

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ГОУ ВПО МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Москва 2011

Министерство образования и науки РФ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Московский государственный строительный университет

Институт инженерно-экологического строительства и механизации
Кафедра «Водоснабжение»

Водопроводные сети населенного пункта

**Учебно-методическое пособие к расчетно-графической работе
для студентов заочной формы обучения
по специальности 270112.00 “Водоснабжение и водоотведение”**

Москва 2011

Задачей расчетно-графической работы (РГР) «Водопроводные сети населенного пункта» является закрепление теоретических знаний расчета и проектирования водопроводных сетей, работа которых неразрывно связана с режимом расходования воды и режимом работы насосных станций и регулирующих емкостей.

1. Исходные данные для проектирования

РГР выполняется по индивидуальному заданию, которое включает:

- характеристику населенного пункта и промышленного предприятия (таблица 1.1);
- план жилых кварталов населенного пункта и расположение промышленного предприятия в масштабе 1:20000 с источником водоснабжения и горизонталями, дающими картину рельефа местности.

Таблица 1.1

Исходные данные на проектирование

№	Характеристика проектируемого объекта		Параметр
1.	Населенный пункт	Расчетная плотность населения, чел./га	
2.		Степень санитарно-технического оборудования зданий в соответствии с классификацией действующих норм	
3.		Поливаемая площадь населенного пункта, %	
4.		Площадь поливаемая автомашинами, %	
5.		Площадь поливаемая дворниками, %	
6.		Продолжительность поливки автомашинами, часов/сут	
7.		Продолжительность поливки дворниками, часов/сут	
8.		Населенный пункт расположен	
9.		Глубина промерзания грунта, м	
10.		Экономический фактор	
11.	Промышленное предприятие	Общие данные	Количество рабочих смен на предприятии
12.			Продолжительность одной смены, часов
13.			Расход воды на технологические нужды, м ³ /ч
14.			Требуемый напор, м
15.			Требования к качеству воды на предприятии
16.			Степень огнестойкости здания
17.			Категория производства по пожарной опасности
18.			Объем наибольшего здания, тыс.м ³
19.		Количество рабочих	Всего рабочих в смену, чел
20.			В том числе работают в холодных цехах в смену, %
21.			В том числе работают в горячих цехах в смену, %
22.			Пользуются душем от количества работающих в холодном цехе, %
23.			Пользуются душем от количества работающих в горячем цехе, %

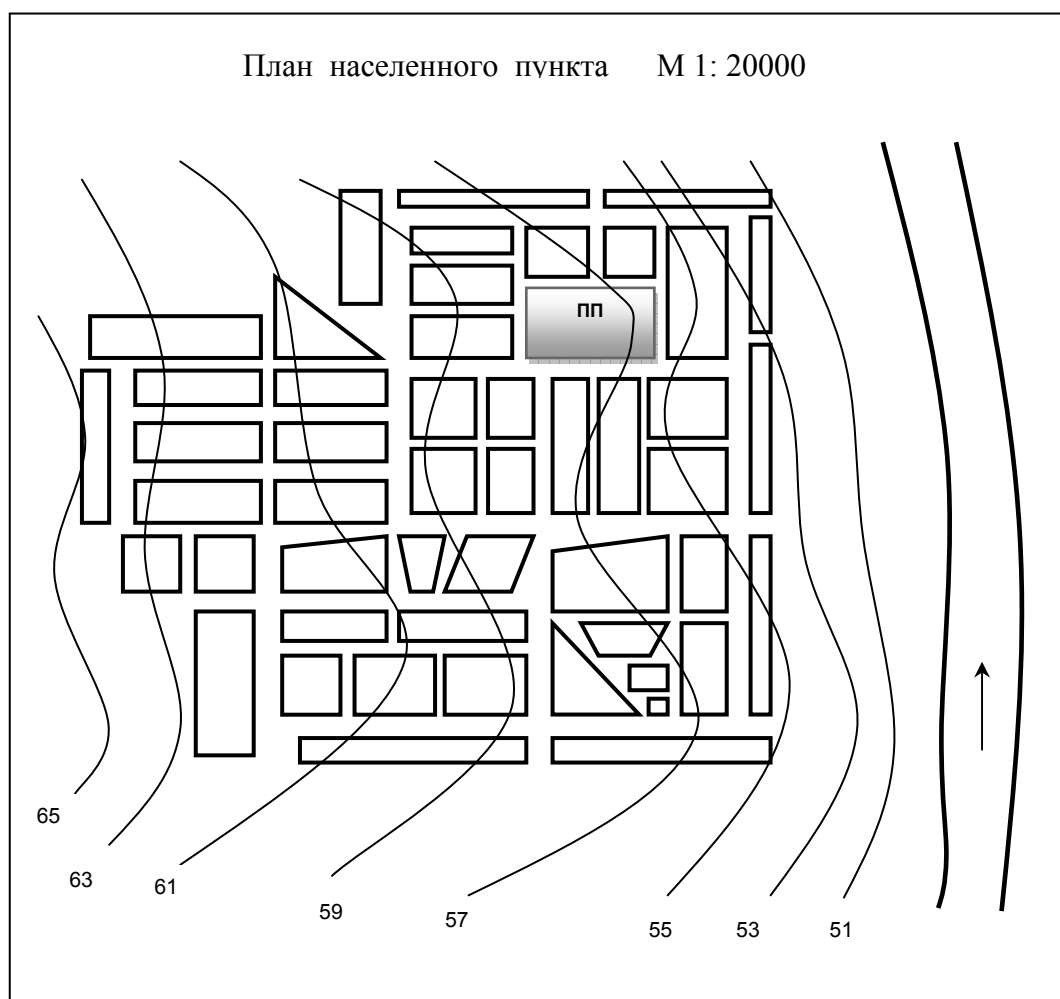


Рис.1.1 План населенного пункта

2. Объем и состав курсового проекта

РГР состоит из графической части и расчетно-пояснительной записки.

Графическая часть выполняется на листе формата А1 (841 × 594 мм) и содержит:

1. план населенного пункта в масштабе 1:10000 с промышленным предприятием и трассировкой водоводов и водопроводной сети с указанием номеров узлов, длин и диаметров участков, а также расположением регулирующих сооружений;
2. пьезометрический профиль по контуру кольцевой водопроводной сети в масштабе (вертикальный 1:100 и горизонтальный 1:10000).

Расчетно-пояснительная записка оформляется на листах формата А4 (210 × 297 мм) и включает пояснения и обоснование принятых технических решений в разделах:

- расчет общего водопотребления населенного пункта;
 - расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения;
 - расход воды коммунальными предприятиями, включая поливку зеленых насаждений и мойку усовершенствованных покрытий площадей и улиц;
 - расход воды на производственные и бытовые нужды промышленного предприятия;
 - расход воды на нужды пожаротушения;
- построение суточных графиков водопотребления населенного пункта и работы насосной станции первого подъема (НСI) и насосной станции второго подъема (НСII);

- решение общей схемы водоснабжения населенного пункта и трассировка сети;
- определение емкости и размеров бака водонапорной башни;
- определение емкости и размеров резервуаров чистой воды;
- подготовка сети к гидравлическому расчету;
 - определение основных расчетных режимов работы системы подачи и распределения воды;
 - определение удельного расхода, путевых и узловых отборов воды из сети;
 - предварительное потокораспределение воды для основных расчетных случаев;
 - выбор оптимальных диаметров труб на магистралях и назначение диаметров труб перемычек;
- гидравлический расчет (увязка) водопроводной сети населенного пункта;
- определение диаметров водоводов, напора насосов и высоты водонапорной башни;
- построение пьезометрического профиля;
- подбор насосного оборудования и построение графика совместной работы насосов на водоводы.

Записка должна иметь титульный лист и содержать список использованной нормативно-технической литературы.

3. Расчет общего водопотребления населенного пункта

Расчет общего водопотребления населенного пункта сводится к определению расходов воды для следующих основных потребителей:

- население;
- мойка усовершенствованных покрытий проездов и площадей и полив зеленых насаждений;
- коммунально-бытовые предприятия населенного пункта;
- промышленные предприятия;
- служба пожаротушения.

3.1. Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения

Расчетный среднесуточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения определяется в м³/сут по формуле:

$$Q_{\text{ср.сут}} = q_{\text{жс}} \times N_{\text{жс}} / 1000, \quad (3.1)$$

где $q_{\text{жс}}$ – удельное водопотребление на одного жителя, л/сут, принимается в зависимости от степени санитарно-технического оборудования в соответствии с классификацией действующих норм [1] (приложение 1);

$N_{\text{жс}}$ – расчетное число жителей, чел, определяется по формуле:

$$N_{\text{жс}} = S \times p, \quad (3.2)$$

где S – площадь населенного пункта, га, определяется как суммарная площадь кварталов на плане населенного пункта, без учета межквартальных проездов и площади, занимаемой промышленным предприятием;
 p – плотность населения, чел/га (принимается по заданию на проектирование).

Система должна обеспечивать потребности населения в любой момент времени, в том числе и в сутки максимального водопотребления.

Максимальный суточный расход воды, м³/сут, определяется по формуле:

$$Q_{\text{сут. max}} = K_{\text{сут. max}} \times Q_{\text{ср. сут}}, \quad (3.3)$$

где $K_{\text{сут. max}}$ – коэффициент суточной неравномерности [1, п.2.2.], учитывает уклад жизни населения, климатические условия, режим работы промышленных предприятий, степень благоустройства зданий и т.д. (согласно [1] $K_{\text{сут. max}}$ рекомендуется принимать равным 1,1-1,3).

Условно допускается $K_{\text{сут. max}}$ принимать:

- с жилой застройкой с централизованным горячим водоснабжением (III степень благоустройства) $K_{\text{сут. max}} = 1,1$;
- для зданий с местными водонагревателями (II степень благоустройства) $K_{\text{сут. max}} = 1,2$;
- для зданий, оборудованных только водопроводом и канализацией без ванн (I степень благоустройства) $K_{\text{сут. max}} = 1,3$.

Максимальный часовой расход воды, м³/час, определяется по формуле:

$$Q_{\text{ч. max}} = K_{\text{ч. max}} \times Q_{\text{ч. max}} / 24, \quad (3.4)$$

где $K_{\text{ч. max}}$ – коэффициент часовой неравномерности, согласно [1] определяется:

$$K_{\text{ч. max}} = \alpha_{\text{max}} \times \beta_{\text{max}}; \quad (3.5)$$

где α_{max} – коэффициент, учитывающий те же обстоятельства, что и $K_{\text{сут. max}}$, согласно [1] α_{max} рекомендуется принимать равным 1,2-1,4;

β_{max} – коэффициент, который учитывает количество жителей в населенном пункте, принимается по [1, табл. 2] или по табл. 3.1 настоящих методических указаний.

Таблица 3.1

Значения β_{max} в зависимости от количества жителей

	количество жителей в городе, тыс. чел.:																
	до 0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10	20	50	100	300	1000 и более
β_{max}	4,5	4	3,5	3	2,5	2,2	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1

По расчетному значению $K_{\text{ч. max}}$ для населенного пункта выбирается типовой график водопотребления. Типовые графики составлены на основе многолетнего анализа расходования воды на действующих водопроводах. Вероятные значения часовых расходов в % от суточного расхода для различных коэффициентов часовой неравномерности приведены в таблице приложения 2. Значение $K_{\text{ч. max}}$ принимается равным ближайшему большему к расчетному.

3.2. Расход воды на мойку усовершенствованных покрытий проездов и площадей и поливку зеленых насаждений

В населенном пункте необходимо предусматривать расходы воды на мойку усовершенствованных покрытий проездов и площадей и полив зеленых насаждений. Поливка осуществляется дворниками (из шлангов) и поливочными машинами. Нормативы расходов [1] приведены в приложении 3.

Площадь территории населенного пункта, поливаемой машинами (дворниками) $\Pi_{\text{маш}}$ ($\Pi_{\text{дв}}$) в % от общей поливаемой площади S_n , указывается в задании. Фактическая площадь территории $S_{\text{маш}}$ ($S_{\text{дв}}$) поливаемой машинами (дворниками) определяется по формуле:

$$S_{\text{маш}} = S_n \times \Pi_{\text{маш}} / 100, (\text{га}); \quad (3.6)$$

$$S_{\text{дв}} = S_n \times \Pi_{\text{дв}} / 100, (\text{га}). \quad (3.7)$$

Нормы расхода воды на механизированную поливку усовершенствованных проездов и площадей и ручную дворниками составляют соответственно:

$$q_{\text{п.маш}} = 0,3 - 0,4 \text{ л/м}^2;$$

$$q_{\text{п.дв}} = 0,4 - 0,5 \text{ л/м}^2 \text{ (приложение 3)}.$$

Количество воды, расходуемое в сутки на поливку усовершенствованных покрытий проездов и площадей и полив зеленых насаждений машинами и дворниками определяется по следующим формулам:

$$W_{\text{маш}} = S_{\text{маш}} \times q_{\text{п.маш}} \times 10, (\text{м}^3/\text{сут}); \quad (3.8)$$

$$W_{\text{дв}} = S_{\text{дв}} \times q_{\text{п.дв}} \times 10, (\text{м}^3/\text{сут}). \quad (3.9)$$

Продолжительность поливки машинами ($t_{\text{маш}}$) и дворниками ($t_{\text{дв}}$) указываются в задании на курсовое проектирование.

