствующей степенью санитарно-технического оборудования зданий,

$$N_{ж} = Sp, \quad (2)$$

$S$  – площадь района, га;

$p$  – плотность населения, чел./га.

Расчетные расходы воды в сутки наибольшего  $Q_{сут.макс}$  и наименьшего  $Q_{сут.мин}$ ,  $M^3/сут$ , водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды определяют по формулам

$$Q_{сут.макс} = K_{сут.макс} Q_{сут.ср}, \quad (3)$$

$$Q_{сут.мин} = K_{сут.мин} Q_{сут.ср}, \quad (4)$$

где  $K_{сут.макс}$ ,  $K_{сут.мин}$  – максимальный и минимальный коэффициенты суточной неравномерности водопотребления, которые учитывают уклад жизни людей, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменение водопотребления по сезонам года и дням недели ( $K_{сут.макс} = 1,1 \dots 1,3$  и  $K_{сут.мин} = 0,7 \dots 0,9$ ).

Чем выше степень благоустройства, тем меньшее значение имеет  $K_{сут.макс}$  и большее  $K_{сут.мин}$ .

Максимальный и минимальный часовые расходы воды населением  $Q_{ч.макс}$  и  $Q_{ч.мин}$ ,  $M^3/ч$ , определяются по формулам

$$Q_{ч.макс} = \frac{K_{ч.макс} Q_{сут.макс}}{24}; \quad (5)$$

$$Q_{ч.мин} = \frac{K_{ч.мин} Q_{сут.мин}}{24}. \quad (6)$$

Коэффициенты часовой неравномерности водопотребления – максимальный  $K_{ч.макс}$  и минимальный  $K_{ч.мин}$  – определяют по формулам

$$K_{ч.макс} = \alpha_{макс} \beta_{макс}; \quad (7)$$

$$K_{ч.мин} = \alpha_{мин} \beta_{мин}, \quad (8)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия;  $\alpha_{макс} = 1,2 \dots 1,4$ ;  $\alpha_{мин} = 0,4 \dots 0,6$ ;

$\beta$  – коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте, принимается по таблице 6.1 [1] или таблице 2.

**Таблица 2 – Значения общего коэффициента неравномерности**

Число жителей в населенном пункте, тыс. чел.	До 0,1	0,15	0,20	0,30	0,50	0,75	1,0	1,5
$\beta_{\max}$	4,50	4,00	3,50	3,00	2,50	2,20	2,00	1,80
$\beta_{\min}$	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,10	0,10

**Окончание таблицы 2**

Число жителей в населенном пункте, тыс. чел.	2,5	4	6	10	20	50	100	300	1000 и более
$\beta_{\max}$	1,60	1,50	1,40	1,30	1,20	1,15	1,10	1,05	1,00
$\beta_{\min}$	0,10	0,20	0,25	0,40	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00

Распределение расходов воды по часам суток в жилых и общественных зданиях населенных пунктов следует принимать на основании расчетных графиков водопотребления, которые в учебных целях могут быть составлены с помощью таблицы 3 в зависимости от величины коэффициента  $K_{\text{ч.макс}}$ .

**Таблица 3 – Примерное распределение расходов воды по часам суток на хозяйственно-питьевые нужды населения**

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

Окончание таблицы 3

Часы суток	Часовой расход, % от суточного, при коэффициенте часовой неравномерности								
	2,50	2,00	1,70	1,50	1,45	1,40	1,35	1,30	1,25
21–22	1,00	3,00	3,00	3,00	3,60	4,20	4,80	4,80	4,20
22–23	0,60	2,00	2,00	2,00	2,85	3,70	4,60	4,60	3,75
23–24	0,60	1,00	1,00	1,50	2,10	2,70	3,30	3,30	3,70
<i>Итого</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Максимальный суточный расход воды  $Q_{\text{сут. макс}}$  следует распределять по часам суток в соответствии с фактическими расходами воды, полученными при обследовании системы водоснабжения, а при отсутствии фактических расходов – по данным объектов-представителей водоснабжения [1].

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  $T_{\text{ср}}$  принимается в пределах 8–10 ч. Продолжительность периодов максимального  $T_{\text{макс}}$  и минимального  $T_{\text{мин}}$  водопотребления, ч, определяются по формулам:

$$T_{\text{макс}} = \frac{(24 - T_{\text{ср}}) (1 - K_{\text{ч. мин}})}{K_{\text{ч. макс}} - K_{\text{ч. мин}}}; \quad (9)$$

$$T_{\text{мин}} = \frac{(24 - T_{\text{ср}}) (K_{\text{ч. макс}} - 1)}{K_{\text{ч. макс}} - K_{\text{ч. мин}}}. \quad (10)$$

При наличии в населенном месте районов с различными этажностью и степенью благоустройства зданий, обусловливающих применение отличных друг от друга норм водопотребления и коэффициентов неравномерности, определение суточного водопотребления и его распределение по часам суток следует производить отдельно для каждого района.

**Поливка территории.** Расход воды на поливку улиц и зеленых насаждений  $Q_{\text{пол сут}}$  принимается дополнительно к расходу населенного пункта на хозяйственно-питьевые нужды. Удельные расходы воды на поливку принимаются в зависимости от вида насаждений, характера покрытий улиц, климатических и других местных условий (таблица 4).

Расчетные часовые расходы на поливку зависят от способа отбора воды из сети. При непосредственном отборе воды из сети

$$q_{\text{пол ч}} = Q_{\text{пол сут}} / t, \quad (11)$$

где  $t$  – время полива в сутки, ч.

**Таблица 4 – Нормы расхода воды на мойку покрытий территорий и поливку в населенных местах и предприятиях**

В литрах в сутки на квадратный метр

Наименование	Норма расхода воды
1 Механизированная мойка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	1,2
2 Механизированная поливка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	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	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

Желательно, чтобы отбор воды из сети на полив не осуществлялся в часы максимального водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды. Поэтому часто составляются специальные графики расходования воды на полив. Например, поливка производится поливочными автомашинами в течение 20 ч в сутки равномерно, за исключением 4 часов (с 7 до 11), соответствующих максимальному водопотреблению ( $t = 20$  ч).

При непосредственном отборе воды из сети для поливки улиц и зеленых насаждений поливочные расходы следует классифицировать как равномерно распределенные по длине сети.

В рамках курсового проекта можно принять, что из общего объема воды питьевого качества, забираемого из городской водопроводной сети на полив улиц и зеленых насаждений, 20 % расходуетея на ручной полив, оставшиеся 80 % – на механизированный.

При выполнении курсового проекта график полива можно принять следующим:

– *механизированная поливка*: 60 % – с 21 до 4 ч; 15 % – с 4 до 7 ч; 25 % – с 17 до 21 ч.

– *ручной полив*: 30 % – с 4 до 7 ч; 40 % – с 13 до 15 ч; 30 % – с 20 до 22 ч.

Зеленые насаждения на территории промышленного предприятия поливаются, как правило, технической водой [5].

При отсутствии в задании конкретных сведений о величине и характере площадей полива в учебных целях суммарный расход на поливку в пересчете на одного жителя может быть принят в зависимости от местных условий в пределах 50–90 л/сут.

$$Q_{\text{пол сут}} = (50 \dots 90) \cdot 0,001 N_{\text{ж}}. \quad (12)$$

**Водопотребление в промышленности.** Количество воды, расходуемой на единицу продукции, технологическую операцию, обслуживание оборудования, определяется технологами при разработке технологии производства. Для этой цели разрабатываются научно обоснованные нормы водопотребления. Практика показала относительную ценность таких норм, так как расход воды на единицу одной и той же продукции, но на разных предприятиях, может колебаться в несколько раз.

Проектные нормы расхода воды на производственные нужды объектов производства следует определять по технологическим данным, по данным, полученным в результате исследований удельного водопотребления за последние 3 года, по технологическим нормативам водопотребления [1].

Норма расхода воды на *хозяйственно-питьевые* нужды предприятия в смену  $Q_{\text{см}}^{\text{х-п}}$  принимается: для цехов с тепловыделениями свыше 84 кДж на  $1 \text{ м}^3/\text{ч} - 45 \text{ л}$  на 1 чел. в смену при коэффициенте часовой неравномерности  $K_{\text{г}} = 2,5$ ; для остальных цехов – 25 л на 1 чел. в смену при коэффициенте часовой неравномерности  $K_{\text{х}} = 3,0$  [1].

$$Q_{i\text{см}}^{\text{х-п}} = \frac{q_i N_i}{1000}, \quad (13)$$

где  $q_i$  – норма хозяйственно-питьевого водопотребления на одного рабочего соответствующего цеха, л/(чел. · см.);

$N_i$  – количество работников в цехе.

Рекомендуемое распределение водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды в течение смены на предприятии приведено в таблице 5.

**Таблица 5 – Примерное распределение расходов воды по часам смены на хозяйственно-питьевые нужды предприятия [3]**

Часы суток	В процентах				
	В горячих цехах	В холодных цехах	Часы суток	В горячих цехах	В холодных цехах
0–1	12,05	6,25	4–5	12,05	6,25
1–2	12,05	12,5	5–6	12,05	12,5
2–3	12,05	12,5	6–7	12,05	12,5
3–4	12,05	18,75	7–8	15,65	18,75

Расход воды на *пользование душами* определяется количеством душевых сеток, устанавливаемых в зависимости от санитарной характеристики производственных процессов (таблица 6).

**Таблица 6 – Количество человек на душевую сетку в зависимости от санитарной характеристики производственных процессов**

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:		
1а	только рук	25	7
1б	тела и спецодежды	15	10
1в	тела и спецодежды, удаляемое с применением специальных моющих средств	5	20
2	Производственные процессы, протекающие при значительных избытках явного тепла или выделений влаги, а также при неблагоприятных метеорологических условиях:		
2а	при избытках явного конвекционного тепла	7	20
2б	при избытках явного лучистого тепла	3	20
2в	связанные с воздействием влаги, вызывающей намокание спецодежды	5	20
2г	при температуре воздуха до 10 °С, включая работы на открытом воздухе	5	20
3	Производственные процессы с резко выраженными вредными факторами, вызывающие загрязнение веществами I и II классов опасности, а также веществами, обладающими стойким запахом:		
3а	только рук	7	10
3б	тела и спецодежды	3	10

Расход воды через одну душевую сетку составляет 500 л в смену (0,5 м<sup>3</sup>). Исходя из этого, сменный расход на промпредприятии в душевых, м<sup>3</sup>/см., может быть определен из выражения

$$Q_{\text{см}}^{\text{д}} = 0,5 \sum \frac{N_i}{n_i}, \quad (14)$$

где  $N_i$  – количество работников в цехах с  $i$ -й санитарной характеристикой технологического процесса;

$n_i$  – расчетное количество человек на одну душевую сетку в цехах с  $i$ -й санитарной характеристикой технологического процесса.

Душ принимают работники в течение 45 минут после окончания смены. Следовательно, норма расхода воды на одну душевую сетку составит

$$q_d = \frac{500 \cdot 45}{60} = 375 \text{ л/д.с.}$$

Суточный расход воды питьевого качества на *производственные нужды*  $Q_{\text{пр}}$  и режим ее потребления определяются технологом предприятия и приводятся в исходных данных на проектирование.

Общий суточный расход воды питьевого качества на промышленном предприятии, м<sup>3</sup>/сут, определяется суммированием всех расходов:

$$Q_{\text{пр сут}} = \sum Q_{i \text{ см}}^{\text{х-п}} + \sum Q_{i \text{ см}}^{\text{д}} + Q_{\text{пр}}. \quad (15)$$

Полученные расходы сводятся в таблицу 7.