Часовой поливочный расход определяется по формулам:

$$q_{\text{ч.маш}} = W_{\text{маш}} / t_{\text{маш}}, (\text{м}^3/\text{ч}); \quad (3.10)$$

$$q_{\text{ч.дв}} = W_{\text{дв}} / t_{\text{дв}}, (\text{м}^3/\text{ч}). \quad (3.11)$$

3.3. Расход воды на нужды местной промышленности

Предприятия коммунально – бытового сектора населенного пункта: магазины, рынки, предприятия общественного питания, прачечные, парикмахерские и т.д. используют городской водопровод и потребляют от 10 до 15% $Q_{\text{сут. макс}}$:

$$Q_{\text{м.пром}} = Q_{\text{сут. макс}} \times (0,1 \dots 0,15), (\text{м}^3/\text{сут}). \quad (3.12)$$

Часовой расход коммунально – бытовых предприятий определяется по формуле:

$$q_{\text{ч.м.пром}} = Q_{\text{м.пром}} / 24, (\text{м}^3/\text{ч}). \quad (3.13)$$

3.4. Расход воды на нужды промышленного предприятия

При выполнении курсового проекта предполагается, что промышленные предприятия, которые располагаются на территории населенного пункта используют воду питьевого качества из городского водопровода на технологические нужды при производстве выпускаемой продукции, на хозяйственно-питьевые нужды работников и пользование душами в бытовых помещениях.

Данные о величине часового расхода воды на технологические нужды предприятия $q_{\text{ч.техн}}$ ($\text{м}^3/\text{ч}$) и регламенте работы предприятия (I, II или III смены) приводятся в задании.

Суточный технологический расход $Q_{\text{сут.техн}}$ определяется по формуле:

$$Q_{\text{сут.техн}} = q_{\text{ч.техн}} \times t, (\text{м}^3/\text{сут}). \quad (3.14)$$

где t - количество часов работы предприятия в сутки.

Расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды работников и на пользование душем определяются для каждой смены в зависимости от типа цехов. Условно цехи

подразделяются на горячие – с тепловыделением более 80 кДж на 1 м³/ч и холодные – остальные цехи.

В холодных цехах общее количество работников N_x и количество работников, пользующихся душем $N_{x,д}$, определяется по заданию.

Норма водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды для рабочих холодного цеха в смену принимается: $q_x = 25$ л/чел (0,025 м³/ чел).

Расход воды в смену на хозяйственно-питьевые нужды определяется по формуле:

$$q_{x,x-n} = N_x \times q_x, (м^3/см). \quad (3.15)$$

За “n” смен (т.е. в сутки) расходуется:

$$Q_{сут.x,x-n} = q_{x,x-n} \times n, (м^3/сут), \quad (3.16)$$

а расход воды в час составит:

$$q_{x,x-n} = Q_{сут.x,x-n} / t, (м^3/час). \quad (3.17)$$

Количество работников, приходящихся на одну душевую сетку в холодном цехе, определяется санитарными нормами категории производства (условно для курсового проектирования принимают среднее значение – 15 человек), при этом душом пользуются в течение 45 минут (0,75 часа) после каждой смены. Количество потребных душевых сеток для холодного цеха n_c определяется:

$$n_c = N_{x,д} / 15, (шт). \quad (3.18)$$

При норме расхода воды на одну душевую сетку 500 л/ч (0,5 м³/ч), душевой расход в холодном цехе в смену составит:

$$q_{x,д} = n_c \times 0,5 \times 0,75, (м^3/см). \quad (3.19)$$

За n смен (т.е. в сутки) расход воды на душ в холодном цехе определится:

$$Q_{сут.x,д} = q_{x,д} \times n, (м^3/сут). \quad (3.20)$$

В горячих цехах общее количество работников N_z и количество работников, пользующихся душем $N_{z,д}$, определяется по заданию.

Норма водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды для рабочих горячего цеха в смену принимается: $q_x = 45$ л/чел (0,045 м³/ чел).

Расход воды в смену на хозяйственно-питьевые нужды определяется по формуле:

$$q_{z,x-n} = N_z \times q_z, (м^3/см). \quad (3.21)$$

За n смен (т.е. в сутки) расходуется:

$$Q_{сут.z,x-n} = q_{z,x-n} \times n, (м^3/сут), \quad (3.22)$$

а расход воды в час составит:

$$q_{z,x-n} = Q_{сут.z,x-n} / t, (м^3/час). \quad (3.23)$$

Количество работников, приходящихся на одну душевую сетку в горячем цехе, определяется санитарными нормами категории производства (условно для курсового проектирования принимают среднее значение – 7 человек), при этом душом пользуются в течение 45 минут (0,75 часа) после каждой смены. Количество потребных душевых сеток для горячего цеха n_c определяется:

$$n_c = N_{z,д} / 7, (шт). \quad (3.24)$$

При норме расхода воды на одну душевую сетку 500 л/ч (0,5 м³/ч), душевой расход в горячем цехе в смену составит:

$$q_{z,д} = n_c \times 0,5 \times 0,75, (м^3/см). \quad (3.25)$$

За “n” смен (т.е. в сутки) расход воды на душ в горячем цехе определится:

$$Q_{сут.z,д} = q_{z,д} \times n, (м^3/сут). \quad (3.26)$$

3.5. Расход воды на нужды пожаротушения

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

Расход воды на пожаротушение складывается из расходов воды на наружное и внутреннее тушение пожаров. Наружное пожаротушение ведут из пожарных гидрантов, располагаемых на наружной водопроводной сети, внутреннее – через пожарные краны, располагаемые внутри зданий.

Для населения количество наружных пожаров и расход воды на один пожар определяется по [1], приведенных в таблице приложения 4, в зависимости от числа жителей, проживающих в населенном пункте и этажности застройки.

Для промышленного предприятия количество одновременных пожаров согласно [1, п. 2.22] зависит от площади промпредприятия и принимается равным при площади промпредприятия до 150 га включительно – 1 пожару, при большей площади – 2 пожарам.

Расход воды на наружное пожаротушение определяется в зависимости от категории производства по пожарной опасности: А, Б, В, Г, Д; степени огнестойкости зданий: I, II, III, IV, V; а также объема наибольшего здания (приложение 5 и приложение 6).

Характеристика зданий промышленного предприятия и категория производства по пожарной опасности приводятся в задании на курсовое проектирование.

Для объединенных систем хозяйственно-питьевого – противопожарного водоснабжения, при расположении промпредприятия в черте населенного пункта, в расчетное количество одновременных пожаров в населенном пункте включены пожары на промышленных предприятиях, при этом в расчетный расход воды следует включать соответствующие расходы воды на пожаротушение на этих предприятиях, но не менее указанных в табл. 5 [1, табл.5, прим. 5].

При объединенном противопожарном водопроводе населенного пункта и промышленного предприятия, расположенного вне населенного пункта, расчетное количество одновременных пожаров, согласно [1, п.2.23] должно приниматься:

при площади территории предприятия до 150 га при числе жителей в населенном пункте до 10 тыс. чел. — один пожар (на предприятии или в населенном пункте по наибольшему расходу воды); то же, при числе жителей в населенном пункте свыше 10 до 25 тыс. чел. — два пожара (один на предприятии и один в населенном пункте);

при площади территории предприятия свыше 150 га и при числе жителей в населенном пункте до 25 тыс. чел. — два пожара (два на предприятии или два в населенном пункте по наибольшему расходу);

при числе жителей в населенном пункте более 25 тыс. чел. — согласно [1, п.2.22 и табл.5], при этом расход воды следует определять как сумму потребного большего расхода (на предприятии или в населенном пункте) и 50 % потребного меньшего расхода (на предприятии или в населенном пункте).

Определив все необходимые расходы воды, расчетные данные сводятся в таблицу 4.1, где в столбце 11 приведена сумма построчных значений величин расходов по часам суток, суммарное значение по столбцу 11 определяет общее водопотребление населенного пункта, а в столбце 12 – выраженный в % от общего суточного расхода суммарный часовой расход. Максимальное значение расхода по столбцу 12 определяет час максимального водопотребления, на который производят расчеты всех основных сооружений.

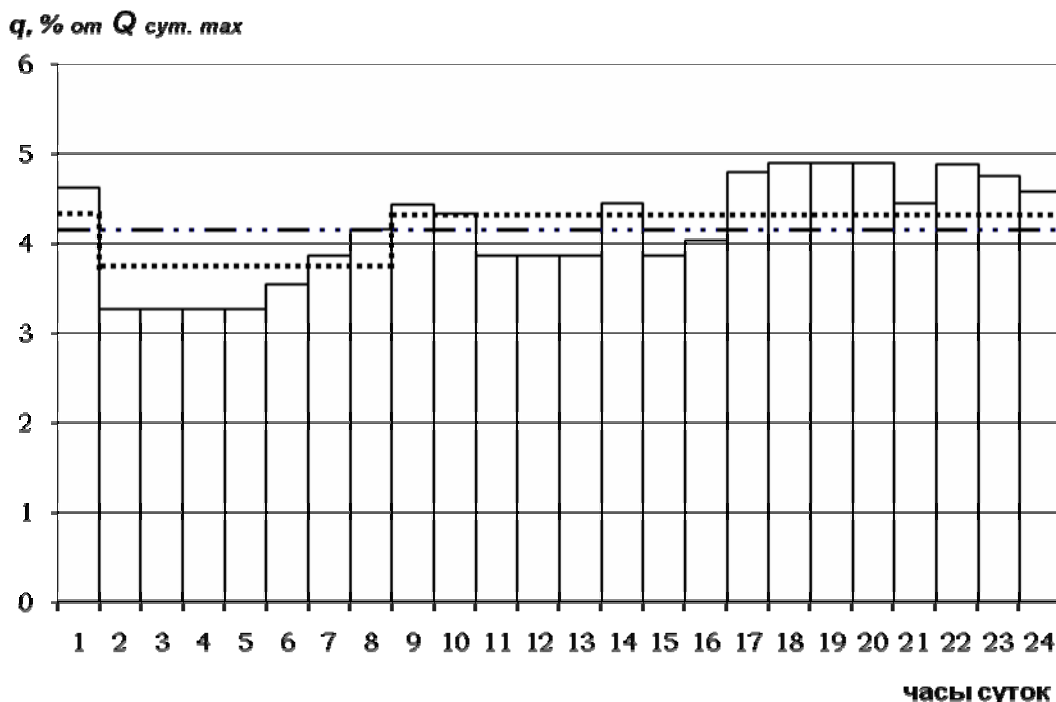


Рис.4.1 Пример построения ступенчатого графика водопотребления населенного пункта и работы насосов НСИ и НСИИ

— график водопотребления; — . . — график работы насосной станции I подъема; график работы насосной станции II подъема

5. Определение емкости и размеров бака водонапорной башни

Водонапорная башня является элементом водопроводной сети, которая регулирует несоответствие водопотребления населенного пункта подаче насосной станции второго подъема.

Водонапорные башни надлежит проектировать с баками вместимостью 15, 25, 50, 100, 150, 200, 300, 500 и 800 м³. Высоту опор (от уровня земли до верха опоры бака) для башен с баками вместимостью от 15 до 50 м³ следует назначать кратной 3 м, с баками вместимостью 100 м³ и более — кратной 6 м [3, п. 21.2.].

Целью расчета является определение общей емкости и размеров бака водонапорной башни $W_б$, включающего регулирующий объем воды $W_{рег}$, а также 10 – минутный пожарный запас на тушение одного наружного и одного внутреннего пожара в населенном пункте $W_{пож}$:

$$W_б = W_{рег} + W_{пож}, \quad (м^3) \quad (5.1)$$

Регулирующий объем определяется по данным табл. 5.1 (столбец 6). Для нахождения величины $W_{рег}$ можно просуммировать по абсолютной величине максимальное положительное ($+W_{ост}$) и максимальное отрицательное ($-W_{ост}$) значения остатка воды в баке, выраженные в %. Если часом, когда бак башни пуст ($W_{ост} = 0$), назначить час, имеющий максимальное отрицательное ($-W_{ост}$) значение, то численные значения остатка воды в башне будут иметь только положительные значения (столбец 7 табл.5.1). Тогда, по максимальному численному значению остатка определяют регулирующий объем $W_{рег}$, выраженный в м³ по формуле:

$$W_{рег} = Q_{сум} \times W_{ост} \times 0,01, \quad (м^3) \quad (5.2)$$

Пожарный запас водонапорной башни [1, п. 9.5] $W_{пож}$ определяется 10 – минутным тушением одного наружного и одного внутреннего пожара в населенном пункте при одновременном наибольшем расходе воды на другие нужды по формуле:

$$W_{пож} = (q_{нар} + q_{вн}) \times 600 \times 0,001, \quad (м^3) \quad (5.3)$$

где $q_{нар}$ – расход воды на тушение наружного пожара, л/с;
 $q_{вн}$ – расход воды на тушение внутреннего пожара, л/с;
 600 – продолжительность тушения пожара, с;
 $0,001$ – переводной коэффициент.

Таблица 5.1

Определение регулирующей емкости бака водонапорной башни

Часы суток	Водопотребление города, %	Работа НСП, %	Расход воды из бака, %	Поступление воды в бак, %	Остаток в баке, $W_{ост}$	
					%	приведенное к положительным значениям
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
0-1						
.....						
23-24						
Итого:						

Бак водонапорной башни выполняется в форме цилиндра высотой H_0 и диаметром D_6 . При определении размеров желательно принимать следующее соотношение: $H_0 = \frac{2}{3} D_6$.

Объем бака определяется по формуле:

$$W_6 = F_{осн} \times H_0 = \left(\frac{\pi D_6^2}{4} \times \frac{2D_6}{3} \right) = \frac{\pi D_6^3}{6}, \quad (м^3) \quad (5.4)$$

Подставляя значение W_6 в данную формулу, определяется величина D_6 , а затем H_0 .

$$D_6 = \sqrt[3]{\frac{6W_6}{\pi}}, \quad (м) \quad (5.5)$$

При определении размеров бака ВБ необходимо учитывать, что H_0 – это высота слоя воды, а строительная высота бака H_6 будет:

$$H_6 = 0,25 + H_0 + 0,2 \quad (м) \quad (5.6)$$

где $0,25$ – величина, предусматривающая технологический запас уровня воды в баке;
 $0,2$ – величина превышения бортов бака над уровнем воды.

Параметры типовых водонапорных башен приведены в приложении 7.

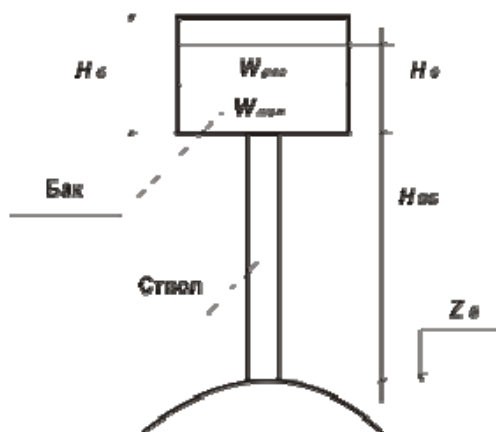


Рис.5.1 Схема водонапорной башни

Высоту ствола водонапорной башни $H_{об}$ определяют по формуле:

$$H_{об} = \Pi + h_g - Z_g, \text{ (м)} \quad (5.7)$$

где Π – пьезометрическая отметка узла присоединения ВБ к водопроводной сети, м;
 h_g – потери напора в водоводах и линиях водопроводной сети от башни до диктующей точки, м;
 Z_g – отметка поверхности земли в месте расположения ВБ, м.

Если высота ствола ВБ, определенная по формуле (5.7), будет иметь отрицательное значение, то необходимо вместо водонапорной башни устанавливать напорно-регулирующий резервуар.

6. Определение емкости резервуаров чистой воды

Емкость резервуаров чистой воды (РЧВ), входящих в состав очистной станции, определяется как сумма:

- регулирующего объема, определяемого режимами работы насосных станций НСИ и НСП;
- запаса воды на тушение пожара в населенном пункте, продолжительностью 3 часа [1, п.2.24];
- объема воды на собственные нужды водопроводной очистной станции.

Полная вместимость РЧВ определяется по формуле:

$$W_{РЧВ} = W_{рег} + W_{нз} + W_{соб}, \text{ (м}^3\text{)} \quad (6.1)$$

где $W_{рег}$ – регулирующий объем воды, м³;
 $W_{нз}$ – противопожарный запас воды, м³;
 $W_{соб}$ – объем воды на собственные нужды очистной станции, м³.

Регулирующий объем резервуаров чистой воды определяется путем совмещения графиков равномерной работы насосов первого подъема и ступенчатой работы НСП. Наибольшее значение остатка воды в РЧВ, по столбцу 6 таблицы 6.1, дает величину регулирующего объема $W_{рег}$ в % от расхода воды в сутки максимального водопотребления.

Таблица 6.1

Определение регулирующей емкости резервуара чистой воды

Часы суток	Подача насосами I подъема, %	Подача насосами II подъема, %	Из РЧВ, %	В РЧВ, %	Остаток в РЧВ, %
1.	2.	3.	4.	5.	6.
0 - 1					

23-24					
Итого:	100,0	100,0			

Противопожарный запас воды $W_{пз}$ определяется из условия обеспечения пожаротушения из наружных гидрантов, при этом из резервуаров чистой воды пожарные насосы производят отбор полного пожарного расхода $Q_{пж}$ и максимального хозяйственно – питьевого расхода Q_{max} , а в РЧВ насосы I подъема подают количество воды Q_1 , соответствующее графику их работы. Тогда общий объем противопожарного запаса будет:

$$W_{пз} = 3 Q_{пж} + \sum Q_{max} - 3 Q_1, \quad (м^3) \quad (6.2)$$

где $\sum Q_{max}$ – суммарный расход за 3 последовательных часа наибольшего водопотребления.

Объем воды на собственные нужды очистной станции $W_{соб}$ [1, п.6.6], принимается равным 3 – 4 % от $Q_{сут. max}$ при повторном использовании воды после промывки фильтров и в размере 10 – 14 % на сооружениях без повторного использования воды.

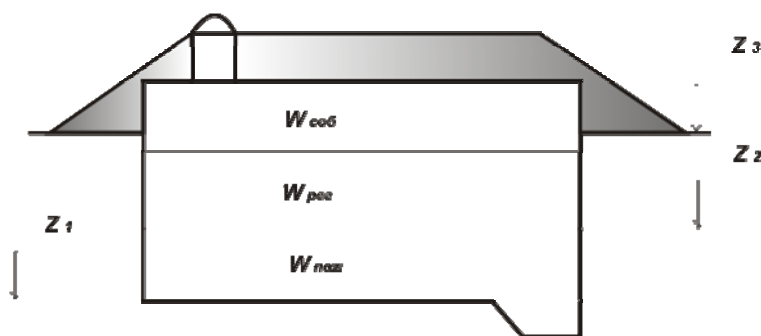


Рис.6.1 Схема резервуара чистой воды:

Z_1 – отметка дна резервуара; Z_2 – отметка уровня противопожарного запаса;
 Z_3 – отметка поверхности земли у РЧВ.

Параметры типовых резервуаров чистой воды приведены в приложении 8.

7. Схема водоснабжения населенного пункта и трассировка сети

Система централизованного водоснабжения населенного пункта включает основные элементы: водозаборное сооружение, насосная станция I подъема, водопроводные очистные сооружения, резервуары чистой воды, насосная станция II подъема, водоводы, кольцевая распределительная водопроводная сеть, регулирующая емкость. В практике проектирования различают схемные решения системы водоснабжения с регулирующей

емкостью (водонапорной башней) в начале распределительной сети и в конце сети (схема с контррезервуаром). Местоположение водонапорной башни определяет количество расчетных случаев. Для водопроводов с башней в начале сети это час максимального водопотребления и пожар в час максимального водопотребления, для сетей с контррезервуаром – дополнительный расчетный случай на час максимального транзита в башню при минимальном разборе воды населенным пунктом.

Сеть водопровода населенного пункта предназначена для распределения воды по его территории и обеспечения возможности отбора требуемых количеств воды потребителями в заданных точках с достаточной степенью надежности при требуемом напоре.

Трассировка водопроводной сети в плане населенного пункта зависит от многих факторов, основными из которых являются: планировка населенного пункта, места размещения крупных потребителей, наличие естественных и искусственных препятствий.

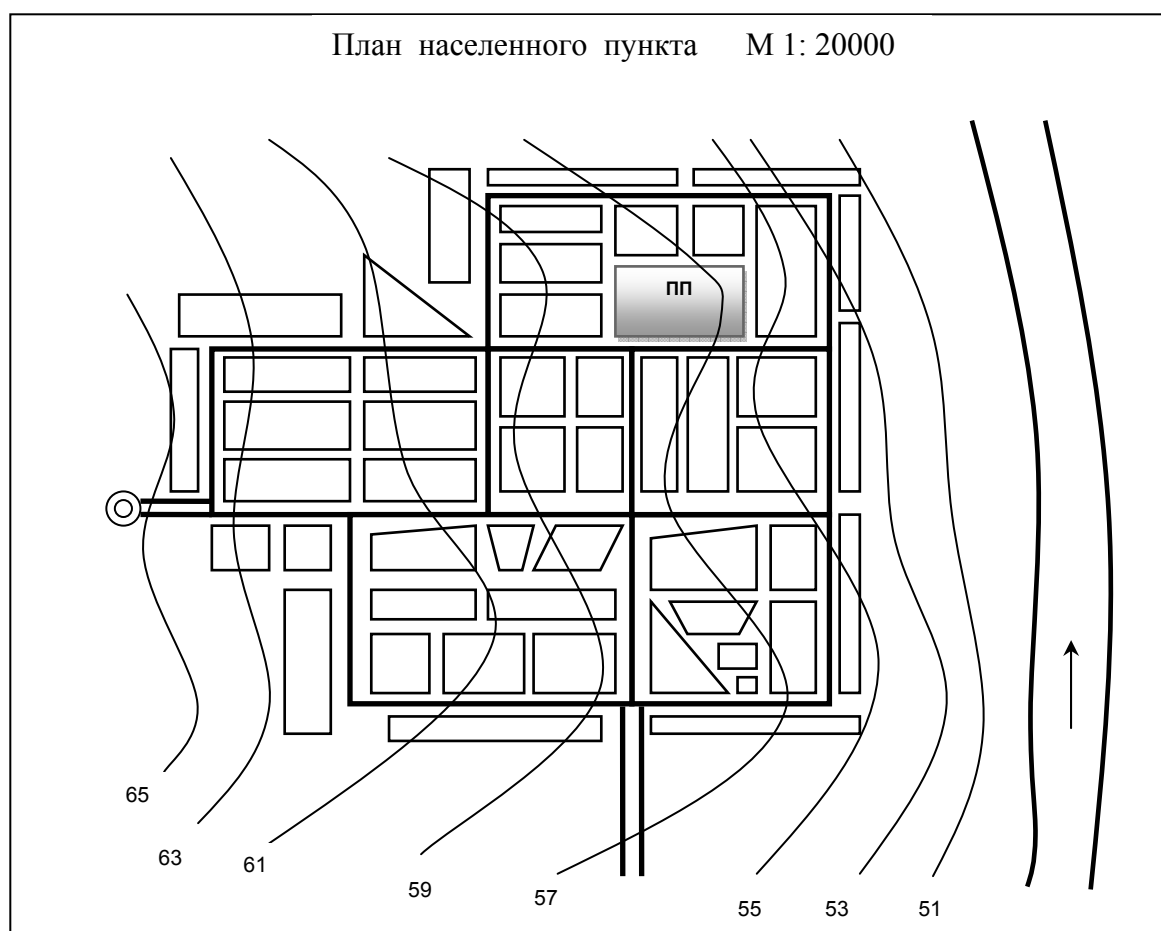


Рис. 7.1 Трассировка водопроводной сети населенного пункта

При трассировке сети следует стремиться к тому, чтобы подача воды к отдельным крупным потребителям производилась наиболее кратким путем, при этом водопроводная сеть должна охватывать всех потребителей. Магистральные линии трассируют в направлении основного потокораспределения по межквартальным проездам таким образом, чтобы обеспечить двухстороннее питание потребителей. Надежность системы подачи и распределения воды требует устраивать водопроводные сети кольцевыми, где основные магистральные линии соединяют перемычками, расположенными перпендикулярно основному направлению движения воды. При обычной работе системы распределения перемычки нагружены слабо. Нагрузка на перемычки значительно

возрастает при выключении на ремонт одного из участков магистральной линии и, соответственно, перераспределения потоков по линиям. Поэтому, если диаметры магистральных линий являются величинами расчетными, то диаметры перемычек назначаются конструктивно, на 1 – 2 сортамента меньше диаметров магистральных линий, предшествующих данной конкретной перемычке. Разделение водопроводной сети перемычками на ремонтные участки должно обеспечивать отключение не более пяти пожарных гидрантов. Пример трассировки водопроводной сети населенного пункта приведен на рис. 7.1.

8. Подготовка сети к гидравлическому расчету

В пояснительной записке изображается в виде эскиза (рис. 8.1) конфигурация водопроводной сети с указанием длин участков магистральных линий и перемычек. На эскизе должны быть указаны номера узлов и колец сети, а также точки подключения водоводов от насосной станции второго подъема, водонапорной башни или напорно-регулирующего резервуара.

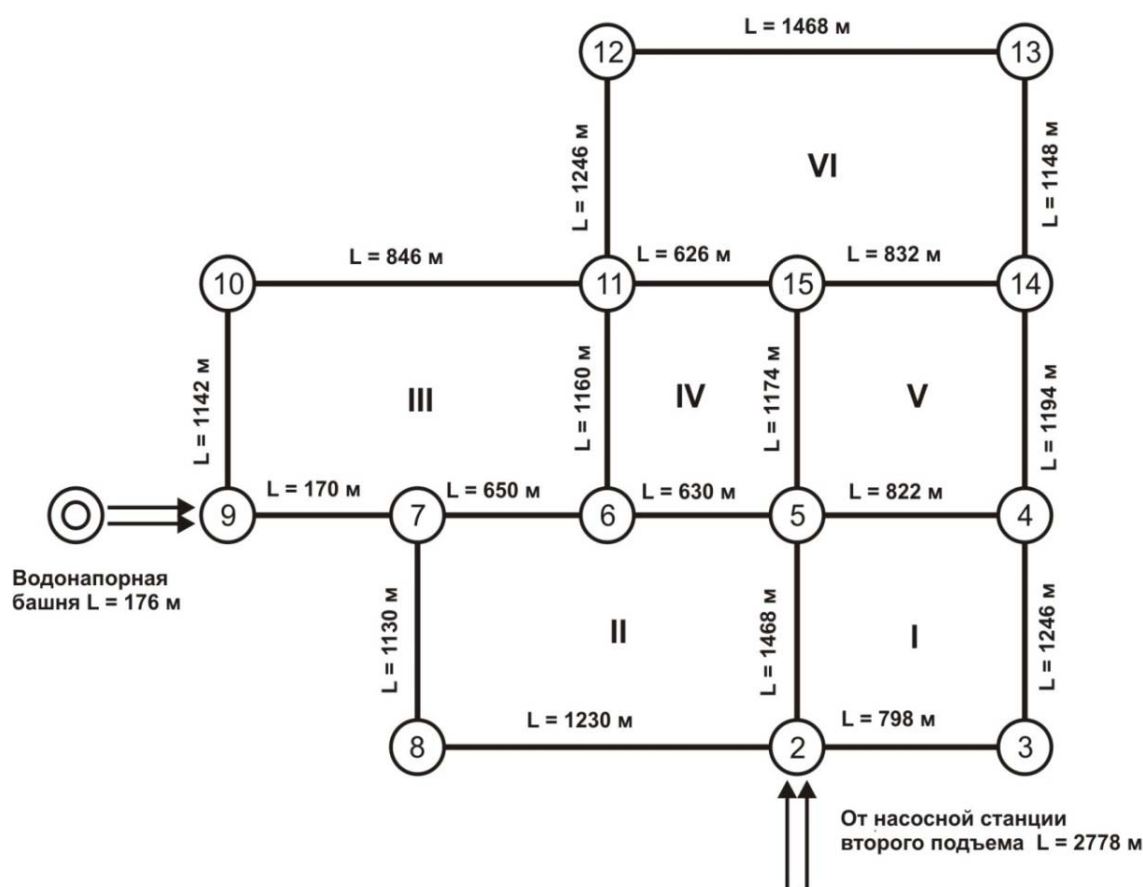


Рис. 8.1 Расчетная схема водопроводной сети населенного пункта

8.1. Определение основных расчетных режимов работы системы подачи и распределения воды

Количество расчетных режимов определяется после трассировки водопроводной сети, принятого технического решения о наличии водонапорной башни или напорно – регулирующего резервуара в схеме водоснабжения и местоположения точек их подключения к сети.