Таблица 7 – Расходы воды на предприятии

Часы	Расход на хозяйственно-питьевые нужды				Душевые расходы	Технологические нужды	Суммарный расход
	холодные цеха		горячие цеха				
	%	м <sup>3</sup> /ч	%	м <sup>3</sup> /ч			
0–1							
...							
23–24							
<i>Итого</i>	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ

При непосредственной подаче воды потребителям промышленного предприятия из водопроводной сети населенного пункта расчетный часовой расход системы водоснабжения населенного пункта определяется с учетом режима водопотребления на предприятии. Для этого составляется график водопотребления на предприятии, по которому и определяется максимальный часовой расход на нем. Если максимальный часовой расход на промышленном предприятии составляет значительную долю общего расхода и совпадает с часом максимального водопотребления в населенном пункте, бывает целесообразно организовать равномерный в течение суток отбор воды из сети населенного пункта в систему водоснабжения предприятия. При таком решении на промышленном предприятии предусматриваются регулирующие резервуары, собственная насосная станция и водопроводная сеть. Это позволяет су-

щественно снизить гидравлическую нагрузку на водопроводную сеть населенного пункта, уменьшить ее диаметры и мощность насосов насосной станции 2-го подъема [5].

**Нормы водопотребления на пожаротушение.** Противопожарный водопровод предусматривается в населенных пунктах, на промышленных предприятиях и сельскохозяйственных комплексах.

Нормирование расхода воды на пожаротушение имеет ряд особенностей. Пожар – событие случайное. Норма на пожаротушение зависит от многих факторов: численности населения, этажности зданий, степени огнестойкости зданий, размеров промышленных зданий, характера производства, наличия современных средств пожаротушения и т. д.

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. включ.;

– два пожара (один – на предприятии и один – в населенном пункте) – при площади территории предприятия до 150 га и количестве жителей в населенном пункте св. 10 000 до 100 000 чел. включ., при этом суммарный расход должен быть не менее двойного расхода согласно таблице 8;

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

– при количестве жителей в населенном пункте св. 100 000 чел. – расчетное число пожаров в населенном пункте принимается по таблице 8, на промышленном или сельскохозяйственном предприятии следует принимать один пожар – при площади территории предприятия до 150 га включ.; два пожара – при площади св. 150 га, при этом 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) [2].

В таблице 8 приведены нормы расхода воды на пожаротушение в населенных пунктах независимо от огнестойкости зданий.

В расчетное количество одновременных пожаров в населенном пункте (таблица 8) включены пожары на промышленных предприятиях, 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 таблице 8.

**Таблица 8 – Расчетное количество пожаров и расходы воды на пожаротушение**

Число жителей в населенном пункте, тыс.чел.	Расчетное количество одновременных пожаров	Расход воды на наружное пожаротушение (на один пожар), л/с, в населенном пункте при застройке зданиями высотой	
		не более двух этажей	три этажа и более
До 1 включ.	1	5	10
Св. 1 до 10 включ.	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

*Расход воды на один пожар на наружное пожаротушение зданий промышленных и сельскохозяйственных предприятий необходимо принимать для здания, требующего наибольшего расхода воды, согласно таблице 9 или 10, в зависимости от степени огнестойкости, категории, строительного объема, наличия фонарей и ширины здания.*

**Таблица 9 – Расходы воды на наружное пожаротушение производственных зданий шириной до 60 м [2]**

Степень огнестойкости зданий	Категория зданий по взрывопожарной и пожарной опасности	Расход воды на наружное пожаротушение (на один пожар), л/с, при строительном объеме зданий, тыс. м <sup>3</sup>						
		до 3	св. 3 до 5	св. 5 до 20	св. 20 до 50	св. 50 до 200	св. 200 до 400	св. 400 до 600
I–IV	Г, Д	–	–	10	10	15	20	25
I–IV	А, Б, В	10	10	15	20	30	35	40
V, VI	Г, Д	10	10	15	25	35	40	45
V, VI	В	10	15	20	30	40	45	50
V, VI	А, Б	15	20	25	35	45	50	55
VII, VIII	Г, Д	10	15	20	30	40	50	60
VII, VIII	В	15	20	25	40	50	60	70

**Таблица 10 – Расходы воды на наружное пожаротушение производственных зданий без фонарей шириной более 60 м [2]**

Степень огнестойкости зданий	Категория зданий по взрывопожарной и пожарной опасности	Расход воды на наружное пожаротушение (на один пожар), л/с, при строительном объеме зданий, тыс. м <sup>3</sup>								
		до 50	св. 50 до 100	св. 110 до 200	св.200 до 300	св. 300 до 400	св.400 до 500	св.500 до 600	св.600 до 700	св.700 до 800
I–IV	А, Б, В	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I–IV	Г, Д	10	15	20	25	30	35	40	45	50
V, VI	А, Б, В	25	35	45	55	65	75	85	95	105
V, VI	Г, Д	15	20	25	30	35	40	45	50	55

Расход воды на тушение пожара внутри зданий, оборудованных пожарными кранами, следует учитывать дополнительно к расходам на наружное пожаротушение. Данные по расходу воды на внутреннее пожаротушение содержатся в таблице 11.

**Таблица 11 – Расходы воды на внутреннее пожаротушение [2]**

Степень огнестойкости зданий	Категория зданий по взрывопожарной и пожарной опасности	Число струй и минимальный расход воды (на одну струю), л/с, на пожаротушение в зданиях классов Ф5.1 – Ф5.3 высотой до 50 м и строительным объемом, тыс.м <sup>3</sup>				
		от 0,5 до 5	св. 5 до 50	св.50 до 200	св. 200 до 400	св. 400 до 800
I – IV	А, Б, В	2×2,5	2×5	2×5	3×5	4×5
V, VI	А, Б	2×5	3×5	3×5	3×5	4×5
V, VI	В	2×2,5	2×5	2×5	3×5	4×5
V, VI	Г, Д	–	2×2,5	2×2,5	2×5	3×5
VII, VIII	В	2×2,5	2×5	3×5	4×5	4×5
VII, VIII	Г, Д	–	2×2,5	2×5	3×5	3×5

**Общий расход воды городом и режим водопотребления.** Общий расход воды, необходимый для подачи в водопроводную сеть населенного пункта, м<sup>3</sup>/сут, определяется суммированием расходов воды на нужды населения, поливку улиц и зеленых насаждений и нужды промышленных предприятий. Вычисляются расходы за сутки максимального, среднего и минимального водопотребления.

При определении производительности головных сооружений системы водоснабжения населенного пункта (водозабора и водопроводных очистных сооружений) к расходу воды, подаваемой потребителям, необходимо добавить расход на собственные нужды водопроводных очистных сооружений (п. 9.1.3 [1]).

Для расчета водопроводной сети, насосных станций, подающих воду в сеть, регулирующих и запасных емкостей необходимо знать водопотребление в населенном пункте по часам суток. Расчетный (сводный) график водопотребления в населенном пункте строится с учетом режима водопотребления отдельных потребителей.

Все расчеты по определению часовых расходов воды сводятся в таблицу 12, по которой затем вычерчивается график часового водопотребления (рисунок 2) в натуральных показателях, м<sup>3</sup>, или в процентах от суточного водопотребления (по часам суток).

Таблица 12– Распределение расходов воды по часам суток

Часы суток	Расход воды населением		Расход воды на поливку м <sup>3</sup> /ч	Расход воды на промышленном предприятии						Общий расход воды		Ордината интегрирования, %
	% от Q <sub>сут. макс</sub>	м <sup>3</sup> /ч		в горячих цехах		в холодных цехах		в душевых				
			%	м <sup>3</sup> /ч	%	м <sup>3</sup> /ч	%	м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup> /ч	%		
0–1												
...												
23–24												100
<i>Итого</i>	100	Σ	Q <sub>п</sub>	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Q <sub>сут. макс</sub>	100	

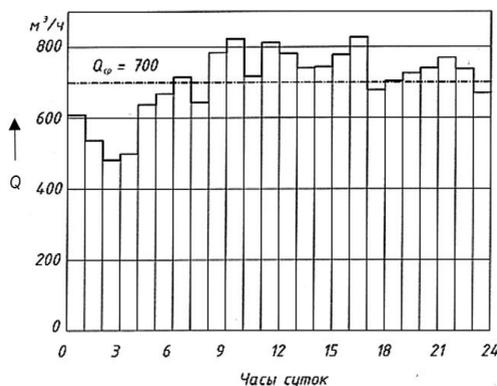


Рисунок 2 – График водопотребления

**Режимы работы сооружений водоснабжения.** Водозаборные сооружения, насосная станция первого подъема и водопроводные очистные сооружения работают в течение суток равномерно. Их часовая производительность составляет 4,17 % от суточной производительности водопровода.

Исключение составляют водопроводы небольших населенных пунктов и некоторых промышленных предприятий, сооружения водоподготовки которых работают некруглосуточно. При этом создается определенный запас воды, который хранится в водонапорной башне и раздается, при необходимости, потребителям в периоды минимального водопотребления.

Насосная станция второго подъема может работать равномерно, в две или три ступени. *Количество ступеней работы насосной станции*, ориентировочно, можно определить из соотношения

$$N_{ст} = Q_{ч.макс} / Q_{ч.мин}, \quad (16)$$

где  $Q_{ч.макс}$ ,  $Q_{ч.мин}$  – максимальный и минимальный часовые расходы воды в населенном пункте,  $м^3/ч$ .

Полученное значение округляется до целого числа.

Ступенчатый график работы насосной станции второго подъема (НС-II) представлен на рисунке 3.

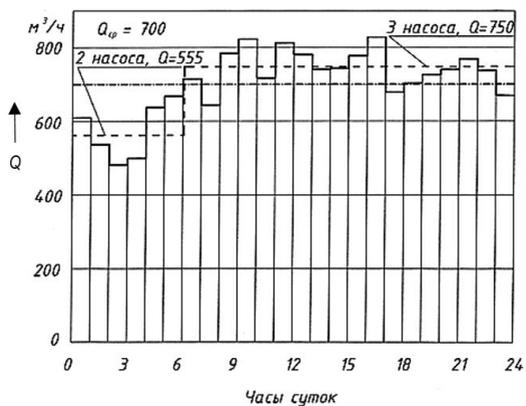


Рисунок 3 – График водопотребления и работы насосов НС-II

При выборе производительности насосов на ступенях необходимо пользоваться следующими рекомендациями:

- в час максимального водопотребления забор воды из бака рекомендуется в количествах не более 10–15 % от суммарного расхода воды в этот час;
- оптимальное число рабочих насосных агрегатов станции второго подъема обычно находится в пределах от 2 до 4;
- при подборе насосов следует учитывать снижение их общей подачи за счет параллельности их работы.

Критерием оптимальности выбора производительности насосов на ступенях служит минимальный объем регулирующих емкостей водопровода.

## 3 НАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩИЕ И ЗАПАСНЫЕ ЕМКОСТИ

### 3.1 Водонапорные башни

Водонапорные башни (ВБ) служат для создания и поддержания в водопроводной сети напоров, хранения запасов воды, необходимых для покрытия неравномерности водопотребления по часам суток.

**Объем бака** водонапорной башни складывается из регулирующего объема воды и десятиминутного запаса воды на случай тушения пожара

$$W_6 = W_{\text{рег}} + W_{\text{пож}}, \quad (17)$$

где  $W_{\text{рег}}$  – регулируемый объем воды в баке, м<sup>3</sup>;

$W_{\text{пож}}$  – противопожарный запас воды, м<sup>3</sup>.

Регулирующий объем воды в баке удобно определять в табличной форме (таблица 13) с учетом графика водопотребления населенного пункта и графика работы насосов НС-II по часам суток.

Таблица 13 – Расчет регулирующей емкости водонапорной башни

В процентах

Часы суток	Водопотребление	Подача воды насосами НС-II	Поступление в бак	Расход из бака	Остаток воды в баке
1	2	3	4	5	6

В графах 2 и 3 приведены данные, взятые из графиков водопотребления и работы насосов. 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. Регулирующий объем бака водонапорной башни ( $W_{\text{рег}}$ ) определяется как сумма по модулю наибольшего положительного и отрицательного числа в столбце 6 таблицы 13.

Неприкосновенный противопожарный объем  $W_{\text{пож}}$  рассчитывается из условия тушения одного внутреннего и одного наружного пожара в течение 10 мин (10 мин – время, необходимое для запуска пожарных насосов и поступления воды на тушение пожара в сеть):

$$W_{\text{пож}} = (q_{\text{н.п}} + q_{\text{в.п}}) \cdot 0,6, \quad (18)$$

где  $q_{\text{н.п}}$ ,  $q_{\text{в.п}}$  – расходы воды на тушение одного наружного и одного внутреннего пожара, л/с.

После определения полного объема бака водонапорной башни  $W_6$  его привязывают к типовому проекту (таблица 14). Максимальная (полная) вместимость ВБ по типовым проектам составляет  $800 \text{ м}^3$ . При необходимом объеме водонапорной башни более  $800 \text{ м}^3$  проектируется безбашенная система водоснабжения.

Для последующих расчетов необходимо знать расчетные параметры водонапорной башни. Окончательные размеры бака ВБ определяются по данным типовых проектов. При отсутствии в типовых проектах данных о размерах бака можно исходить из соотношения высоты  $H_6$  и диаметра  $D_6$  бака в пределах 0,6–1. Высота ствола башни определяется после выполнения гидравлического расчета сети и определения потерь напора на всех участках.

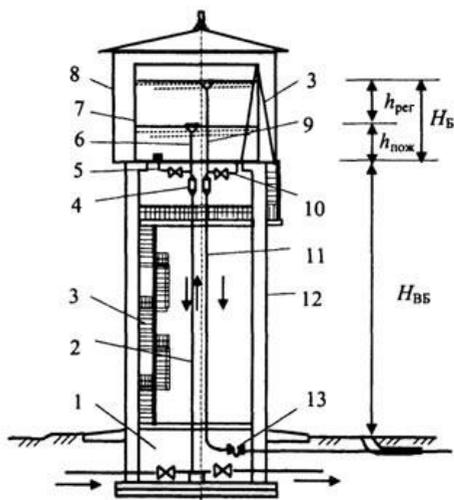
Схема водонапорной башни приведена на рисунке 4.

Таблица 14 – Основные параметры водонапорных башен

Номер типового проекта	Тип башни	Вместимость бака, $\text{м}^3$	Диаметр бака, м	Высота ствола башни	
				Отметка максимального уровня, м	
901-5-37.87	Бесшатровая водонапорная башня со стальным баком с применением стволлов из унифицированных сборных железобетонных элементов	50	4,6	<u>12.000</u>	16.200
901-5-38.87				<u>18.000</u>	22.200
901-5-39.87		100	5,4	<u>18.000</u>	23.800
901-5-40.87				<u>24.000</u>	29.800
901-5-41.87		200	6,3	<u>24.000</u>	30.980
901-5-42.87				<u>30.000</u>	36.980
901-5-43.87		300	7,5	<u>30.000</u>	38.230
901-5-44.87				<u>36.000</u>	43.380
901-5-47.90		Водонапорные башни со стальными баками и стволами из сборных железобетонных элементов	500		<u>36.000</u>
901-5-48.90	<u>42.000</u>				49.410
901-5-49.90	800			<u>42.000</u>	50.150
				<u>48.000</u>	56.150
901-5-50.90	800				

Рисунок 4 – Схема водонапорной башни [3]:

1 – фундамент и подвальное помещение; 2 – подающе-отводящая труба; 3 – лестницы; 4 – сальниковые компенсаторы; 5 – труба на противопожарные нужды; 6 – труба для забора воды из бака на хозяйственно-питьевые нужды; 7 – бак; 8 – шатер; 9 – переливная труба; 10 – грязевая труба; 11 – сбросная труба; 12 – опорная конструкция (ствол); 13 – гидравлический затвор



### 3.2 Резервуары чистой воды

Резервуары чистой воды (РЧВ) предназначены для регулирования работы насосных станций первого и второго подъема. Кроме того, в РЧВ должны храниться пожарный и аварийный объемы воды, а также объем воды на собственные нужды водопроводных сооружений.

#### Объем резервуаров чистой воды

$$W_{\text{РЧВ}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{н.з}} + W_{\text{ф}}, \quad (19)$$

где  $W_{\text{рег}}$  – регулирующий объем, определяемый совмещением графика поступления воды в резервуар и графика забора воды из резервуара,  $\text{м}^3$ ;

$W_{\text{н.з}}$  – неприкосновенный противопожарный запас воды,  $\text{м}^3$ ;

$W_{\text{ф}}$  – объем воды на собственные нужды водоочистной станции,  $\text{м}^3$ .

**Регулирующий объем воды**  $W_{\text{рег}}$  может быть определен на основании анализа работы насосных станций I и II подъемов табличным способом (таблица 15) аналогично определению объема бака водонапорной башни (см. таблицу 13). При этом учитывают, что НС-I работает равномерно с подачей 4,17 %.

В случае безбашенной схемы подача насосной станции второго подъема за каждый час соответствует водопотреблению населенным пунктом в этот же час, т.е. график работы НС-II соответствует графику водопотребления.

При этом насосная станция работает в две или три ступени путем включения или выключения насосов.

Таблица 15 – Расчет регулирующей емкости РЧВ

В процентах

Часы суток	Подача воды насосами НС-I	Забор воды насосами НС-II	Поступление в РЧВ	Расход из РЧВ	Остаток воды в РЧВ
0–1					
1–2					
...					
<i>Итого</i>	100	100	$\Sigma$	$\Sigma$	

В случае безбашенной схемы подача насосной станции второго подъема за каждый час соответствует водопотреблению населенным пунктом в этот же час, т.е. график работы НС-II соответствует графику водопотребления. При этом насосная станция работает в две или три ступени путем включения или выключения насосов.

**Регулирующий объем** резервуара чистой воды определяется по графику совместной работы насосной станции второго подъема (водопотребление населенного пункта) и насосной станции первого подъема.

**Неприкосновенный противопожарный объем**  $W_{н.з}$  рассчитывается из условия тушения расчетного количества одновременных пожаров в течение всего нормативного времени тушения пожара  $T_{п.ож}$ :

$$W_{н.з} = 3,6(q_{в.п} n_{в} T_{в.п.ож} + q_{н.п} n_{н} T_{н.п.ож}), \quad (20)$$

где  $n_{в}$ ,  $n_{н}$  – расчетное количество внутренних и наружных пожаров;

$q_{в}$ ,  $q_{н}$  – расчетный расход на тушение внутреннего и наружного пожаров;

$T_{в.п.ож}$ ,  $T_{н.п.ож}$  – нормативное время тушения внутреннего пожара,  $T_{в.п.ож} = 1$  ч, и наружного пожара,  $T_{н.п.ож} = 3$  ч, соответственно [2].

**Объем воды  $W_{ф}$  на собственные нужды** водоочистной станции должен быть рассчитан на две промывки одного фильтра. Как правило,  $W_{ф}$  определяют после расчета водоочистной станции с учетом типа и площади фильтров. Объем воды на собственные нужды очистных сооружений с повторным использованием промывной воды согласно ТКП [1, п. 9.1.3] принимается равным 3–4 % от  $Q_{сут.макс}$ , без повторного использования воды – 10–14 % от  $Q_{сут.макс}$ . Этот объем можно определить по формуле

$$W_{ф} = (0,03 \dots 0,14) Q_{сут.макс}. \quad (21)$$

По полученному расчетному значению объема  $W_{рчв}$  подбирают количество резервуаров, их типовые размеры (таблица 16).

Общее количество резервуаров одного назначения должно быть не менее двух. При отключении одного резервуара в остальных должно храниться не менее 50 % пожарного и аварийного объемов воды.

Таблица 16 – Основные параметры резервуаров

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

После подбора типовых резервуаров вычисляют высоту каждого слоя воды (в метрах): противопожарного  $h_{\text{пож}}$ , регулирующего  $h_{\text{рег}}$  и высоту слоя воды на собственные нужды станции водоподготовки  $h_{\text{ф}}$ .

## Высота противопожарного слоя

$$h_{\text{пож}} = \frac{W_{\text{н.з.}}}{nF_{\text{дн}}}, \quad (22)$$

где  $n$  – количество резервуаров;

$F_{\text{дн}}$  – площадь дна типового резервуара, м<sup>2</sup>.

## Высота регулирующего слоя воды

$$h_{\text{рег}} = \frac{W_{\text{рег}}}{nF_{\text{дн}}}. \quad (23)$$

## Высота слоя воды на промывку фильтров

$$h_{\text{ф}} = \frac{W_{\text{ф}}}{nF_{\text{дн}}}. \quad (24)$$

## Высота слоя воды в резервуаре

$$H_{\text{в}} = h_{\text{пож}} + h_{\text{рег}} + h_{\text{ф}}. \quad (25)$$

Определив высоту слоев воды, рассчитывают необходимые **расчетные отметки в РЧВ**. Верх резервуара чистой воды обычно принимается на 0,5 м выше отметки поверхности земли в месте установки резервуара. Далее рассчитываются отметки уровней воды и конструктивных элементов:

– *дна и приемной воронки трубопровода*, подающего воду на тушение пожара –

$$Z_{\text{дн}} = Z_{\text{п.з}} + 0,5 - h_{\text{РЧВ}}; \quad (26)$$

где  $Z_{\text{п.з}}$  – отметка поверхности земли в месте установки резервуара, м;

$h_{\text{РЧВ}}$  – высота принятого типового РЧВ, м;

– *противопожарного уровня воды и приемной воронки* (или расположения отверстий в сифоне) трубопровода, подающего воду на хозяйственно-питьевые нужды, –

$$Z_{\text{пож}} = Z_{\text{дн}} + h_{\text{пож}}; \quad (27)$$

– *уровня воды на промывку фильтров* –

$$Z_{\text{ф}} = Z_{\text{пож}} + h_{\text{рег}}; \quad (28)$$

– *верхнего уровня воды в резервуаре чистой воды, воронки переливного трубопровода* –

$$Z_{\text{в.у.}} = Z_{\text{ф}} + h_{\text{ф}}; \quad (29)$$

– дна грязевого приемка –

$$Z_{\text{пр}} = Z_{\text{дн}} - (1 \dots 1,5); \quad (30)$$

– грязевого трубопровода –

$$Z_{\text{гр}} = Z_{\text{пр}} + (0,1 \dots 0,2). \quad (31)$$

Использованный пожарный и аварийный запасы возобновляют за счет подачи воды в резервуары резервными насосами или за счет снижения подачи воды потребителям на хозяйственно-питьевые нужды. Для систем водоснабжения I и II категорий надежности разрешается снижать подачу воды до 70 %, а для III категории – 50 % расчетных расходов и подачи воды на производственные нужды по аварийному графику.