1. При расположении водонапорной башни (ВБ) или напорно-регулирующего резервуара (НРР) в начале водопроводной сети, а также для схем водоснабжения без регулирующих емкостей, расчеты ведут на:
 - час максимального водопотребления в сутки;
 - пожар в час максимального водопотребления.
2. При расположении ВБ или НРР в конце водопроводной сети (регулирующие контррезервуары) расчеты ведут на следующие случаи:
 - час максимального водопотребления в сутки;
 - час максимального транзита в ВБ или НРР;
 - пожар в час максимального водопотребления.

8.2. Определение путевых расходов и узловых отборов воды из сети

Для гидравлического расчета водопроводной сети (увязки) необходимо произвести предварительное потокораспределение и по величинам расходов назначить диаметры участков магистральных линий и переключек. Поставленная задача возможна только после определения путевых расходов и узловых отборов воды из сети.

Для расчета водопроводной сети необходимо предварительно выделить значения сосредоточенного расхода $q_{\text{соср.}}$, т.е. расхода воды для нужд промышленного предприятия, а также равномерно распределенного расхода $q_{\text{р.р.}}$:

$$q_{\text{р.р.}} = q_{\text{ч.макс.}} - q_{\text{соср.}}, \quad (\text{л/с}) \quad (8.1)$$

где $q_{\text{ч.макс.}}$ – расчетный расход воды в час максимального водопотребления, л/с.

После определения указанных расходов рассчитываются удельный расход $q_{\text{уд}}$ по формуле:

$$q_{\text{уд}} = q_{\text{р.р.}} / \Sigma L, \quad (\text{л/с на } 1 \text{ м длины сети}) \quad (8.2)$$

где ΣL – общая (суммарная) длина в метрах участков водопроводной распределительной сети (без учета длин водоводов от НСП и водонапорной башни).

Путевые расходы $q_{\text{пут.}}$ определяются:

$$q_{\text{пут}} = q_{\text{уд}} \times L_i, \quad (\text{л/с}) \quad (8.3)$$

где L_i – длина соответствующего участка водопроводной сети.

Данные по расчету путевых расходов сводятся в таблицу 8.1.

Таблица 8.1

Определение путевых расходов в час максимального водопотребления

Номер участка	Длина участка L_i , м	Равномерно распределенный расход воды по участкам сети $q_{\text{пут.}}$, л/с
1.	2.	3.
ИТОГО:		

Следующим этапом подготовки водопроводной сети к расчету является определение узловых расходов, которые определяются как полусумма расходов участков, примыкающих к данному узлу:

$$q_{\text{узн}} = 0,5 \Sigma q_{\text{пут.}}, \quad (8.4)$$

Сосредоточенный отбор воды для нужд промышленного предприятия ведут из одного или двух узлов, которые определены трассировкой водопроводной сети населенного пункта.

Данные по расчету узловых расходов сводятся в таблицу 8.2.

Таблица 8.2

Определение узловых расходов

Номер узла	Линии, прилегающие к узлу	Сумма приложенных расходов, л/с	Узловой расход, $q_{\text{узел}}$, л/с
1.	2.	3.	4.
	ИТОГО:		

Узловые отборы должны быть отображены на схеме сети (рис.8.2).

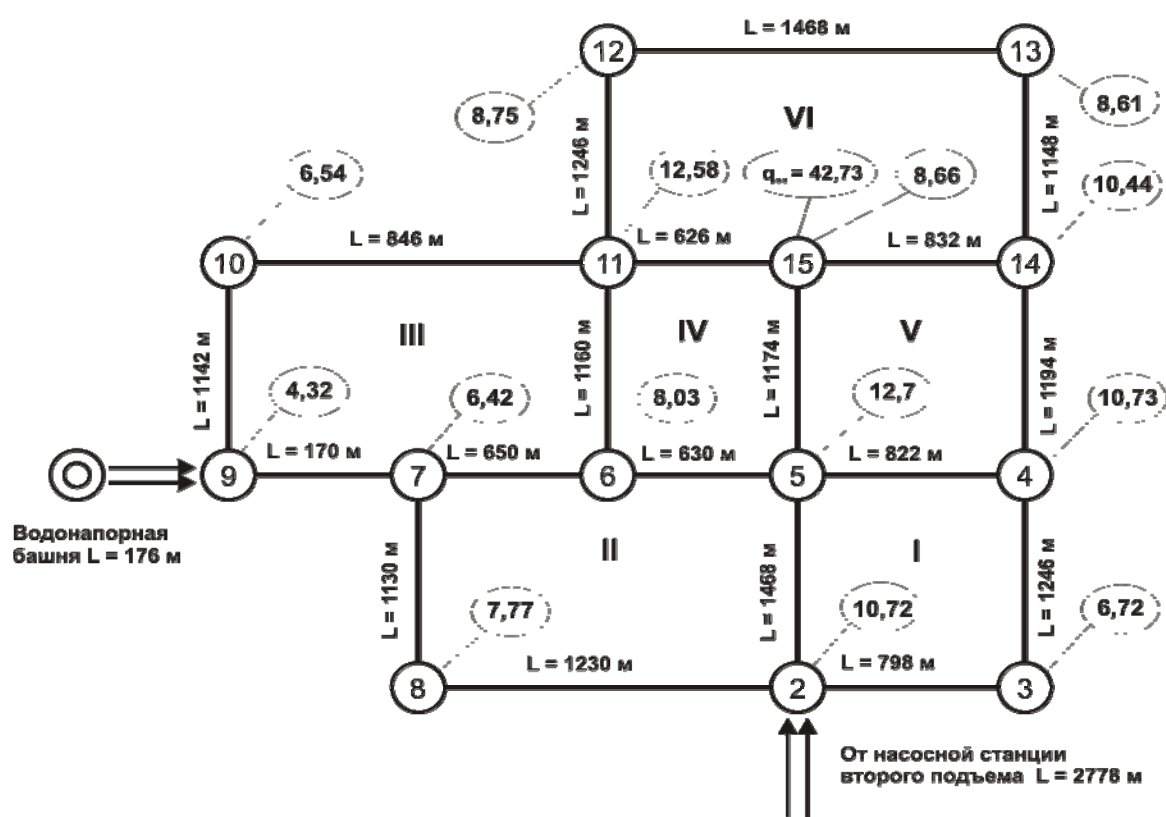


Рис. 8.2 Узловые расходы водопроводной сети

8.3. Предварительное потокораспределение и назначение диаметров труб

Этапом подготовки сети к гидравлическому расчету является предварительное распределение расходов по линиям кольцевой водопроводной сети населенного пункта и назначение диаметров труб.

При предварительном потокораспределении необходимо соблюдать I закон Кирхгофа, в соответствии с которым обеспечивается баланс расходов воды в любом узле сети, при котором алгебраическая сумма расходов должна быть равна 0:

$$\sum q_i = 0, \quad (8.5)$$

Определение величин расходов воды на участках производится в строгой последовательности, начиная от узла подключения основного питателя (на рис.8.2 – узел № 2). Принцип определения расхода на участках состоит в вычитании из приходящего в узел расхода величины узлового отбора и распределения остатка по прилегающим к узлу участкам пропорционально их длинам и с учетом тяготения к крупному водопотребителю – промышленному предприятию, а также учитывая подпитку сети из бака водонапорной башни. При этом величина назначаемого расхода на каждом из участков должна превосходить величину узлового расхода в следующем по длине участка узле.

После определения величин расходов воды на участках сети производится выбор материала труб (в соответствии с рекомендациями [1, п.8.21]) и назначение диаметров, при этом минимальный диаметр для объединенных сетей хозяйственно – питьевого – противопожарного водоснабжения [1, п.8.46] должен быть не менее 100 мм.

Назначение диаметров производится на нормальный режим работы по расходам часа максимального водопотребления, с учетом экономического фактора и экономических скоростей движения воды, которые для водопроводных труб ориентировочно находятся в пределах 0,5 – 1,5 м/с. При выполнении этой задачи следует плавно уменьшать диаметры магистральных линий в направлении основного потокораспределения.

Для возможности выбора наивыгоднейших стандартных диаметров необходимо найти расходы, при которых приведенные затраты для двух ближайших сортаментных диаметров будут равны. Эти расходы носят название «предельных», они находятся путем сопоставления единичных приведенных затрат для каждого из двух смежных по сортаменту диаметров.

В практике расчетов пользуются таблицами предельных расходов, составленных для конкретных значений экономического фактора $\mathcal{E}$. В этих таблицах приведены верхняя и нижняя границы целесообразности применения каждого сортаментного диаметра. Для возможности использования этих таблиц необходимо предварительно вычислить приведенный расход $q_{np\,ik}$ каждого расчетного участка:

$$q_{np\,ik} = \left(\frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_T} \times \frac{Q x_{ik}}{q_{ik}} \right)^{1/(1+\beta)} \times q_{ik} , \quad (8.6)$$

где Q – полный расход воды, подаваемый насосами в сеть; q_{ik} — расчетный расход рассматриваемого участка; $\mathcal{E}$ — экономический фактор, определенный для конкретных условий строительства и эксплуатации; $\mathcal{E}_T$ — то же, принятый при составлении таблицы предельных расходов; x_{ik} – коэффициент, учитывающий роль участка в расходовании энергии на подачу воды.

При приближенных расчетах величина x_{ik} для отдельных участков линий сети может быть определена как часть общего расхода воды, передаваемого транзитными магистралями в основных направлениях движения воды в сети. Так, если провести условные сечения через основные транзитные магистрали, то для пересекаемых участков $x_{ik} = 1/n$, где n – число пересекаемых магистралей.

Значительная трудоемкость расчетов без применения ЭВМ сдерживает использование этого метода в полном объеме. В этой связи применяют приближенные методы отыскания экономически наивыгоднейших диаметров. Они предусматривают, например, использование значений x_{ik} , определенных по результатам их разброски по линиям сети с соблюдением лишь баланса расходов в узлах. Иногда диаметры линий сети определяются для условий независимой их работы. Тогда $x_{ik} = 1$ и формула 8.6 приобретает вид:

$$q_{np\,ik} = \left(\frac{\mathcal{E}}{\mathcal{E}_T} \times \frac{Q}{q_{ik}} \right)^{1/(1+\beta)} \times q_{ik} . \quad (8.7)$$

В этом случае учитывается действительный расход и экономический фактор.

Диаметры труб водопроводной сети можно назначить, руководствуясь диапазоном расходов, по приложению 9, которое составлено для экономичных скоростей [2], при этом необходимо учитывать возможность пропуска по линиям сети дополнительных пожарных расходов.

После предварительного потокораспределения и назначения диаметров водопроводной сети в пояснительной записке к курсовому проекту должна быть приведена схема, представленная на рис. 8.3, где отображена следующая информация:

- номера колец (римскими цифрами);
- номера узлов водопроводной сети;
- величины расходов воды в л/с от водонапорной башни и двух водоводов, питающих кольцевую сеть (в узлах № 9 и № 2 соответственно);
- направления движения воды в виде стрелок на участках (линиях);
- предварительно распределенные расходы в л/с и диаметры труб в мм на участках.