**Максимальная продолжительность возобновления противопожарного объема:**

– для населенных пунктов и промышленных предприятий с категориями А, Б, В пожарной безопасности – до 24 ч;

– для промышленных предприятий с категориями Г, Д, Е пожарной безопасности – до 36 ч;

– в сельских населенных пунктах и на сельхозпредприятиях – до 72 ч.

В резервуарах для питьевой воды должен быть обеспечен обмен пожарного и аварийного объемов воды в срок не более 48 ч. Для этого предусматривается циркуляция воды с помощью перегородок или циркуляционных насосов.

В резервуарах высоту воздушного пространства над максимальным уровнем воды до нижнего ребра плиты или плоскости перекрытия следует принимать от 200 до 300 мм (рисунок 5). При этом необходимо обеспечить воздухообмен между всеми отсеками покрытия [1].

Резервуары для воды оборудуют подводящими и отводящими трубопроводами или объединенным подводяще-отводящим трубопроводом, переливным устройством, спускным трубопроводом, вентиляционным устройством, скобами, лестницами, люками-лазами, промывным трубопроводом, системами автоматики.

Все трубопроводы (кроме переливного) оборудуются задвижками.

Возле резервуара на соответствующем трубопроводе должно быть оборудование для отбора воды автоцистернами и пожарными машинами.

Выполняют резервуары чистой воды из железобетонных элементов.

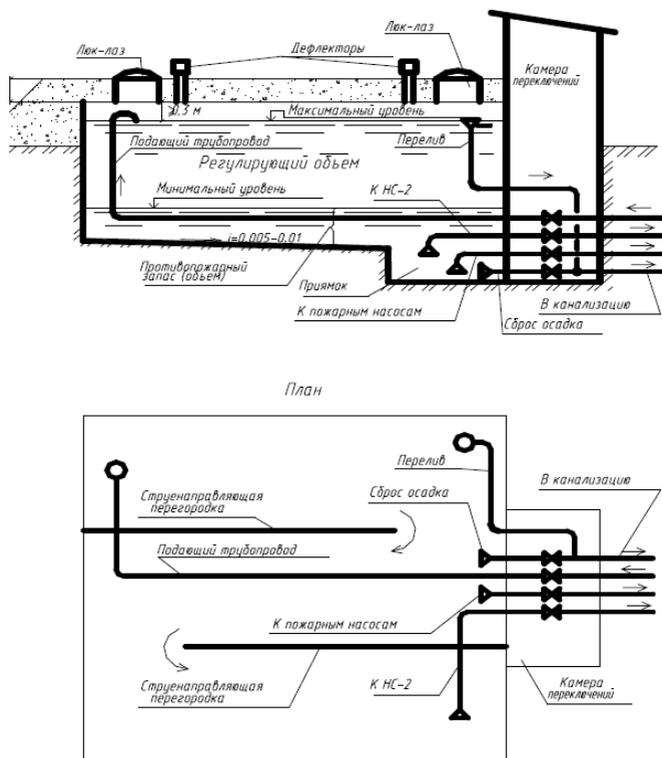


Рисунок 5 – Схема РЧВ [10]

## 4 ВЫБОР СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ТРАССИРОВКА ВОДОВОДНОЙ СЕТИ

### 4.1 Выбор схемы водоснабжения

Выбор системы и схемы водоснабжения объектов производства осуществляют путем технико-экономической оценки вариантов.

При выборе системы и схемы водоснабжения необходимо учитывать:

- вид источников водоснабжения;
- требования к давлению, количеству и качеству воды, режиму водопотребления;
- требования к надежности подачи воды;

– условия расположения предприятия и особенности технологических процессов на предприятии, местные условия и особенности объектов потребления воды [1].

При проектировании водопроводной сети решается вопрос о выборе такой схемы расположения водоводов, магистральных линий, насосных станций, резервуаров и башен, при которой технико-экономические показатели их строительства и эксплуатации были бы наилучшими. В результате сравнения возможных схем водоснабжения должна быть установлена основная схема, имеющая лучшие технико-экономические показатели, из которых на стадии сравнения вариантов следует выделить: длину водоводов и магистральных линий, а также их диаметры, количество насосных станций, резервуаров, месторасположение и высота водонапорной башни. При этом надежность подачи заданных количеств воды потребителям и обеспечение напоров должны быть гарантированы при всех рассматриваемых схемах.

При выборе основной схемы водоснабжения следует руководствоваться рекомендациями, приведенными в подразд. 1.2 данного пособия.

## **4.2 Трассировка водопроводной сети**

**Основные требования**, которые должны быть выполнены при выборе трассы линий водопроводной сети:

- подача всем потребителям заданных количеств воды под требуемым напором;
- надежность работы и бесперебойность подачи воды потребителям как при нормальной работе, так и при возможных авариях на отдельных участках;
- наименьшие затраты на строительство и эксплуатацию как самой сети, так и сооружений на ней.

Работу по трассировке сети следует начинать с анализа факторов, влияющих на очертание ее в плане: конфигурации территории объекта водоснабжения, его планировки (расположения улиц, проездов, парков, промышленных предприятий, отдельных районов), мест расположения на плане наиболее крупных потребителей воды, места подачи воды в сеть, рельефа местности, наличия и расположения естественных и искусственных препятствий.

**При трассировке сети необходимо руководствоваться следующими рекомендациями:**

- главные магистральные линии следует направлять по кратчайшему расстоянию к наиболее крупным водопотребителям, а также к водонапорной башне или от нее;
- с целью обеспечения надежности водоснабжения основных магистралей должно быть не менее двух, соединенных перемычками, позволяющими в случае аварии выключать на ремонт какой-либо участок;

- водопроводные линии должны быть расположены равномерно по всей территории объекта водоснабжения;
- для обеспечения достаточных напоров в распределительной сети магистральные линии следует прокладывать, по возможности, на наиболее возвышенных отметках местности;
- водопроводные линии следует располагать по проездам или обочинам дорог, параллельно линиям застройки и, по возможности, вне асфальтовых или бетонных покрытий, чтобы они были доступны для эксплуатации и проведения ремонтных работ;
- трассы трубопроводов, как правило, следует проектировать подземными вблизи автодорог и проездов (при теплотехническом и технико-экономическом обосновании допускается наземная и надземная прокладка в туннелях, обычно параллельно с другими коммуникациями);
- автомобильные или железные дороги трубопроводы должны пересекать под прямым углом;
- на территории объекта водоснабжения следует учитывать наличие подземных коммуникаций, отдельные элементы которых должны быть расположены от наружной поверхности водопроводных труб, укладываемых в траншеях, на определенных расстояниях [1, 3].

При трассировке сети необходимо учитывать требования [1, 2], в соответствии с которыми разделение водопроводной сети на ремонтные участки должно обеспечивать при выключении одного из участков отключение не более пяти пожарных гидрантов. Расстояние между гидрантами должно быть не более 150 м, следовательно, длину магистральных участков в кольце рекомендуется принимать не более 600–800 м, перемычек – 400–600 м.

## 5 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ

### 5.1 Выбор расчетных случаев

Для систем водоснабжения населенных пунктов расчеты совместной работы водоводов, водопроводных сетей, насосных станций и регулирующих емкостей необходимо выполнять для **следующих** характерных режимов подачи воды в сутках:

- максимального водопотребления – для максимального, среднего и минимального часовых расходов, а также для максимального часового расхода с учетом расчетного расхода воды на тушение пожаров;
- среднего водопотребления – для среднего часового расхода;
- минимального водопотребления – для минимального часового расхода [1].

Необходимость выполнения расчетов для других режимов водопотребления, а также отказ от проведения расчетов для одного или нескольких из указанных режимов, если последние не вносят изменений в схему и технические параметры трубопроводов и сооружений, следует обосновывать.

При расчете сооружений, водоводов и сетей на период тушения пожаров аварийное выключение водоводов и линий кольцевых сетей, а также секций и блоков сооружений не учитывают [1].

В курсовом проекте количество расчетных случаев зависит от наличия водонапорной башни (ВБ) в схеме водоснабжения, а также ее месторасположения.

Системы подачи и распределения воды (СПРВ) без водонапорной башни рассчитываются на следующие **периоды работы системы в сутки максимального водопотребления:**

- час максимального водопотребления;
- час максимального водопотребления и пожаротушения.

СПРВ с водонапорной башней в начале сети рассчитываются, как и в предыдущем случае.

СПРВ с водонапорной башней в конце сети рассчитываются на следующие периоды работы системы в сутки максимального водопотребления:

- час максимального водопотребления;
- час максимального водопотребления и пожаротушения;
- час максимального транзита воды в бак водонапорной башни.

## **5.2 Гидравлический расчет кольцевой сети**

**Цель расчета** – определение экономически наиболее выгодных диаметров труб и потерь напора в трубопроводе. Экономически выгодным является такой диаметр труб, при котором приведенные затраты на строительство и эксплуатацию трубопровода будут минимальными. Минимальный диаметр трубопровода, объединенного с противопожарным, должен быть не менее 100 (110) мм.

Гидравлический расчет кольцевой магистральной сети производят в такой **последовательности:**

- 1) составляют расчетную схему подачи и отбора воды;
- 2) выполняют предварительное потокораспределение;
- 3) определяют диаметры труб участков сети;
- 4) рассчитывают потери напора на участках сети и величины невязок в кольцах;
- 5) производят увязку сети (при необходимости).

После трассировки магистральную водопроводную сеть делят на расчетные участки длиной не более 800 м. Участки разграничивают узлами, которые назначают во всех точках сети, где имеются сосредоточенные расходы воды, а также во всех точках пересечения линий и изменения диаметра труб.

После чего составляется условная расчетная схема отдачи воды, при которой водоотбор наиболее крупных водопотребителей (промышленные предприятия, пожарные расходы) намечается как отдельный сосредоточенный расход, а водоотбор остальных водопотребителей (население, поливка улиц, площадей и зеленых насаждений) предполагается равномерным по длине магистральной сети с отбором его в узловых точках. При этом условно считают, что водоотдача каждого участка сети пропорциональна его длине.

По таблице 12 находят час наибольшего водопотребления, по расходу которого определяют **расчетные секундные расходы воды в сети**:

– максимальный –

$$q_{с \text{ макс}} = Q_{ч. \text{ макс}} / 3,6; \quad (32)$$

– сосредоточенный –

$$q_{с \text{ оср}} = Q_{ч. \text{ оср}} / 3,6; \quad (33)$$

– расчетный (разность общего и сосредоточенного расходов в час наибольшего водопотребления) –

$$q_{\text{рас}} = (Q_{ч. \text{ макс}} - Q_{ч. \text{ оср}}) / 3,6. \quad (34)$$

Удельный расход воды – это средний расход воды на единицу длины водопроводной сети  $q_{\text{уд}}$ , л/(с·м), определяется в час максимального водопотребления для каждого района населенного пункта по формуле

$$q_{\text{уд}} = \frac{q_{\text{рас}}}{\sum l_p}, \quad (35)$$

где  $\sum l_p$  – сумма расчетных длин всех участков сети района, м.

В расчетную длину участков не включается длина переходов под дорогами и водными преградами, а также других участков, где не осуществляется отбор воды из сети. При одностороннем отборе воды на участке (магистраль проходит вдоль зеленой зоны, промпредприятия, незастроенной территории) расчетная длина принимается равной половине его фактической длины. Если магистраль проходит вдоль границы раздела районов с разной степенью благоустройства, каждый район учитывает только половину фактической длины. Результаты сводятся в таблицу 17.