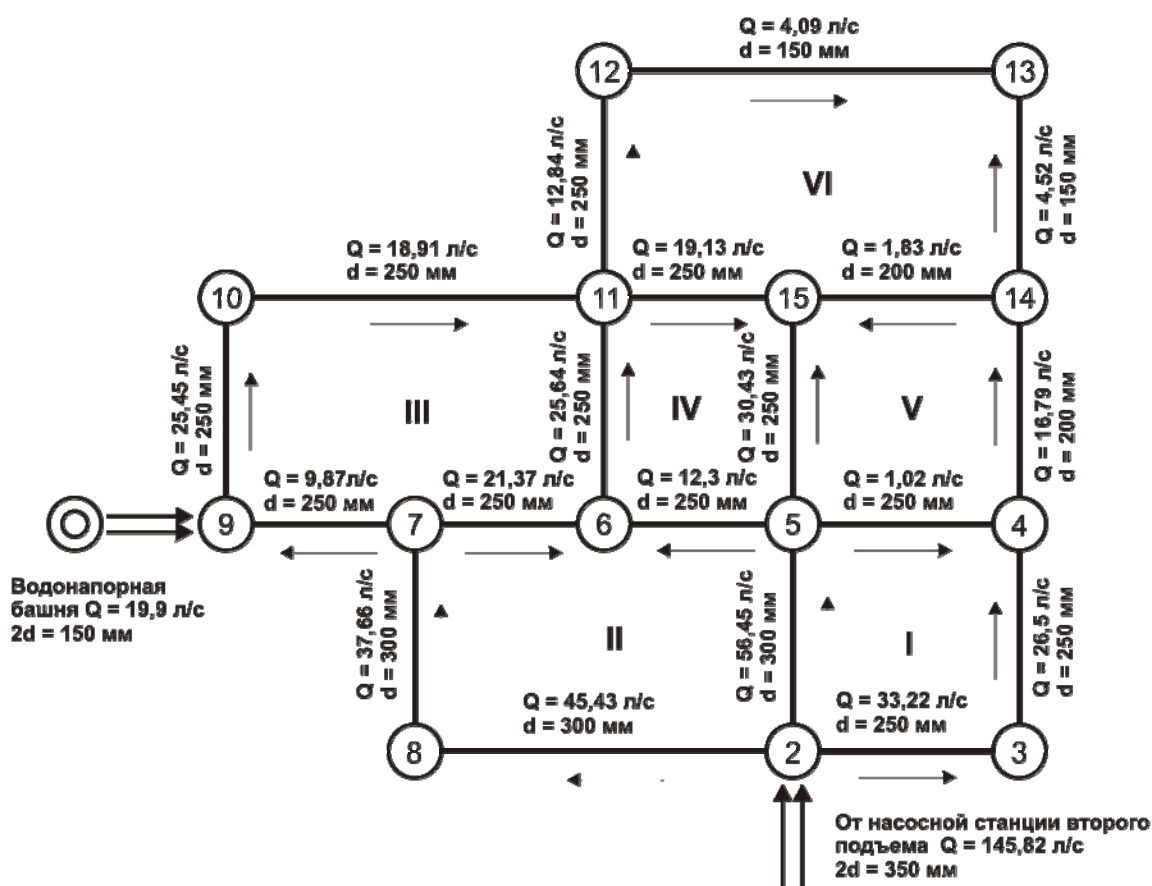


Рис. 8.3 Предварительное потокораспределение и назначение диаметров водопроводной сети

9. Гидравлические расчеты водопроводной сети населенного пункта

9.1. Гидравлический расчет (увязка) водопроводной сети населенного пункта на час максимального водопотребления

Цель расчета (увязки) – определение истинных расходов и потерь напора на каждой линии кольцевой сети для назначенных диаметров труб.

В основе гидравлического расчета водопроводных сетей лежат положения о том, что распределение воды по линиям сети происходит в соответствии с законами Кирхгофа. По I закону Кирхгофа в каждом узле должен соблюдаться материальный баланс, отвечающий принципу сплошности потока. По условиям работы водопроводной сети это означает, что алгебраическая сумма расходов в любом узле сети равна нулю:

$$\sum q_{ik} - Q_{ik} = 0, \quad (9.1)$$

где q_{ik} – расход по участкам водопроводной сети; Q_{ik} – узловые отборы.

Для увязки водопроводной сети применим II закон Кирхгофа – алгебраическая сумма потерь напора в любом замкнутом контуре равна нулю:

$$\sum h_i = 0, \quad (9.2)$$

т.е. при гидравлическом расчете необходимо таким образом откорректировать предварительно назначенные расходы по линиям сети, чтобы выполнялись условия законов Кирхгофа.

При расчете условно принимается, что потери напора на участках с движением воды по часовой стрелке – положительны, а потери напора на участках с движением против часовой стрелки – отрицательны. Критерием завершения гидравлического расчета принято считать достижение сбалансированности в кольцах сети по потерям напора до допустимой величины невязки:

$$\sum h_i = \pm \Delta h, \quad (9.3)$$

где $\pm \Delta h$ – величина невязки по замкнутому контуру, м.

Допустимая величина невязки для кольца при выполнении гидравлического расчета по методу Лобачева – Кросса в табличной форме при курсовом проектировании составляет: $|\Delta h| \leq 0,5$ м. Расчет сети сопровождается заполнением сводной таблицы (см. табл. 13.8 примера расчета).

Потери напора на каждом участке сети определяются по формуле:

$$h = Sq^2, \quad (м) \quad (9.4)$$

где h – потери напора, м;

q – расчетный расход на участке, л/с;

S – сопротивление участка сети,

$$S = S_0 \cdot K_1 \cdot L, \quad (9.5)$$

где S_0 – удельное сопротивление, в зависимости от материала труб принимается по [2] или по приложению 9;

K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий неквадратичность зависимости потерь напора от средней скорости движения воды:

$$\text{для новых стальных труб} \quad K_1 = 0,889 \left[1 + \frac{0,684}{v} \right]^{0,226}, \quad (9.6)$$

для новых чугунных труб
$$K_1 = 0,709 \left[1 + \frac{2,36}{v} \right]^{0,284}, \quad (9.7)$$

для неновых стальных и чугунных труб
$$K_1 = 0,852 \left[1 + \frac{0,867}{v} \right]^{0,3}, \quad (9.8)$$

значения K_1 для новых и неновых стальных и чугунных водопроводных труб приведены в таблицах приложения 10 и приложения 11;

L – длина участка, м.

При величине невязки Δh в любом из колец сети больше чем 0,5 м, необходимо определить поправочный расход Δq , л/с, по формуле:

$$\Delta q = - \frac{\pm \Delta h}{2 \sum S q} \quad (9.9)$$

Определив величину Δq , выполняется поправка расходов на участках сети, при этом следует учитывать, что положительное значение Δq определяет его направление внутри кольца по часовой стрелке, отрицательное значение – против часовой стрелки. Совпадение по направлению поправочного расхода и направления движения воды на участке ведет к увеличению расхода воды на участке на величину Δq , отсутствие совпадения – к уменьшению расхода воды на участке на величину Δq . Для участков, являющихся смежными для двух колец, необходимо учитывать поправочные расходы этих колец, учитывая совпадение или несовпадение направлений поправочных расходов и направления движения воды на смежном участке.

Результаты расчета водопроводной сети населенного пункта на час максимального водопотребления отражают на схеме окончательного потокораспределения (рис. 9.1).

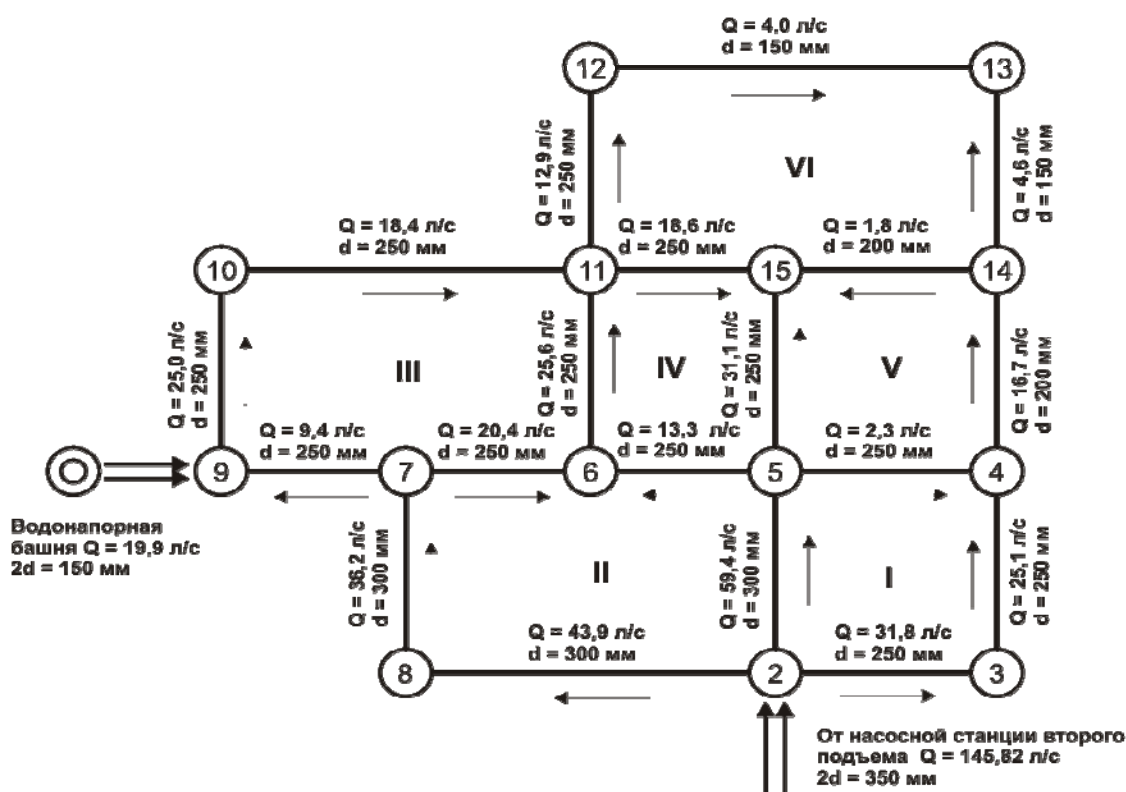


Рис. 9.1 Окончательное распределение потоков по линиям водопроводной сети населенного пункта на час максимального водопотребления

9.2. Гидравлический расчет (увязка) водопроводной сети населенного пункта на час максимального транзита в башню

Расположение водонапорной башни или напорно – регулирующего резервуара в конце водопроводной распределительной сети населенного пункта определяет расчетный случай транзита воды в ВБ или НРР. Час, в течение которого происходит перекачка транзитных объемов воды через распределительную сеть в регулирующую емкость и величина этих объемов, определяется ступенчатым графиком водопотребления и графиком режимов работы насосной станции второго подъема. Основное условие определения часа транзита воды в башню – максимальная подача насосной станции и минимальный разбор воды потребителями, при этом час транзита может не совпадать с часом максимального водопотребления.

Подготовка к гидравлическому расчету водопроводной сети на час максимального транзита в башню заключается в определении узловых отборов по формуле:

$$q_{\text{узн. тр}} = \beta q_{\text{узн. max}}, \quad (9.10)$$

где $q_{\text{узн. тр}}$ – узловой отбор воды в час транзита, л/с;

$q_{\text{узн. max}}$ – узловой отбор воды в час максимального водопотребления, л/с;

β – коэффициент, определяемый по формуле:

$$\beta = q_{\text{час тр}} / q_{\text{час max}}, \quad (9.11)$$

где $q_{\text{час тр}}$ – часовой расход воды в час транзита (без учета сосредоточенных отборов воды промпредприятием в этот час), л/с;

$q_{\text{час max}}$ – часовой расход воды в час максимального водопотребления (без учета сосредоточенных отборов воды промпредприятием в этот час), л/с.

После определения узловых отборов производят предварительное потокораспределение по линиям сети с заполнением таблицы 8.2 и составлением расчетной схемы, аналогичной для часа максимального водопотребления, представленной на рис. 8.2, при этом – направление потока воды на час транзита указать в башню. Сосредоточенный отбор воды в точке подключения промпредприятия принять равным для часа транзита.

Гидравлический расчет (увязку) водопроводной сети населенного пункта на час максимального транзита в башню ведут в табличной форме (таблица 9.1) для диаметров сети, принятых на час максимального водопотребления. Результаты расчета оформляют схемой окончательного потокораспределения на час транзита.

9.3. Гидравлический расчет (увязка) водопроводной сети населенного пункта на час максимального водопотребления + пожар

Водопроводная сеть населенного пункта должна быть проверена на пропуск пожарных расходов в час максимального водопотребления. Количество расчетных одновременных пожаров и расходы воды определяются в соответствии с рекомендациями [1], а места возникновения пожаров назначаются в узлах сети, наиболее удаленных и неблагоприятно расположенных.

Производится предварительное потокораспределение на час пожара (рис. 9.2), при этом предполагается, что водонапорная башня отключена.

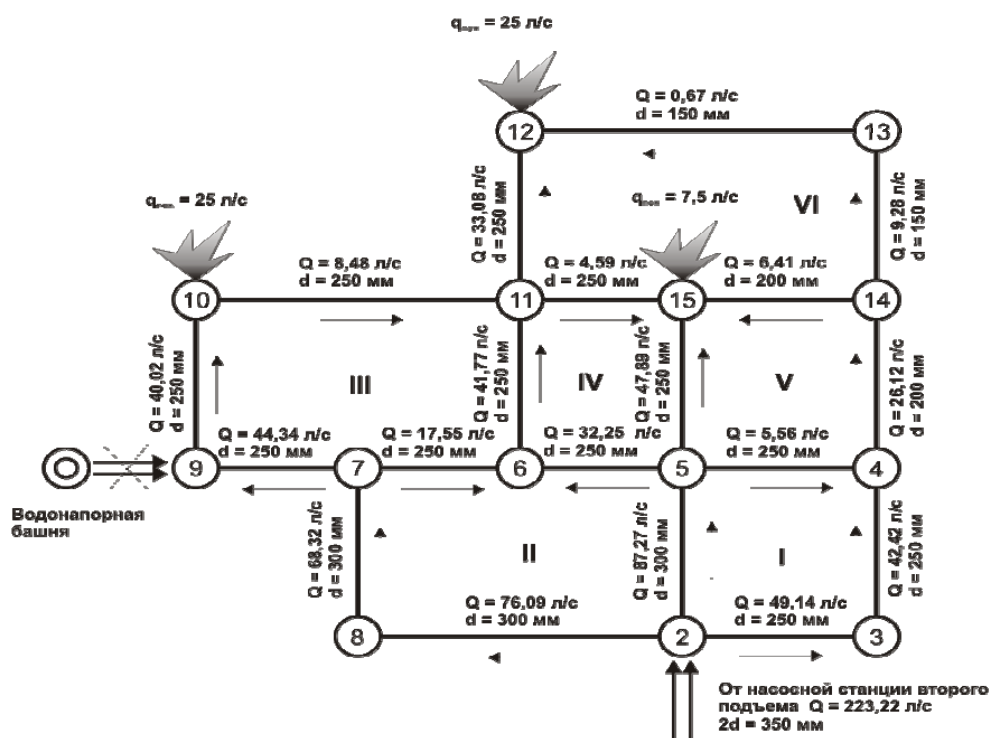


Рис. 9.2. Предварительное потокораспределение по линиям водопроводной сети на час пожара

Гидравлический расчет водопроводной сети населенного пункта на час пожара ведут в табличной форме, аналогичной расчету сети на час максимального водопотребления.