**Таблица 17 – Определение расчетных длин участков**

Номер участка	Фактическая длина, $l_f$ , м	Расчетная длина, $l_p$ , м

Определяется величина путевых расходов всех участков, л/с, умножением удельного расхода на расчетную длину участка:

$$q_{\text{пут.}i} = q_{\text{уд}} l_i \quad (36)$$

где  $q_{\text{уд}}$  – удельный расход воды, л/(с·м);

$l_i$  – расчетная длина участка, м.

Определяется узловой расход, состоящий из половины путевых расходов всех примыкающих к узлу участков, и сосредоточенного расхода:

$$q_{\text{узл}} = q_{\text{соср}} + 0,5 \cdot \sum q_{\text{пут.}i} \quad (37)$$

Сумма всех узловых расходов должна быть равна величине максимального (расчетного) расхода воды в населенном пункте, определенного по формуле (32).

Результаты расчетов путевых и узловых расходов сводят в таблицу 18.

Таблица 18 – Узловые и путевые расходы воды

Номер узла	Участки сети, примыкающие к узлу		Удельный расход $q_{\text{уд}}$ , л/(с·м)	Путевой расход $q_{\text{пут.}}$ , л/с	Узловой расход $q_{\text{узл.}}$ , л/с	Сосредоточенный расход		Полный узловой расход $q$ , л/с
	обозначение участка	расчётная длина $l_p$ , м				наименование	расход $q_{\text{соср}}$ , л/с	
<i>Итого</i>		Σ			Σ		Σ	Σ

Вычисленные узловые и путевые расходы наносят на расчетную схему сети, показывая их стрелкой, выходящей из соответствующего узла, с указанием величины расхода в л/с. На этой же схеме в соответствующих точках отдельно указывают сосредоточенные расходы крупных водопотребителей и общий расход, подаваемый в сеть (рисунок 6).

**Начальное потокораспределение** ведут в такой последовательности:

– назначают точку схода потоков, которую располагают в конце сети на наиболее удаленных и высоко расположенных отметках с наибольшими узловыми отборами. Диктующей точкой при размещении башни в начале сети может оказаться любая точка сети с наибольшей геодезической отметкой и наиболее удаленная от питателя (башни). В сети с контррезервуаром за диктующую принимают точку на границе питания сети от башни и от насосов, имеющую максимальную геодезическую отметку и свободный напор;

– намечают стрелками направление движения воды (основные пути снабжения водой от источника питания до диктующей точки);

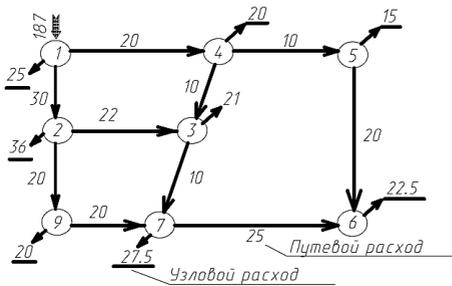


Рисунок 6 – Пример расчета узловых расходов водопроводной сети

– определяют расчетные расходы воды на каждом участке по основным путям, двигаясь в направлении, противоположном направлению движения воды, от точки схода к источнику питания;

– по расчетным расходам определяют диаметры участков сети по таблицам [6, 7], предварительно выбрав материала труб, а также скорость

движения воды, гидравлический уклон и рассчитывают потери напора на участках по формуле

$$h = il, \tag{38}$$

где  $i$  – удельные потери, м/м;

$l$  – длина участка, м.

Одним из основных условий начального потокораспределения для каждого расчетного случая является соблюдение правила баланса расходов в узлах сети (первый закон Кирхгофа): количество воды, притекающей к узлу, должно быть равно количеству воды, вытекающей и отбираемой из узла:

$$\sum q = 0. \tag{39}$$

По второму закону Кирхгофа в каждом контуре сети *алгебраическая сумма потерь напора* должна быть равна нулю, т. е. должно соблюдаться условие

$$\sum h = 0. \tag{40}$$

При вычислении  $\sum h$  потери напора на участках с направлением движения воды по часовой стрелке условно принимают положительными, а на участках с направлением движения воды против часовой стрелки – отрицательными.

Гидравлический расчет сети сводят в таблицу 19.

Таблица 19 – Гидравлический расчет сети

Кольцо или контур	Участок сети	Длина $l$ , м	Предварительное распределение воды				
			Расчетный расход воды на участке $q$ , л/с	Диаметр труб $d$ , мм	Скорость движения воды $v$ , м/с	Гидравлический уклон $1000i$	Потери напора на участке, м

Величины допустимых невязок потерь напора не должны превышать: в кольцах – 0,5–1,0 м, по внешнему контуру сети – 1,0–1,5 м. В противном случае потери напора в кольцах увязывают путем перераспределения ранее намеченных расходов, увеличив расход недогруженных линий и уменьшив расходы перегруженных линий на величину поправочных расходов.

Сеть увязывают по методу М. М. Андрияшева. При этом величины поправочных расходов определяют по формуле

$$\pm \Delta q = \frac{q_{\text{ср}} (\pm \sum h)}{2 \cdot \sum |h|}, \quad (41)$$

где  $q_{\text{ср}}$  – средний расход воды всех входящих в кольцо участков, л/с,

$$q_{\text{ср}} = \sum q_i / n; \quad (42)$$

$\sum q_i$  – арифметическая сумма расходов воды на всех участках кольца, л/с;

$n$  – число участков в кольце;

$\pm \sum h$  – невязка потерь напоров в кольце, м;

$\sum |h|$  – сумма абсолютных значений потерь напора по кольцу, м.

Знак поправочного расхода по кольцу соответствует знаку невязки  $\pm \sum h$ . Поскольку поправочный расход относят к определенному участку кольца, знаки при  $\Delta q$  нужно принимать в зависимости от направления движения воды по данному участку. Если по участку вода движется по часовой стрелке, т. е.  $h$  имеет знак +, то знак при  $\Delta q$  меняется на обратный.

Особое внимание нужно обратить на увязку смежного кольца, т. к. по участкам сети, являющимся смежными для двух колец, пройдут, соответственно, два поправочных расхода с учетом их знака.

**Гидравлический расчет водопроводной сети на случай пожара.** Рассчитав водопроводную сеть на пропуск максимального секундного расхода воды, необходимо произвести проверочные гидравлические расчеты на случай пожара в час максимального водопотребления. Точками пожара назначают узлы сети, наиболее удаленные от водопитателя или расположенные на высоких отметках территории. В период пожара допускается повышение скоростей движения воды в трубах по сравнению с экономическими.

### 5.3 Проектирование водоводов и тупиков

Водоводы – это трубопроводы, служащие только для транспортирования воды. Для населенных пунктов I и II степени надежности водоводы должны прокладываться не менее чем в две нитки. Количество водоводов и их длина зависят от схемы СПРВ. В схеме с контррезервуаром водоводы прокладываются от НС II до магистральной сети и от магистральной сети до ВБ; в схеме

с ВВ в начале сети – от НС-II до магистральной сети (ВВ подключается непосредственно к водоводам); при безбашенной схеме – от НС-II до магистральной сети.

Расчет водоводов и тупиков выполняют на пропуск максимального расхода воды и на случай возникновения пожара. По расчетным расходам определяют экономически наивыгоднейшие диаметры труб и потери напора в них по таблицам [6, 7].

Работу водоводов проверяют на нормальный режим работы и в период аварии на одной из линий. При нормальном режиме по каждой линии протекает половина общего расхода, при аварии одна линия должна пропускать не менее 70 % от общего расхода.

Гидравлический расчет водоводов и тупиков сводят в таблицу 20.

**Таблица 20 – Расчет водоводов и тупиков на пропуск максимального и пожарного расходов воды**

Участок сети	Длина $l$ , м	Число рабочих линий	Расчетный расход воды на участке $q$ , л/с	Диаметр труб $d$ , мм	Скорость движения воды $v$ , м/с	Гидравлический уклон $1000i$	Потери напора на участке, м

Из полученных для двух расчетных случаев диаметров для каждого участка назначают наибольший, и по нему подбирают гидравлический уклон и скорость для всех режимов работы.

## 5.4 Построение графиков пьезометрических линий

После гидравлического расчета водопроводной сети и водоводов необходимо определить пьезометрические отметки для всех узлов сети и построить графики пьезометрических линий. Расчет и построение графиков для всех расчетных случаев производится в следующей **последовательности**:

1 Чертят схемы окончательного потокораспределения. На схемы по всем участкам сети наносятся данные результатов увязки и направления потоков воды (рисунок 7).

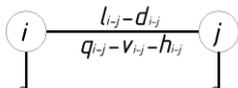


Рисунок 7 – Размещение результатов гидравлического расчета:

$l_{i-j}$  – фактическая длина участка  $i-j$ , м;  $d_{i-j}$  – принятый диаметр, мм;  $q_{i-j}$  – окончательно распределенный расход, л/с;  $v_{i-j}$  – расчетная скорость, м/с;  $h_{i-j}$  – потери напора на участке сети, м

2 Определяется величина требуемого свободного напора  $H_{\text{св.тр}}$ , м. Согласно ТКП [1] эта величина зависит от этажности зданий в населенном пункте и определяется для каждого района:

– при максимальном часовом расходе

$$H_{\text{св.тр}} = 10 + 4(n - 1); \quad (43)$$

– при минимальном часовом расходе

$$H_{\text{св.тр}} = 10 + 3(n - 1), \quad (44)$$

где  $n$  – этажность застройки.

При пожаре во всех узлах сети для систем противопожарного водопровода низкого давления величина минимального свободного требуемого напора должна быть не менее 10 м [1].

3 Для каждого расчетного случая выбирается диктующая точка (ДТ), относительно которой начинается расчет по определению пьезометрических отметок.

*В схемах с контррезервуаром:*

а) в час максимального водопотребления диктующая точка обычно располагается в одном из узлов на границе зон питания, на наиболее высокой отметке, имеющей больший требуемый напор; иногда в узле присоединения ВБ к магистральной сети (в этом случае характерная граница зон питания отсутствует);

б) в час транзита диктующая точка соответствует отметке  $Z_6$  расположения ВБ на генплане населенного пункта;

в) в час пожара диктующая точка находится в наиболее удаленном и высокорасполагаемом узле от НС-II.

*В схемах с ВБ в начале сети, а также для безбашенных схем:*

а) в час максимального водопотребления диктующая точка располагается в наиболее удаленном узле относительно НС-II для района с большей этажностью;

б) в час пожара диктующая точка располагается в узле – наиболее удаленном от НС II, иногда она совпадает с диктующей точкой в час максимального водопотребления.

Расчет пьезометрических отметок начинается с предположения, что фактический напор в диктующей точке равняется требуемому. Если в результате расчета окажется, что фактический напор меньше требуемого, то за диктующую точку принимают другой узел.

Для выбора диктующей точки в населенном пункте при наличии районов с различной этажностью застройки на схеме водопроводной сети строятся эпюры требуемых свободных напоров.

Определяются пьезометрические отметки в диктующей точке  $П_{дт}$ , м:

а) для часа максимального водопотребления

$$П_{дт} = Z_{дт} + H_{св.тр.}, \quad (45)$$

где  $Z_{дт}$  – отметка поверхности земли в диктующей точке, м;

$H_{св.тр.}$  – свободный требуемый напор, определяемый по формуле (43), м.

б) для часа транзита в башню пьезометрическая отметка соответствует максимальному уровню воды в баке ВБ;

в) для часа пожара

$$П_{дт} = Z_{дт} + 10, \quad (46)$$

где  $Z_{дт}$  – отметка поверхности земли в диктующей точке, м;

10 – минимальный требуемый свободный напор при пожаре, м.

5 Вычисляются пьезометрические отметки в последующем узле сети.

$$П_j = П_i \pm h_{i-j}, \quad (47)$$

где  $П_i$  – пьезометрическая отметка в предыдущей точке, для которой эта отметка уже определена, м;

$h_{i-j}$  – потери напора на участке между рассматриваемыми узлами, м.

Потери напора  $h_{i-j}$  принимаются со знаком «+», когда расчет пьезометрической отметки в последующем узле ведется против направления движения воды на данном участке, и со знаком «-», когда расчет ведется по направлению движения воды на участке.

6 Определяются величины фактических напоров  $H_{ф}$ , м, для каждого узла сети по формуле

$$H_{ф} = П_i - Z_i, \quad (48)$$

где  $П_i$  – пьезометрическая отметка в расчетном узле, м;

$Z_i$  – отметка поверхности земли в расчетном узле, м.

Результаты расчета наносятся на схемы окончательного потокораспределения в узлах сети. На участках сети приводятся данные гидравлического расчета сети, а в узлах сети определяются пьезометрические отметки и фактические напоры.

7 Сравнивается величина фактического напора с допустимым  $H_{доп}$ , который согласно ТКП [1] не должен превышать 60 м.

Если на основании расчетов оказалось, что  $H_{ф} > H_{доп}$ , то необходимо предусмотреть зонирование, а при высотной застройке можно установить в здании местные повысительные установки.

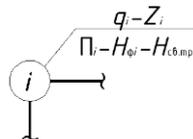
В результате расчетов также необходимо проверить условие

$$H_{ф} \geq H_{св.тр.}$$

Если условие не соблюдается, то следует передвинуть диктующую точку на более высокую отметку и пьезометрический расчет сделать заново [4].

Результаты пьезометрических расчетов наносятся на схемы окончательного потокораспределения (рисунок 8). На основании данных схем строится график пьезометрических линий от диктующей точки до НС-II.

Рисунок 8 – Размещение результатов расчета:  
 $q_i$  – узловой отбор воды, л/с;  $Z_i$  – отметка поверхности земли, м;  $\Pi_i$  – пьезометрическая отметка, м;  $H_{\text{фг}i}$  – фактический напор, м;  $H_{\text{св.тр}i}$  – требуемый свободный напор, м



Водонапорная башня, расположенная в начале сети (рисунки 9, 10), обеспечивает снижение максимальной часовой производительности насосов второго подъема за счет подачи воды из своей регулирующей емкости в водопроводную сеть в часы максимального водопотребления. Чем больше регулирующий объем водонапорной башни, тем меньше максимальная часовая подача насосов второго подъема и равномернее их работа в течение суток. При этом снижается гидравлическая нагрузка на водоводы, что позволяет уменьшить диаметры трубопроводов и их стоимость, но добавляется стоимость водонапорной башни. Подача воды в водопроводную сеть осуществляется в одной точке [5].

В схеме с контррезервуаром в час максимального водопотребления подача воды в водопроводную сеть осуществляется от двух источников: насосов второго подъема и водонапорной башни (рисунки 11, 12). Однако подача воды в сеть осуществляется с двух противоположных сторон, что значительно снижает гидравлическую нагрузку на начальные участки сети и позволяет уменьшить их диаметры. Режим работы насосов 2-го подъема, водоводов и регулирующий объем водонапорной башни сохраняются такими же, как и в предыдущей схеме [5].

При отсутствии в СПРВ водонапорной башни (рисунки 13, 14) насосы второго подъема, водоводы и водопроводные сети работают в режиме водопотребления, что соответствует максимальным гидравлическим нагрузкам. При этом увеличивается стоимость этих элементов СПРВ и имеет максимальное значение регулирующий объем в РЧВ.

В условиях большой неравномерности водопотребления в схемах без башни режим работы насосов второго подъема, соответствующий режиму водопотребления, обеспечивается за счет ступенчатого включения и выключения насосов. Это приводит к значительным колебаниям свободных напоров и увеличению непроизводительных расходов энергии на транспортирование воды. С развитием частотного регулирования работы центробежных насосов область эффективного использования схем СПРВ без башен существенно расширилась [5].

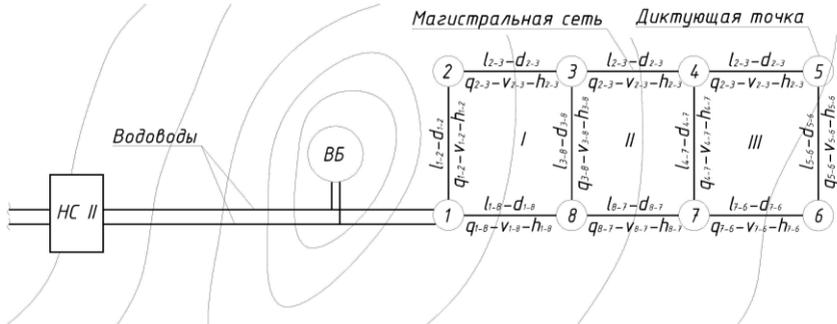


Рисунок 9 – Расчетная схема сети при расположении ВБ в начале сети

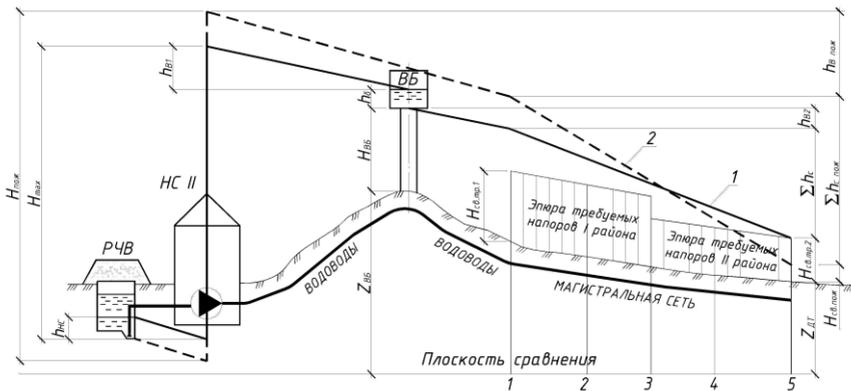


Рисунок 10 – Пьезометрические линии при расположении ВБ в начале сети:  
1 – в час максимального водопотребления; 2 – в час пожара



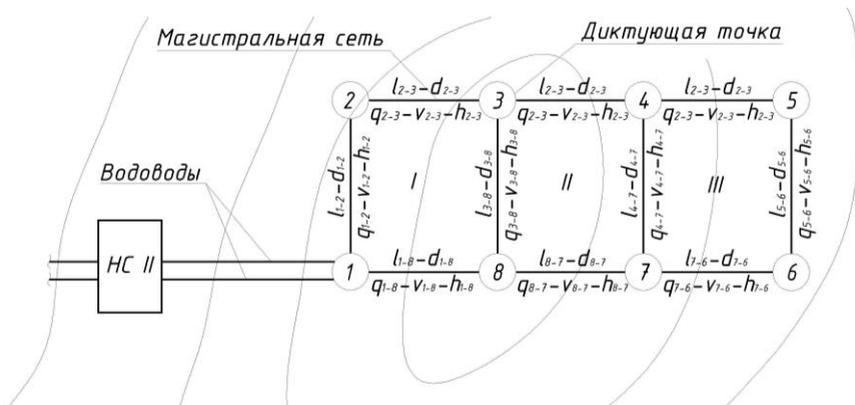


Рисунок 13 – Расчетная схема сети без башни

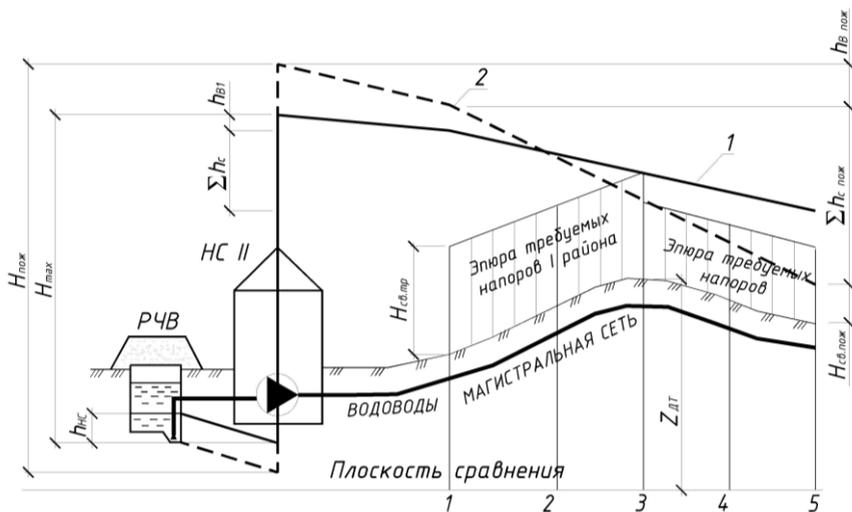


Рисунок 14 – Пьезометрические линии при безбашенной схеме:  
1 – в час максимального водопотребления; 2 – в час пожара

## 5.5 Определение высоты водонапорной башни

На основании графика пьезометрических линий можно определить необходимую высоту ствола водонапорной башни, м,

$$H_{ВБ} = H_{св.тр} + \sum h_C + h_{В2} - (Z_{ВБ} - Z_{ДТ}), \quad (49)$$

где  $H_{св.тр}$  – требуемый напор, м;

$\sum h_C$  – сумма потерь напора на участках магистральной сети от диктующей точки до узла подключения водоводов к магистральной сети, м;

$h_{В2}$  – потери напора в водоводах от узла их подключения к магистральной сети до водонапорной башни, м;

$Z_{ВБ}$  – отметка поверхности земли у водонапорной башни, м;

$Z_{ДТ}$  – отметка поверхности земли в диктующей точке, м.

Ствол водонапорной башни устраивают из сборных железобетонных элементов. Высота каждого элемента 6 м. Поэтому высота ВБ, определенная по формуле (48), должна быть кратна 6. После определения высоты ствола башни ее привязывают к типовому проекту (см. таблицу 14).

## 5.6 Подбор насосов насосной станции второго подъема

Насосы, устанавливаемые на насосной станции второго подъема, подбираются по двум параметрам: подаче и напору.