Результаты расчета водопроводной сети населенного пункта на час пожара отражают на схеме окончательного потокораспределения (рис. 9.3).

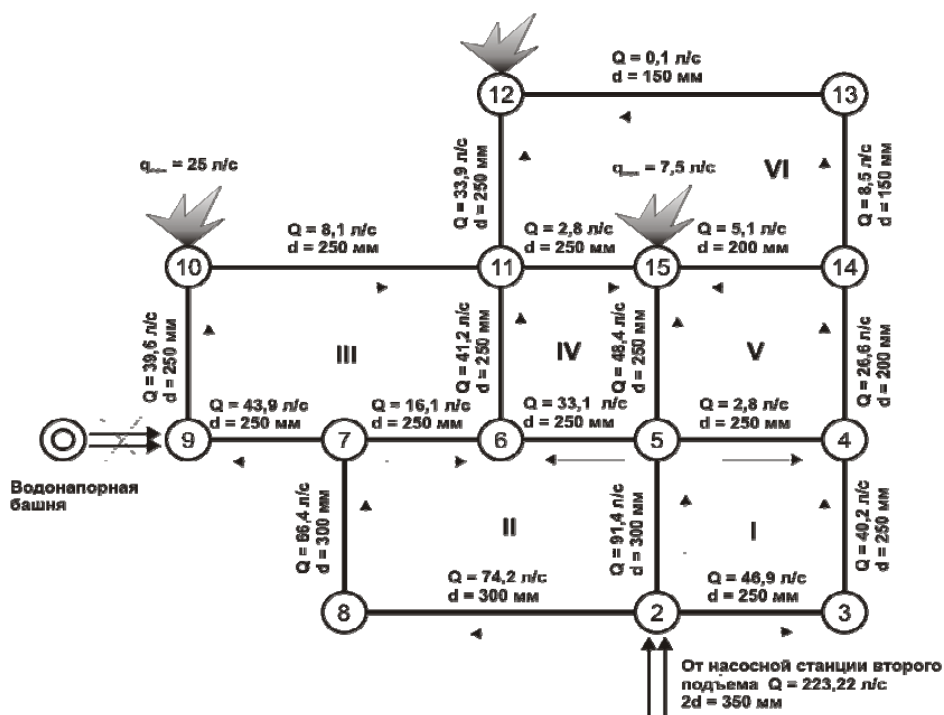


Рис. 9.3 Окончательное распределение потоков по линиям водопроводной сети населенного пункта на час пожара

10. Определение диаметров водоводов, напора насосов и высоты водонапорной башни

Длина водоводов от насосной станции второго подъема до водопроводной распределительной сети населенного пункта определяется конкретными условиями, а их диаметр назначается по тем же принципам, что и линии сети. Расчет водоводов от насосной станции второго подъема и от водонапорной башни до точки подключения к водопроводной сети населенного пункта ведется по таблицам [2].

Напор насосов определяется по следующей формуле:

$$H_{\text{нас}} = Z_{\text{д}} - Z_{\text{нас}} + h_{\text{св}} + h_{\text{в}} + \Sigma h_{\text{с}}, \quad (м) \quad (10.1)$$

где $Z_{\text{д}}$ и $Z_{\text{нас}}$ – соответственно геодезические отметки диктующей точки и НСП;

$h_{\text{св}}$ – свободный напор; $h_{\text{св}} = 10 + 4(n - 1)$; n – этажность застройки;

$h_{\text{в}}$ – потери напора во всасывающих водоводах и коммуникациях станции;

$\Sigma h_{\text{с}}$ – суммарные потери напора в водоводах и линиях водопроводной сети от насосной станции до диктующей точки, которая является наиболее удаленной от башни точкой отбора и имеет наибольшую геодезическую отметку земли.

Общая высота водонапорной башни (ствол + бак) определяется по формуле:

$$H_{\text{башни}} = Z_{\text{д}} - Z_{\text{б}} + h_{\text{св}} + h_{\text{в}} + H_{\text{б}}, \quad (м) \quad (10.2)$$

где $Z_{\text{д}}$ и $Z_{\text{б}}$ – геодезические отметки диктующей точки и земли в месте установки башни, м;

$h_{\text{св}}$ – свободный напор, м;

$h_{\text{в}}$ – потери напора в водоводах и линиях водопроводной сети от башни до диктующей точки, м;

$H_{\text{б}}$ – высота бака башни, м.

11. Составление пьезокарт и построение графика пьезометрических линий

После гидравлического расчета водопроводной сети населенного пункта на расчетные случаи и составления окончательных схем распределения потоков по линиям, необходимо определить пьезометрические отметки для всех узлов, составить пьезометрические карты для каждого режима работы системы подачи и распределения воды и построить график пьезометрических линий по контуру сети.

Для каждого расчетного случая определяется диктующая точка, относительно которой ведут расчет пьезометрических отметок. Для схем с водонапорной башней в начале сети, диктующая точка часа максимального водопотребления и часа пожара располагается в наиболее удаленном узле относительно НСП, причем местоположение диктующей точки для этих двух расчетных случаев может не совпадать. В схемах с контррезервуаром, при максимальном транзите, расположение диктующей точки определяется местоположением башни.

Пьезометрические отметки диктующих точек определяются:

– для часа максимального водопотребления

$$П_{\text{д.т.}}^{\text{max}} = Z_{\text{д.т.}}^{\text{max}} + H_{\text{св.тр}}^{\text{max}}, \quad (м) \quad (11.1)$$

где $Z_{\text{д.т.}}^{\text{max}}$ – отметка поверхности земли в диктующей точке, м;

$H_{\text{св.тр}}^{\text{max}}$ – свободный требуемый напор, определяемый этажностью, м;

– для часа пожара

$$P_{\text{д.т.}}^{\text{п.ж.}} = Z_{\text{д.т.}}^{\text{п.ж.}} + 10 \quad , \quad (\text{м}) \quad (11.2)$$

где $Z_{\text{д.т.}}^{\text{п.ж.}}$ – отметка поверхности земли в диктующей точке, м;

10 – минимальный свободный требуемый напор при пожаре, м;

– для часа транзита в башню

$$P_{\text{д.т.}}^{\text{т.р.}} = Z_{\text{б}}^{\text{т.р.}} \quad , \quad (\text{м}) \quad (11.3)$$

где $Z_{\text{б}}^{\text{т.р.}}$ – отметка максимального уровня воды в баке, м.

Пьезометрические отметки всех последующих узлов сети вычисляются:

$$P_{i+1} = P_i \pm h_{i-(i+1)} \quad , \quad (\text{м}) \quad (11.4)$$

где P_{i+1} – пьезометрическая отметка в последующем узле, м;

P_i – пьезометрическая отметка в диктующей или любой другой точке, м;

$h_{i-(i+1)}$ – потери напора на участке между узлами, м.

12. Подбор насосов насосной станции II подъема

Насосы второго подъема подбираются по двум основным параметрам: подаче и напору.

Подача насосной станции, количество параллельно работающих агрегатов и номинальная производительность одного насоса определены назначенным режимом работы НСП при определении регулирующей емкости бака водонапорной башни на основании ступенчатого графика водопотребления.

Необходимый напор насосов $H_{\text{нас}}$, м, для всех расчетных случаев определяется на основании пьезометрического профиля.

Определив основные параметры насосов на час максимального водопотребления, час пожара и транзит (для схем с контррезервуаром) по каталогу производят подбор необходимого типа насоса. В настоящее время возможно использование современного программного обеспечения для подбора. Количество резервных агрегатов определяется категорией надежности насосной станции и количеством рабочих агрегатов [1, табл.32].

После подбора насосов, на основании Q – H характеристик строят график совместной работы насосов на водоводы для всех расчетных случаев.

13. Пример расчета водопроводной сети населенного пункта

13.1. Исходные данные для проектирования

Задание на РГР с характеристиками проектируемого объекта приведено в таблице 13.1, план населенного пункта – на рис. 13.1.

Таблица 13.1

Задание на курсовой проект «Водопроводная сеть населенного пункта»

№	Характеристика проектируемого объекта		Параметр	
1.	Населенный пункт	Расчетная плотность населения, чел./га	126	
2.		Степень санитарно-технического оборудования зданий в соответствии с классификацией действующих норм	2	
3.		Поливаемая площадь населенного пункта, %	9	
4.		Площадь поливаемая автомашинами, %	85	
5.		Площадь поливаемая дворниками, %	15	
6.		Продолжительность поливки автомашинами, часов/сут	4	
7.		Продолжительность поливки дворниками, часов/сут	4	
8.		Населенный пункт расположен	север	
9.		Глубина промерзания грунта, м	2,5	
10.		Экономический фактор	0,75	
11.	Промышленное предприятие	Общие данные	Количество рабочих смен на предприятии	3
12.			Продолжительность одной смены, часов	8
13.			Расход воды на технологические нужды, м3/ч	152
14.			Требуемый напор, м	14
15.			Требования к качеству воды на предприятии	Питьевая
16.			Степень огнестойкости здания	V
17.			Категория производства по пожарной опасности	Д
18.			Объем наибольшего здания, тыс.м3	40
19.		Количество рабочих	Всего рабочих в смену, чел	330
20.			В том числе работают в холодных цехах в смену, %	3
21.			В том числе работают в горячих цехах в смену, %	97
22.			Пользуются душем от количества работающих в холодном цехе, %	43
23.			Пользуются душем от количества работающих в горячем цехе, %	71

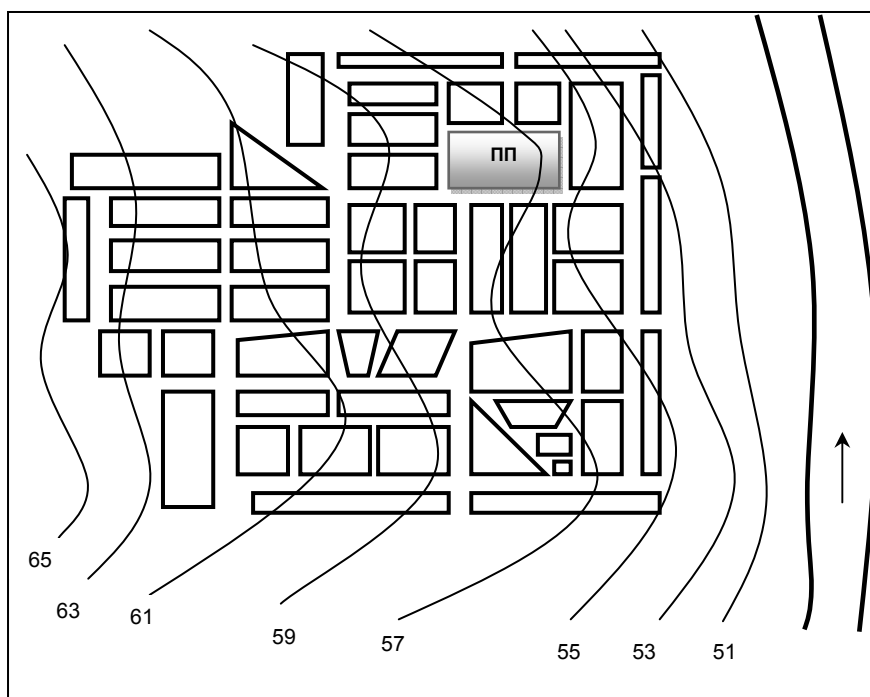


Рис.13.1 План населенного пункта М 1:20000

13.2. Расчет общего водопотребления населенного пункта

13.2.1. Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения

Расчетный среднесуточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды определяется в м³/сут по формуле:

$$Q_{ср.сут} = q_{жс} \times N_{жс} / 1000 = 200 \times 32634 / 1000 = 6526,8 \text{ м}^3/\text{сут}$$

где $q_{жс}$ – удельное водопотребление на одного жителя, принято в зависимости от степени санитарно-технического оборудования в соответствии с классификацией действующих норм (приложение 1), $q_{жс} = 200$ л/сут;

$N_{жс}$ – расчетное число жителей, чел, определяется по формуле:

$$N_{жс} = 259 \times 126 = 32634 \text{ чел}$$

где S – площадь населенного пункта, га, определена как суммарная площадь кварталов на плане населенного пункта, без учета межквартальных проездов и площади, занимаемой промышленным предприятием,
 $S = 259$ га;

p – плотность населения по заданию на проектирование, $p = 126$ чел/га.

Максимальный суточный расход воды, м³/сут, определится по формуле:

$$Q_{сут. max} = K_{сут. max} \times Q_{ср.сут} = 1,2 \times 6526,8 = 7179,5 \text{ м}^3/\text{сут}$$

где $K_{сут. max}$ – коэффициент суточной неравномерности [1, п.2.2.], учитывает уклад жизни населения, режим работы промышленных предприятий, степень благоустройства зданий и т.д. (согласно рекомендациям [1] для II степени благоустройства, $K_{сут. max}$ принят равным 1,2).

Максимальный часовой расход воды, м³/час, определится по формуле:

$$Q_{ч. max} = K_{ч. max} \times Q_{сут. max} / 24 = 1,38 \times 7179,5 / 24 = 412,8 \text{ м}^3/\text{час}$$

где $K_{ч. max}$ – коэффициент часовой неравномерности, согласно [1] определяется:

$$K_{ч. max} = \alpha_{max} \times \beta_{max} = 1,2 \times 1,15 = 1,38$$

где α_{max} – коэффициент, согласно [1], α_{max} принят равным 1,2;

β_{max} – коэффициент, который учитывает количество жителей в населенном пункте и принят по [1, табл. 2] или по табл. 3.1 настоящих методических указаний равным $\beta_{max} = 1,15$.

По расчетному значению $K_{ч. max} = 1,38$ для населенного пункта выбран типовой график водопотребления в течение суток по таблице приложения 2.

13.2.2. Расход воды на мойку усовершенствованных покрытий проездов и площадей и полив зеленых насаждений

В населенном пункте предусмотрены расходы воды на мойку усовершенствованных покрытий проездов и площадей и полив зеленых насаждений. Поливка осуществляется дворниками (из шлангов) и поливочными машинами. Нормативы расходов приведены в приложении 3 настоящего методического пособия.

Площадь поливаемой территории населенного пункта S_n по заданию составляет 9% от общей площади и равна:

$$S_n = 259 \times 9 / 100 = 23,3 \text{ га.}$$

Площадь территории населенного пункта, поливаемой машинами (дворниками) $\Pi_{\text{маш}}$ ($\Pi_{\text{дв}}$) в % указана в задании на курсовое проектирование. Фактическая площадь территории $S_{\text{маш}}$ ($S_{\text{дв}}$) поливаемой машинами (дворниками) определена:

$$\begin{aligned} S_{\text{маш}} &= S_n \times \Pi_{\text{маш}} / 100 = 23,3 \times 85 / 100 = 19,8 \text{ га}; \\ S_{\text{дв}} &= S_n \times \Pi_{\text{дв}} / 100 = 23,3 \times 15 / 100 = 3,5 \text{ га.} \end{aligned}$$

Норма расхода воды на механизированную поливку усовершенствованных покрытий проездов и площадей и ручную дворниками (включая полив зеленых насаждений) для местных условий данного населенного пункта принята равной:

$$q_{n.\text{маш}} = q_{n.\text{дв}} = 2,5 \text{ л/м}^2.$$

Тогда, количество воды, расходуемое в сутки на мойку усовершенствованных покрытий проездов и площадей и полив зеленых насаждений машинами и дворниками определится:

$$\begin{aligned} W_{\text{маш}} &= S_{\text{маш}} \times q_{n.\text{маш}} \times 10 = 19,8 \times 2,5 \times 10 = 495,3 \text{ м}^3/\text{сут}; \\ W_{\text{дв}} &= S_{\text{дв}} \times q_{n.\text{дв}} \times 10 = 3,5 \times 2,5 \times 10 = 87,4 \text{ м}^3/\text{сут}. \end{aligned}$$

Продолжительность поливки машинами ($t_{\text{маш}}$) и дворниками ($t_{\text{дв}}$) указано в задании на курсовое проектирование.

Часовой поливочный расход определится:

$$\begin{aligned} q_{ч.\text{маш}} &= W_{\text{маш}} / t_{\text{маш}} = 495,3 / 4 = 123,8 \text{ м}^3/\text{ч}; \\ q_{ч.\text{дв}} &= W_{\text{дв}} / t_{\text{дв}} = 87,4 / 4 = 21,85 \text{ м}^3/\text{ч}. \end{aligned}$$

13.2.3. Расход воды на нужды местной промышленности

Суточный расход воды на нужды предприятий коммунально – бытового сектора населенного пункта принят равным 10% от максимального суточного расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды $Q_{\text{сут. макс}}$:

$$Q_{\text{м.пром}} = Q_{\text{сут. макс}} \times 0,1 = 7179,5 \times 0,1 = 718,0 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Часовой расход воды определится:

$$q_{ч.\text{м.пром}} = Q_{\text{м.пром}} / 24 = 718,0 / 24 = 29,91 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

13.2.4. Расход воды на нужды промышленного предприятия

В данном курсовом проекте промышленное предприятие использует воду питьевого качества из городского водопровода на технологические нужды при производстве выпускаемой продукции, на хозяйственно-питьевые нужды работников и пользование душами в бытовых помещениях.

Часовой расход воды на технологические нужды предприятия по заданию равен $q_{ч.\text{техн}} = 152,0 \text{ м}^3/\text{ч}$, предприятие работает равномерно в течении суток в три смены.

Тогда, суточный технологический расход $Q_{\text{сут.техн}}$ определится по формуле:

$$Q_{\text{сут.техн}} = q_{\text{ч.техн}} \times t = 152,0 \times 24 = 3648,0 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды работников и на пользование душем определены для каждой смены в зависимости от типа цехов.

В холодных цехах общее количество работников в смену N_x и количество работников, пользующихся душем $N_{x,д}$, определяется по заданию и равно:

$$N_x = 330 \times 3 / 100 = 10 \text{ чел.};$$

из них пользуются душем (43%) – $N_{x,д} = 10 \times 0,43 = 5 \text{ чел.}$

Норма водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды для холодного цеха в смену принимается: $q_x = 25 \text{ л/чел}$ ($0,025 \text{ м}^3/\text{чел}$).

Расход воды в смену на хозяйственно-питьевые нужды определится:

$$q_{x,x-n} = N_x \times q_x = 10 \times 0,025 = 0,25 \text{ м}^3/\text{см},$$

тогда в сутки на хозяйственно-питьевые нужды необходимо:

$$Q_{\text{сут.х.х-н}} = q_{x,x-n} \times n = 0,25 \times 3 = 0,75 \text{ м}^3/\text{сут.},$$

а расход воды в час составит:

$$q_{x,x-n} = Q_{\text{сут.х.х-н}} / t = 0,75 / 24 = 0,03125 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Количество работников на одну душевую сетку в холодном цехе принято равным 15, тогда количество потребных душевых сеток для холодного цеха n_c в смену определится:

$$n_c = N_{x,д} / 15 = 5 / 15 \approx 1 \text{ шт.}$$

При норме расхода воды на одну душевую сетку 500 л/ч ($0,5 \text{ м}^3/\text{ч}$), душевой расход в холодном цехе в смену составит:

$$q_{x,д} = n_c \times 0,5 = 1 \times 0,5 = 0,5 \text{ м}^3/\text{см.}$$

За n смен (т.е. в сутки) расход воды на душ в холодном цехе определится:

$$Q_{\text{сут.х.д}} = q_{x,д} \times n = 0,5 \times 3 = 1,5 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

В горячих цехах общее количество работников в смену N_r и количество работников, пользующихся душем $N_{r,д}$, определяется по заданию и равно:

$$N_r = 330 \times 97 / 100 = 321 \text{ чел.};$$

из них пользуются душем (71%) – $N_{r,д} = 321 \times 0,71 = 228 \text{ чел.}$

Норма водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды для горячего цеха в смену принимается: $q_r = 45 \text{ л/чел}$ ($0,045 \text{ м}^3/\text{чел}$).

Расход воды в смену на хозяйственно-питьевые нужды определится:

$$Q_{r,x-n} = N_r \times q_r = 321 \times 0,045 = 14,4 \text{ м}^3/\text{см},$$

тогда в сутки на хозяйственно-питьевые нужды необходимо:

$$Q_{\text{сут.г.х-н}} = q_{r,x-n} \times n = 14,4 \times 3 = 43,2 \text{ м}^3/\text{сут.},$$

а расход воды в час составит:

$$q_{r,x-n} = Q_{\text{сут.г.х-н}} / t = 43,2 / 24 = 1,8 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Количество работников на одну душевую сетку в горячем цехе принято равным 7, тогда количество потребных душевых сеток для горячего цеха n_c в смену определится:

$$n_c = N_{r,д} / 7 = 228 / 7 \approx 33 \text{ шт.}$$

При норме расхода воды на одну душевую сетку 500 л/ч ($0,5 \text{ м}^3/\text{ч}$), душевой расход в горячем цехе в смену составит:

$$q_{r,д} = n_c \times 0,5 = 33 \times 0,5 = 16,5 \text{ м}^3/\text{см.}$$

За n смен (т.е. в сутки) расход воды на душ в горячем цехе определится:

$$Q_{\text{сут.г.д}} = q_{r,д} \times n = 16,5 \times 3 = 49,5 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Общий расход воды на душ в цехах промышленного предприятия, для времени принятия душа в течении 45 минут (0,75 часа) после рабочей смены составит:

$$Q_{сут.д} = (1,5 + 49,5) \times 0,75 = 38,25 \text{ м}^3/\text{сут},$$

при этом расход в час приема душа составит:

$$Q_{час.д} = 38,25 / 3 = 12,75 \text{ м}^3/\text{час}.$$

13.2.5. Расход воды на нужды пожаротушения

В населенном пункте запроектирована объединенная система хозяйственно-питьевого – противопожарного водоснабжения.

Расход воды на наружное пожаротушение в населенном пункте принят, в соответствии с количеством проживающих жителей ($N_{жс} = 32634 \text{ чел}$) при этажности застройки зданиями высотой три этажа и выше по приложению 4, равным $Q_{пож} = 50 \text{ л/с}$ (два одновременных пожара с расходом на один пожар 25 л/с).

В соответствии с заданием на курсовое проектирование, степень огнестойкости здания промышленного предприятия – V, категория производства по пожарной опасности – Д. Согласно [1] и приложению 5 настоящих методических указаний, расход воды на наружное пожаротушение производственных зданий с фонарями, объемом до 3 тысяч м³ принят равным $Q_{пож.пл} = 15 \text{ л/с}$. Количество возможных одновременных пожаров на промышленном предприятии – 1 [1, п. 2.22], т.к. предполагается, что площадь, занимаемая предприятием, менее 150 гектаров.

Все необходимые для населенного пункта и промышленного предприятия расходы воды сведены в таблицу 13.2, где в столбце 2 приведен график водопотребления для населенного пункта в течение суток по расчетному значению $K_{ч. \max} = 1,38$ (таблица приложения 2).

В столбце 11 приведена сумма построчных значений величин расходов по часам суток, суммарное значение по столбцу 11 определяет общее водопотребление населенного пункта, а в столбце 12 – выраженный в % от общего суточного расхода суммарный часовой расход. Максимальное значение расхода по столбцу 12 определяет час максимального водопотребления, на который производят расчеты всех основных сооружений.

13.3. Построение графиков водопотребления населенного пункта и работы насосов НСИ и НСП

Ступенчатый график водопотребления населенного пункта (рис.13.2), как функция $Q = f(t)$, строится на основании данных таблицы 13.2 (столбцы 1 и 12). График работы насосной станции первого подъема (НСИ) равномерный, с подачей 4,17% от суточного расхода.

Для построения графика работы насосной станции второго подъема (НСП), совмещенного со ступенчатым графиком водопотребления, необходимо назначить режимы работы насосов в течении суток.

В соответствии с таблицей 13.2, часом максимального водопотребления является час 17-18, когда потребление воды населенным пунктом составляет 4,89% от общего суточного расхода. Режим работы насосной станции в течении суток предусматривается неравномерным, с подключением в час максимального водопотребления второго питателя – водонапорной башни. Учитывая неравномерность водопотребления и возможность достаточного маневра для включения – выключения необходимого количества насосных агрегатов, принимаем к установке на насосной станции трех рабочих насосов, с общей

максимальной подачей в час 4,32%. Тогда водонапорная башня будет подавать в час максимального водопотребления 0,57%.

Учитывая параллельность включения насосов, определяем режимные точки работы НСП:

- подача одного насоса (номинальная) составит: $4,32\% / 2,5 = 1,73\%$ (здесь 2,5 – единицы суммарной подачи при снижении номинала каждого из трех, параллельно включенных, до 83%);

- подача двух насосов – $1,73\% \times 1,8 = 3,11\%$ (здесь 1,8 – единицы суммарной подачи при снижении номинала каждого из двух, параллельно включенных, до 90%).