### Необходимые напоры насосов НС-II:

а) схема с башней в начале сети:

1) в час максимального водопотребления

$$H_{\max} = H_{ВБ} + h_6 + h_{В1} + h_{НС} + (Z_{ВБ} - Z_{\text{пож}}), \quad (50)$$

где  $H_{ВБ}$  – высота ствола ВБ, м;

$h_6$  – высота слоя воды в баке ВБ, м;

$h_{В1}$  – потери напора в водоводах, м;

$h_{НС}$  – потери напора в коммуникациях насосной станции II подъема, м;

$Z_{ВБ}$  – отметка поверхности земли у водонапорной башни, м;

$Z_{\text{пож}}$  – отметка расчетного уровня воды в РЧВ, м;

2) в час максимального водопотребления и пожаротушения

$$H_{\text{пож}} = H_{св.пож} + \sum h_{C \text{ пож}} + h_{В\text{пож}} + h_{НС} + (Z_{ДТ \text{ пож}} - Z_{\text{дн}}), \quad (51)$$

где  $H_{св.пож}$  – свободный напор в диктующей точке при тушении пожара, принимается равным 10 м;

$\sum h_{C \text{ пож}}$  – сумма потерь напора на участках магистральной сети от ДТ до первоначального колодца при пожаре, м;

$h_{\text{Впож}}$  – потери напора в напорных водоводах при пожаре, м;  
 $Z_{\text{ДТ пож}}$  – отметка земли в диктующей точке при тушении пожара, м;  
 $Z_{\text{дн}}$  – минимальный уровень воды в РЧВ при пожаре, м;

б) схема с контррезервуаром:

1) в час максимального водопотребления

$$H_{\text{max}} = H_{\text{св.тр}} + \sum h_{\text{с}} + h_{\text{В1}} + h_{\text{НС}} + (Z_{\text{ДТ}} - Z_{\text{пож}}); \quad (52)$$

2) в час максимального водопотребления и пожаротушения определяется по формуле (51);

3) в час транзита в башню

$$H_{\text{тран}} = H_{\text{ВБ}} + h_{\text{б}} + h_{\text{В1}} + \sum h_{\text{с}} + h_{\text{В2}} + h_{\text{НС}} + (Z_{\text{ВБ}} - Z_{\text{пож}}); \quad (53)$$

в) безбашенная схема:

1) в час максимального водопотребления

$$H_{\text{max}} = H_{\text{св.тр}} + h_{\text{НС}} + h_{\text{В1}} + \sum h_{\text{с}} + (Z_{\text{ДТ}} - Z_{\text{пож}}); \quad (54)$$

2) в час максимального водопотребления и пожаротушения – определяется по формуле (51).

**Расчетная производительность** насосов насосной станции II подъема зависит от режима водопотребления в населенном пункте, а также от наличия или отсутствия в системе водонапорной башни.

В СПРВ без водонапорной башни максимальная  $q_{\text{ч.макс}}$  и минимальная  $q_{\text{ч.мин}}$  расчетная производительность насосов соответствует максимальному и минимальному часовому водопотреблению в населенном пункте. Эти величины определяются по таблице или графику водопотребления.

В СПРВ с водонапорной башней максимальная  $q_{\text{ч.макс}}$  и минимальная  $q_{\text{ч.мин}}$  производительность насосов определяется ступенчатым графиком работы насосов [9].

После определения расчетной производительности и потребного напора насосов для каждого расчетного периода осуществляется подбор насосов. Количество рабочих насосов в насосной станции II подъема должно быть не менее двух.

Насосы насосной станции II подъема подбираются по расходам в сутки максимального водопотребления, и проверяется их работа в сутки среднего и минимального водопотребления.

Следует минимизировать избыточные напоры, развиваемые насосами при различных режимах работы, за счет применения регуляторов давления, регулирующих емкостей, автоматизированного регулирования числа оборотов, изменения количества и типов насосов, обрезки или замены рабочих колес в соответствии с изменением условий их работы в течение расчетного срока [1].

## 6 УСТРОЙСТВО И ОБОРУДОВАНИЕ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Для обеспечения бесперебойной подачи воды потребителям, проведения плановых и аварийных ремонтов на водопроводной сети устанавливаются необходимое оборудование и сооружения в соответствии с рекомендациями:

1) запорная арматура (задвижки или затворы поворотные) – для выделения ремонтных участков и на всех ответвлениях от водопроводной сети;

2) клапаны для впуска и выпуска воздуха при опорожнении и заполнении трубопроводов – в верхней точке каждого ремонтного участка;

3) вантузы для выпуска воздуха – на повышенных переломных точках профиля трубопроводов;

4) выпуски для сброса воды из трубопроводов при опорожнении – в нижней точке каждого ремонтного участка;

5) пожарные гидранты – на водопроводных линиях на расстоянии, определяемом расчетом в соответствии с рекомендациями [2]. При разработке курсового проекта можно принимать не более 150 м;

6) водоразборные колонки – в районах, где не имеется домовых вводов, с радиусом действия не более 100 м;

7) регуляторы давления – для поддержания давления на уровне не выше допустимого значения;

8) гасители гидравлического удара – на водоводах сразу после насосной станции II подъема;

9) компенсаторы – на трубопроводах, прокладываемых в тоннелях, каналах или на эстакадах [1, 5].

Выбор типа и размеров водопроводной арматуры и оборудования можно производить с использованием сведений, приведенных в справочной литературе.

При подземной прокладке водопроводных сетей запорная, регулирующая и предохранительная арматура, а также гидранты устанавливаются, как правило, в колодцах (или камерах). Допускается бесколодезная установка запорной арматуры, имеющей соответствующую конструкцию.

Монтаж узлов на водопроводной сети осуществляется при помощи специальных деталей, называемых фасонными (соединительными) частями. Они применяются для устройства на трубопроводах поворотов, переходов от одного диаметра к другому, а также для установки на сети арматуры различного назначения. Фасонные части изготавливаются промышленностью серийно из чугуна и полиэтилена. Виды и размеры их приведены в справочной литературе.

При возникновении на трассе водопроводных линий препятствий, таких как железные и автомобильные дороги, водотоки и овраги, в соответствии с рекомендациями [1] разрабатывается проект перехода через эти препятствия, который должен быть согласован в установленном порядке.

При поворотах в горизонтальной или вертикальной плоскости трубопроводов из раструбных труб или соединяемых муфтами, когда возникающие усилия не могут быть восприняты стыками труб, должны предусматриваться упоры.

Для обеспечения нормальной эксплуатации водоводов и водопроводных сетей в местах установки арматуры и фасонных частей с фланцевыми соединениями устраивают водопроводные колодцы и камеры. Водопроводные колодцы обычно сооружают из сборного железобетона. Колодец состоит из основания, рабочей камеры и горловины, которая заканчивается люком с крышкой.

В зависимости от назначения изделия для колодцев подразделяются на следующие типы:

КС – стеновое кольцо рабочей камеры или горловины колодца;

КО – опорное кольцо;

ПО – опорная плита;

ПД – дорожная плита;

ПН (ПДн) – плита днища;

ПП – плита перекрытия.

Изделия обозначаются марками, которые согласно СТБ 1077–97 [9] состоят из буквенно-цифровых групп, разделенных дефисом и обозначающих:

– буквы – обозначение типа изделия;

– цифры перед буквенным индексом марки плит перекрытия – порядковый номер типоразмера плиты;

– цифры после буквенного индекса – диаметр в дециметрах рабочей камеры, горловины или люка колодца, с которыми сопрягается элемент;

– цифры после точки в марке стеновых колец – высота кольца в дециметрах;

– строчные буквы после этих цифр – исполнение колец с дополнительными конструктивными особенностями: «а» – с двумя отверстиями для пропускания трубопроводов; «б» – с четырьмя отверстиями;

– цифры после дефиса в марке плит перекрытия – тип несущей способности плиты.

Например, КС7.9 – кольцо стеновое для горловины диаметром 0,7 м и высотой 0,9 м.

Для определения габаритов водопроводных колодцев необходимо знать диаметр труб, размеры фасонных частей, а также размеры задвижек и пожарных гидрантов.

При определении размеров колодцев минимальные расстояния до внутренних поверхностей колодца следует принимать:

– от стенок труб: при диаметре труб до 400 мм включ. – 0,3 м; св. 400 до 500 мм включ. – 0,4 м; св. 500 до 600 мм включ. – 0,5 м; св. 600 мм – 0,7 м;

– от плоскости фланца: при диаметре труб до 400 мм включ. – 0,3 м; св. 400 мм – 0,5 м;

- от края раструба, обращенного к стене: при диаметре труб до 300 мм включ. – 0,4 м; св. 300 мм – 0,5 м;
- от низа трубы до дна: при диаметре труб до 400 мм включ. – 0,25 м; св. 400 до 600 мм включ. – 0,3 м; св. 600 мм – 0,35 м;
- от верха штока задвижки с выдвигным шпинделем – 0,3 м; от маховика задвижки с невыдвигным шпинделем – 0,5 м [1].

Рекомендуется использовать типовые габаритные размеры колодцев (рисунок 15). Водопроводные колодцы круглой формы из сборного железобетона имеют диаметр 1,0; 1,25; 1,5; 2,0 и 2,5 м [9]. Колодцы шириной до 2,5 м, как правило, устраивают круглыми, свыше 2,5 м – прямоугольными.

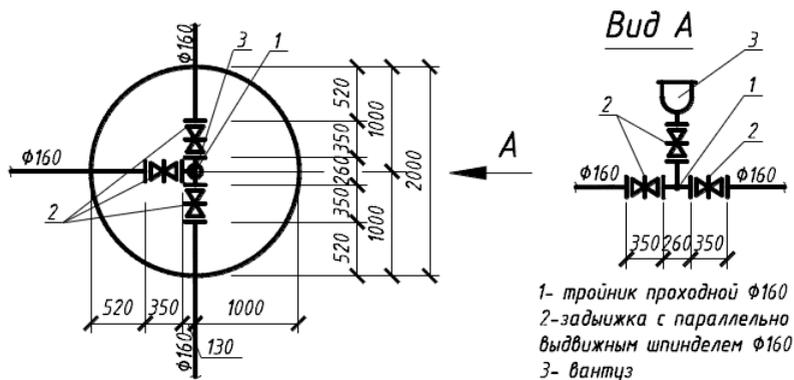


Рисунок 15 – Схема водопроводного колодца:

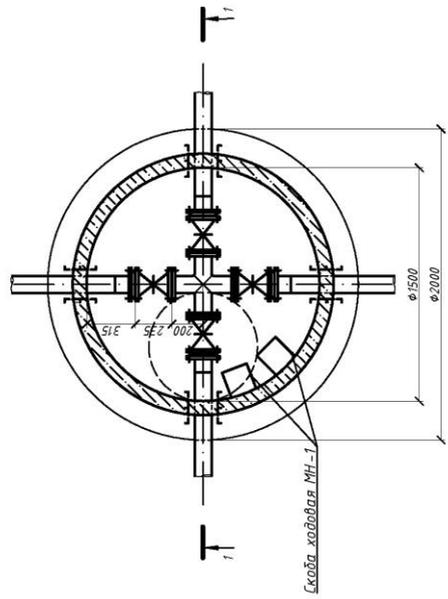
1 – тройник; 2 – задвижка; 3 – вантуз

Высота рабочей части колодцев (от дна до низа перекрытия) должна составлять не менее 1,8 м (рисунок 16).

Полная глубина колодца складывается из глубины заложения трубы по профилю (до низа трубы), расстояния от низа трубы до дна колодца (принимается в зависимости от диаметра согласно ТКП [1]), высоты расположения люка относительно поверхности земли. Высота люка относительно поверхности земли принимается равной 0 мм при расположении колодца под дорогой, тротуаром и другими сооружениями, имеющими усовершенствованное покрытие, 50–70 мм – в зелёной городской зоне, 200 мм – в зеленой незастроенной зоне.

При размещении в колодце пожарного гидранта необходимо обеспечить возможность установки в нем пожарной колонки [1].