Таблица 13.2

Общее водопотребление населенного пункта по часам суток

Часы суток	Хоз.-питьевое водопотребление		Расход воды на мойку и полив		мест. пром, м ³ /ч	Промышленное предприятие				Суммарный расход, Q _{сут}	
	%	м ³ /ч	машины, м ³ /ч	дворники, м ³ /ч		хоз-питьевые хол. цех, м ³ /ч	хоз-питьевые гор. цех, м ³ /ч	душ м ³ /ч	техно-лог. расход м ³ /ч	м ³ /ч	%
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
0 - 1	3,40	244,10	123,8		29,91	0,03125	1,8	12,75	152,0	564,43	4,62
1 - 2	3,00	215,38			29,91	0,03125	1,8		152,0	399,13	3,27
2 - 3	3,00	215,38			29,91	0,03125	1,8		152,0	399,13	3,27
3 - 4	3,00	215,38			29,91	0,03125	1,8		152,0	399,13	3,27
4 - 5	3,00	215,38			29,91	0,03125	1,8		152,0	399,13	3,27
5 - 6	3,45	247,69			29,91	0,03125	1,8		152,0	431,44	3,53
6 - 7	3,70	265,64		21,85	29,91	0,03125	1,8		152,0	471,24	3,86
7 - 8	4,20	301,54		21,85	29,91	0,03125	1,8		152,0	507,14	4,15
8 - 9	4,80	344,62			29,91	0,03125	1,8	12,75	152,0	541,12	4,43
9 - 10	4,80	344,62			29,91	0,03125	1,8		152,0	528,37	4,33
10 - 11	4,00	287,18			29,91	0,03125	1,8		152,0	470,93	3,86
11 - 12	4,00	287,18			29,91	0,03125	1,8		152,0	470,93	3,86
12 - 13	4,00	287,18			29,91	0,03125	1,8		152,0	470,93	3,86
13 - 14	5,00	358,97			29,91	0,03125	1,8		152,0	542,72	4,44
14 - 15	4,00	287,18			29,91	0,03125	1,8		152,0	470,93	3,86
15 - 16	4,00	287,18		21,85	29,91	0,03125	1,8		152,0	492,78	4,04
16 - 17	5,10	366,15		21,85	29,91	0,03125	1,8	12,75	152,0	584,50	4,78
17 - 18	5,75	412,82			29,91	0,03125	1,8		152,0	596,57	4,89
18 - 19	5,75	412,82			29,91	0,03125	1,8		152,0	596,57	4,89
19 - 20	5,75	412,82			29,91	0,03125	1,8		152,0	596,57	4,89
20 - 21	5,00	358,97			29,91	0,03125	1,8		152,0	542,72	4,44
21 - 22	4,00	287,18	123,8		29,91	0,03125	1,8		152,0	594,76	4,86
22 - 23	3,80	272,82	123,8		29,91	0,03125	1,8		152,0	580,40	4,75
23 - 24	3,50	251,28	123,8		29,91	0,03125	1,8		152,0	558,86	4,58
Итого:	100	7 179,5	495,3	87,4	718,0	0,75	43,2	38,25	3 648,0	12 210,3	100,00

Назначенные режимы работы НСП сводим в таблицу 13.3, где определено, что насосная станция подает в водопроводную сеть часовой расход в размере 4,32% от общего суточного расхода в течении 16 часов. В час 23 – 24 часовой расход составляет 4,28% при ступенчатой работе насосных агрегатов в течении часа: 3 насоса с подачей 4,32% работают

0,97 доли часа (58 минут), после чего один насос отключается и оставшуюся долю часа – 0,03 (2 минуты) работают 2 насоса с подачей 3,11%. В часы 1 – 8 часовой расход составляет 3,8% при ступенчатой работе насосных агрегатов в течении часа: 3 насоса с подачей 4,32% работают 0,57 доли часа (34 минуты), после чего один насос отключается и оставшуюся долю часа – 0,43 (26 минут) работают 2 насоса с подачей 3,11%.

Таблица 13.3

Назначение режимов работы НСП на час максимального водопотребления

Подача НСП на рабочей ступени, %	Количество рабочих агрегатов	Время работы агрегатов в долях часа	Подача насосами НСП в час, %	Количество часов работы в сутки	Подача за время работы в сутки, %
4,32	3	1	4,32	16	69,12
4,28	3	0,97	$0,97 \times 4,32 = 4,19$	1	4,19
	2	0,03	$0,03 \times 3,11 = 0,09$		0,09
3,8	3	0,57	$0,57 \times 4,32 = 2,46$	7	17,22
	2	0,43	$0,43 \times 3,11 = 1,34$		9,38
Итого:					100,00

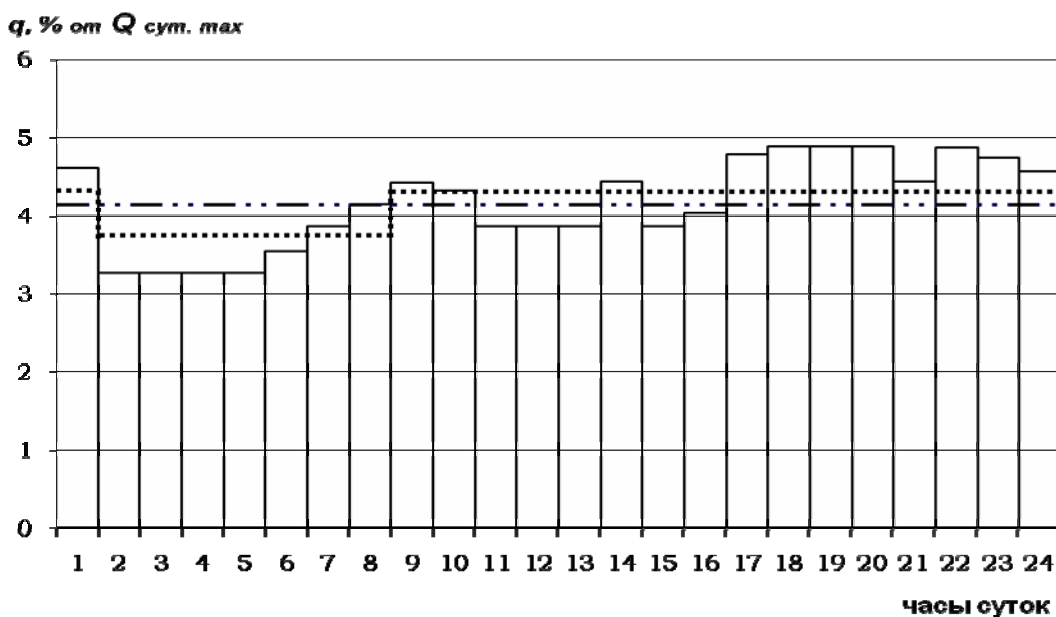


Рис.13.2 Ступенчатый график водопотребления населенного пункта
 — график водопотребления; — . . — график работы насосной станции I подъема; график работы насосной станции II подъема

13.4. Определение емкости и размеров бака водонапорной башни

Общая емкость бака водонапорной башни $W_б$, определяется:

$$W_б = W_{рег} + W_{пож}, \quad (м^3)$$

Регулирующий объем бака $W_{рег}$ определяем по данным таблицы 13.4:

$$W_{рег} = Q_{сут} \times W_{ост} \times 0,01 = 12210,3 \times 3,86 \times 0,01 = 471,3 \text{ м}^3$$

Пожарный запас водонапорной башни $W_{пож}$:

$$W_{пож} = (q_{нар} + q_{вн}) \times 600 \times 0,001 = (25+5) \times 600 \times 0,001 = 18,0 \text{ м}^3$$

где $q_{нар}$ – расход воды на тушение наружного пожара, 25 л/с;

$q_{вн}$ – расход воды на тушение внутреннего пожара, 5 л/с;

600 – продолжительность тушения пожара, с;

0,001 – переводной коэффициент.

Таблица 13.4

Определение регулирующей емкости бака водонапорной башни

Часы суток	Водопотребление города, %	Работа НСП, %	Расход воды из бака, %	Поступление воды в бак, %	Остаток в баке, $W_{ост}$	
					%	приведенное к положительным значениям
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
0-1	4,62	4,32	0,30		-3,12	0,00
1-2	3,27	3,80		0,53	-2,59	0,53
2-3	3,27	3,80		0,53	-2,06	1,06
3-4	3,27	3,80		0,53	-1,53	1,59
4-5	3,27	3,80		0,53	-1,00	2,12
5-6	3,53	3,80		0,27	-0,73	2,39
6-7	3,86	3,80	0,06		-0,79	2,33
7-8	4,15	3,80	0,35		-1,14	1,98
8-9	4,43	4,32	0,11		-1,25	1,87
9-10	4,33	4,32	0,01		-1,26	1,86
10-11	3,86	4,32		0,46	-0,80	2,32
11-12	3,86	4,32		0,46	-0,34	2,78
12-13	3,86	4,32		0,46	0,12	3,24
13-14	4,44	4,32	0,12		0,00	3,12
14-15	3,86	4,32		0,46	0,46	3,58
15-16	4,04	4,32		0,28	0,74	3,86
16-17	4,78	4,32	0,46		0,28	3,40
17-18	4,89	4,32	0,57		-0,29	2,83
18-19	4,89	4,32	0,57		-0,86	2,26
19-20	4,89	4,32	0,57		-1,43	1,69
20-21	4,44	4,32	0,12		-1,55	1,57
21-22	4,86	4,32	0,54		-2,09	1,03
22-23	4,75	4,32	0,43		-2,52	0,60
23-24	4,58	4,28	0,30		-2,82	0,30
Итого:	100,00	100,00	4,51	4,51	-	-

Общая емкость бака водонапорной башни: $W_6 = W_{рег} + W_{пож} = 471,3 + 18,0 = 489,3 \text{ м}^3$.

Тогда, диаметр бака определим:

$$D_6 = \sqrt[3]{\frac{6 \times 489,3}{3,14}} = 9,75 \text{ м.}$$

Высота слоя воды в баке водонапорной башни: $H_0 = 6,55 \text{ м.}$

Строительная высота: $H_6 = 0,25 + H_0 + 0,2 = 0,25 + 6,55 + 0,2 = 7,0 \text{ м.}$

К установке принята водонапорная башня со стальным баком емкостью 500 м^3 по типовому проекту № 901 – 5 – 47.90 (приложение 7).

13.5. Определение емкости резервуаров чистой воды

Емкость резервуаров чистой воды (РЧВ), входящих в состав очистной станции, определяется как сумма:

- регулирующего объема, определяемого особенностями режима работы насосных станций НСИ и НСП;
- запаса воды на тушение пожара в населенном пункте, продолжительностью 3 часа [1, п.2.24];
- объема воды на собственные нужды водопроводной очистной станции.

Таблица 13.5

Определение регулирующей емкости резервуара чистой воды

Часы суток	Подача насосами I подъема, %	Подача насосами II подъема, %	Из РЧВ, %	В РЧВ, %	Остаток в РЧВ, %
1.	2.	3.	4.	5.	6.
0 - 1	4,17	4,32	0,15		0,00
1 - 2	4,17	3,80		0,37	0,37
2 - 3	4,17	3,80		0,37	0,74
3 - 4	4,17	3,80		0,37	1,11
4 - 5	4,17	3,80		0,37	1,48
5 - 6	4,17	3,80		0,37	1,85
6 - 7	4,17	3,80		0,37	2,22
7 - 8	4,17	3,80		0,37	2,59
8 - 9	4,17	4,32	0,15		2,44
9 - 10	4,17	4,32	0,15		2,29
10 - 11	4,17	4,32	0,15		2,14
11 - 12	4,17	4,32	0,15		1,99
12 - 13	4,17	4,32	0,15		1,84
13 - 14	4,17	4,32	0,15		1,69
14 - 15	4,17	4,32	0,15		1,54
15 - 16	4,17	4,32	0,15		1,39
16 - 17	4,16	4,32	0,16		1,23
17 - 18	4,16	4,32	0,16		1,07
18 - 19	4,16	4,32	0,16		0,91
19 - 20	4,16	4,32	0,16		0,75
20 - 21	4,16	4,32	0,16		0,59
21 - 22	4,16	4,32	0,16		0,43
22 - 23	4,16	4,32	0,16		0,27
23 - 24	4,16	4,28	0,12		0,15
Σ	100,00	100,00	2,59	2,59	

Полная вместимость РЧВ определяется по формуле:

$$W_{РЧВ} = W_{рег} + W_{нз} + W_{соб}, \quad (м^3)$$

где $W_{рег}$ – регулирующий объем воды, $м^3$;

$W_{нз}$ – противопожарный запас воды, $м^3$;

$W_{соб}$ – объем воды на собственные нужды очистной станции, $м^3$.

Регулирующий объем резервуаров чистой воды определяем путем совмещения графиков равномерной работы насосов первого подъема и ступенчатой работы НСП, который произведен в таблице 13.5. Наибольшее значение остатка воды в РЧВ по столбцу 6, дает величину регулирующего объема $W_{рег} = 2,59\%$ от общего суточного расхода воды.

$$W_{рег} = 12210,3 / 100 \times 2,59 = 316,3 \text{ м}^3.$$

Противопожарный запас воды $W_{нз}$ определится:

$$W_{нз} = 3 Q_{пож} + \sum Q_{max} - 3 Q_1 =$$

$$= 3 \times 2 \times 25 \times 3600 / 1000 + 3 \times 596,6 - 3 \times 4,17 \times 12210,3 / 100 = 802,3 \text{ м}^3.$$

Объем воды на собственные нужды очистной станции $W_{соб}$ принят равным 10%:

$$W_{соб} = 1221,0 \text{ м}^3.$$

Полная вместимость РЧВ составит:

$$W_{РЧВ} = 316,3 + 802,3 + 1221,0 = 2339,6 \text{ м}^3.$$

К установке на очистных сооружениях приняты 2 железобетонных прямоугольных резервуара чистой воды по типовому проекту № 901 – 4 – 63.83. Высота каждого резервуара – 3,64 м, емкость – 1200 м^3 , размеры основания – $12 \times 30 \text{ м}$ (приложение 8).

При величине площади основания РЧВ $F_{осн} = 12 \times 30 = 360 \text{ м}^2$ и их количестве $n = 2$, определим высоту слоя воды, занимаемую каждым объемом.

Регулирующий объем воды:

$$h_{рег} = 316,3 / (2 \times 360) = 0,44 \text{ м}.$$

Противопожарный запас воды:

$$h_{пож} = 802,3 / (2 \times 360) = 1,15 \text{ м}.$$

Объем воды на собственные нужды очистной станции:

$$h_{соб} = 1221,0 / (2 \times 360) = 1,70 \text{ м}.$$

13.6. Трассировка водопроводной сети

Трассировка магистральных линий водопроводной сети населенного пункта выполнена в направлении основного потокораспределения по межквартальным проездам таким образом, чтобы обеспечить двухстороннее питание потребителей. Водопроводная сеть кольцевая, что обеспечивает надежность системы подачи и распределения воды. Основные магистральные линии соединены перемычками, расположенными перпендикулярно основному направлению движения воды. Регулирующая емкость – водонапорная башня установлена на наиболее высокой отметке рельефа – 65,0. Разность отметок рельефа местности – 13 м. Трассировка проектируемой водопроводной сети населенного пункта приведена на рис.13.3.