План на отметке 133,000



Разрез 1-1

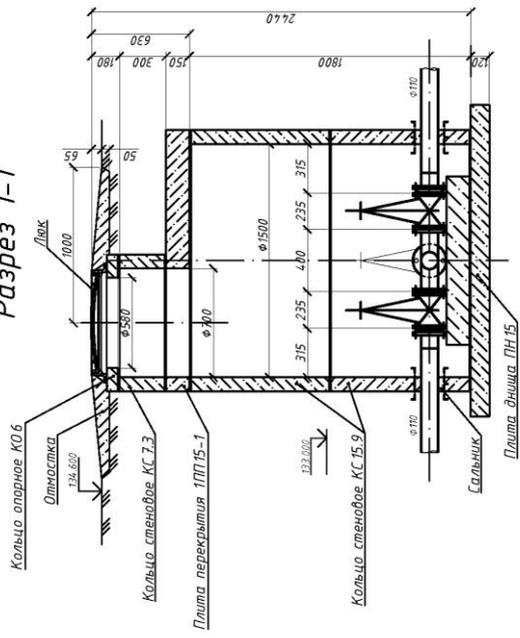


Рисунок 16 – План и разрез водопроводного колодца

## 7 ЧЕРТЕЖИ НАРУЖНЫХ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Чертежи наружных сетей водоснабжения (и канализации) выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 21.604–82 [8] и других документов системы проектной документации для строительства (СПДС).

В соответствии с этим стандартом в состав рабочих чертежей включаются: общие данные по рабочим чертежам; чертежи (планы, профили и элементы) сетей; схемы напорных сетей.

В общих данных по рабочим чертежам приводится состав проекта и общие сведения о проекте. В учебных целях общие данные могут быть заменены расчетно-пояснительной запиской к проекту.

**Планы сетей** выполняются в установленном масштабе на основе рабочих чертежей генерального плана объекта. На планах сетей указываются: существующие и проектируемые здания и сооружения, сети водоснабжения с привязками к осям зданий (сооружений), инженерные сети другого назначения, влияющие на прокладку проектируемых сетей; диаметры проектируемых трубопроводов; сооружения на сети (колодцы, камеры, переходы под автомобильными и железнодорожными путями и т. д.) с соответствующей их нумерацией.

**Профили сетей** выполняются в установленном масштабе в виде их развертки по оси трубопровода на основании разработанных планов сетей.

На продольный профиль наносят:

- поверхность земли (проектную – тонкой сплошной линией, натурную – тонкой штриховой линией);
- уровень грунтовых вод – тонкой штрихпунктирной линией;
- существующие и проектируемые пересекаемые автомобильные дороги, железнодорожные пути, кюветы, подземные инженерные сооружения и сети, влияющие на прокладку проектируемых трубопроводов, с указанием их габаритных размеров и высотных отметок;
- данные о грунтах;
- проектируемый трубопровод, колодцы, камеры и подземные части зданий и сооружений, связанные с проектируемым трубопроводом;
- футляры на трубопроводах с указанием диаметров, длин и привязок их к оси дорог или проектируемым сетям и сооружениям [8].

Профиль строится в двух масштабах: горизонтальном, соответствующем масштабу генплана, и вертикальном  $M_v$  1:100 ( $M_v$  1:200).

Трубопроводы изображают двумя линиями, если их диаметры в соответствующем масштабе равны 2 мм и более.

Под профилем помещается таблица основных данных для прокладки трубопровода по форме 2 [8] (рисунок 17).

Построение профиля начинается с расстановки номеров колодцев и указания расстояний, м, между ними. Затем по генплану определяются натурные

отметки земли в местах расположения колодцев и принимаются проектные отметки земли. При этом проектные отметки на профиле обозначаются сплошной линией, а натурные – пунктиром. Если эти отметки совпадают, то на профиле показывается только сплошная линия.

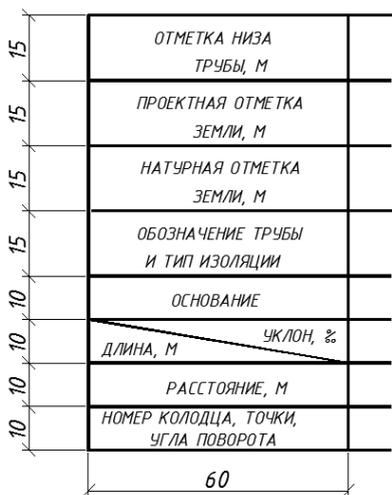


Рисунок 17 – Боковик таблицы для профиля сетей

при этом над линией указывают числовое значение уклона, под линией – длину одного или нескольких участков с этим уклоном [8].

Длину трубопровода, расстояние между колодцами, точками и углами поворотов, а также глубину заложения трубы указывают в метрах с точностью двух десятичных знаков, отметки низа или лотка трубы – в метрах с точностью трех десятичных знаков после запятой, величину уклона – в процентах или промилле.

**Схемы напорных сетей** выполняются в плане без масштаба.

На схемах напорных сетей наносят и указывают:

- трубопроводы и длины их участков, диаметры труб и, при необходимости, толшины стенок, фасонные части, арматуру, упоры, неподвижные опоры, опуски труб и другие элементы трубопроводов;
  - колодцы с размерами в плане и привязкой осей труб к внутренним поверхностям стенок колодцев;
  - секущие плоскости поперечных разрезов и их нумерацию (обозначения)
- для трубопроводов надземной прокладки;
- позиционные обозначения элементов трубопровода.

Построив профиль земли, намечают прокладку водопроводной сети. Согласно ТКП [1] глубина прокладки до низа трубы принимается на 0,5 м больше глубины промерзания грунта. Во всех пониженных точках ремонтных участков предусматриваются выпуски. Колодцы с выпусками указываются на профиле (см. рисунок 18).

В повышенных точках сети, при уклоне прокладки трубопровода более 0,005, согласно ТКП [1] необходимо производить установку вантузов. Колодцы с вантузом также указываются на профиле.

В графе «Уклон, ‰; длина, м» участки трубопровода показывают линиями с наклоном, соответствующим наклону участка на профиле,



При необходимости на листах со схемой напорных сетей выполняются планы, разрезы или схемы отдельных элементов сети (арматурных узлов в колодцах и др.) в установленном масштабе.

На схемах напорных сетей изображают:

– трубопроводы – очень толстой сплошной линией (в 1,5–2 раза толще сплошной толстой основной линии);

– элементы трубопроводов и трубопроводную арматуру – условными графическими обозначениями;

– колодцы, камеры, другие сооружения и конструкции – сплошной тонкой линией в виде упрощенных контурных очертаний.

Разработка схемы водопроводной сети является важнейшим этапом в проектировании водопроводной сети после ее гидравлического расчета. Часто этот этап проектирования называют детализацией сети. Задачей детализации является выбор и размещение на схеме, которые обеспечат работоспособность сети. В процессе детализации осуществляется конструирование узлов водопроводной сети с использованием необходимых фасонных частей для монтажа арматуры и другого оборудования (рисунок 19). На этом этапе определяются размеры и подбираются колодцы для размещения сконструированных узлов.

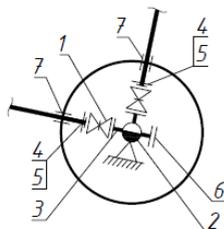


Рисунок 19 – Детализация водопроводного колодца:

1 – задвижка с обрешиненным клином фланцевая; 2 – пожарный гидрант; 3 – подставка под пожарный гидрант; 4 – фланец; 5 – втулка под фланец; 6 – заглушка; 7 – гильза

По результатам детализации составляется спецификация труб, арматуры, оборудования, фасонных частей и колодцев, по которой осуществляется комплектация оборудования и материалов при строительстве водопроводной сети. Спецификацию оборудования, изделий и материалов наружных сетей водоснабжения составляют по ГОСТ 21.110–2013.

Трубопроводы в разделах спецификации записывают по каждому диаметру. Оборудование, трубопроводную арматуру, другие элементы сетей, трубопроводы размещают в спецификации в порядке возрастания их основных параметров (типа, марки, диаметра и т.п.).

В спецификации принимают следующие единицы измерения: оборудование и изделия – шт.; трубопроводы – м; элементы трубопроводов (фасонные части) – шт.; материалы изоляционные – м<sup>3</sup>; материалы покрытий и защиты – м<sup>2</sup>; другие материалы – кг или т.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **ТКП 45-4.01-320–2018 (33020)**. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования. – Взамен ТКП 45-4.01-30-2009 (02250); ТКП 45-4.01-32-2010 (02250); ТКП 45-4.01-51-2007 (02250); ТКП 45-4.01-180-2009 (02250); ТКП 45-4.01-181-2009 (02250); ТКП 45-4.01-197-2010 (02250); ТКП 45-4.01-198-2010 (02250); ТКП 45-4.01-199-2010 (02250); ТКП 45-4.01-200-2010 (02250); ТКП 45-4.01-201-2010 (02250); ТКП 45-4.01-258-2012 (02250); с отменой СНБ 4.01.01-03; введ. 01.09.18. – Минск: Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2018. – 68 с.
- 2 **ТКП 45-2.02-316-2018 (33020), ВУ**. Противопожарное водоснабжение. Строительные нормы проектирования = Супрацьпажарнае водазабеспячэнне. Будаўнічыя нормы праектавання. – Взамен ТКП 45-2.02-138-2009 (02250); введ. 01.09.18. – Минск : Минстройархитектуры, 2018. – 29 с.
- 3 **Журба, М. Г.** Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений / М. Г. Журба. – М. : АСВ, 2003. – 288 с.
- 4 Расчет и конструирование водопроводной сети населенного пункта (курсовое и дипломное проектирование) : учеб. пособие / Н. И. Ишева [и др.]. – Пенза : ПГУАС, 2013. – 220 с.
- 5 Проектирование водопроводной сети : учеб. пособие / В. Б. Гусаковский [и др.]. – СПб. : СПбГАСУ, 2014. – 130 с.
- 6 **Шевелев, Ф. А.** Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб : справ. пособие / Ф. А. Шевелев. – 8-е изд., доп. и перераб. – М. : БАСТЕТ, 2008. – 352 с.
- 7 **Продоус, О. А.** Таблицы для гидравлического расчета труб напорных из полиэтилена : справоч. пособие / О. А. Продоус. – 3-е изд., доп. – СПб. : Свое изд-во, 2017. – 240 с.
- 8 **ГОСТ 21.604-82**. Система проектной документации для строительства. Водоснабжение и канализация. Наружные сети. Рабочие чертежи. Введ. 01.07.83. – Минск : ИПК Изд-во стандартов, 1992. – 8 с.
- 9 **СТБ 1077-97, ВУ**. Изделия бетонные и железобетонные для колодцев канализационных, водопроводных и газопроводных сетей. Общие технические условия = Вырабы бетонныя і жалезабетонныя для калодзежаў каналізацыйных, вадаправодных і газаводных сетак. Агульныя тэхнічныя ўмовы. – Взамен ГОСТ 8020-90 (на территории Респ. Беларусь); введ. 01.11.16. – Минск : Госстандарт, 2015. – 8 с.
- 10 Водоснабжение: учеб. пособие / Н. И. Куликов [и др.]. – Новосибирск: ООО «ЦСРНИ», 2016. – 704 с.

Учебное издание

*РАТНИКОВА Анна Михайловна*

## **ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ**

Учебно-методическое пособие

Редактор И.И. Эвентов

Технический редактор *В.Н. Кучерова*

Подписано в печать 21.11.2019 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 3,16. Тираж 50 экз.  
Зак. № . Изд. № 67.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский государственный университет транспорта.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/361 от 13.06.2014.  
№ 2/104 от 01.04.2014.  
№ 3/1583 от 14.11.2017.  
Ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель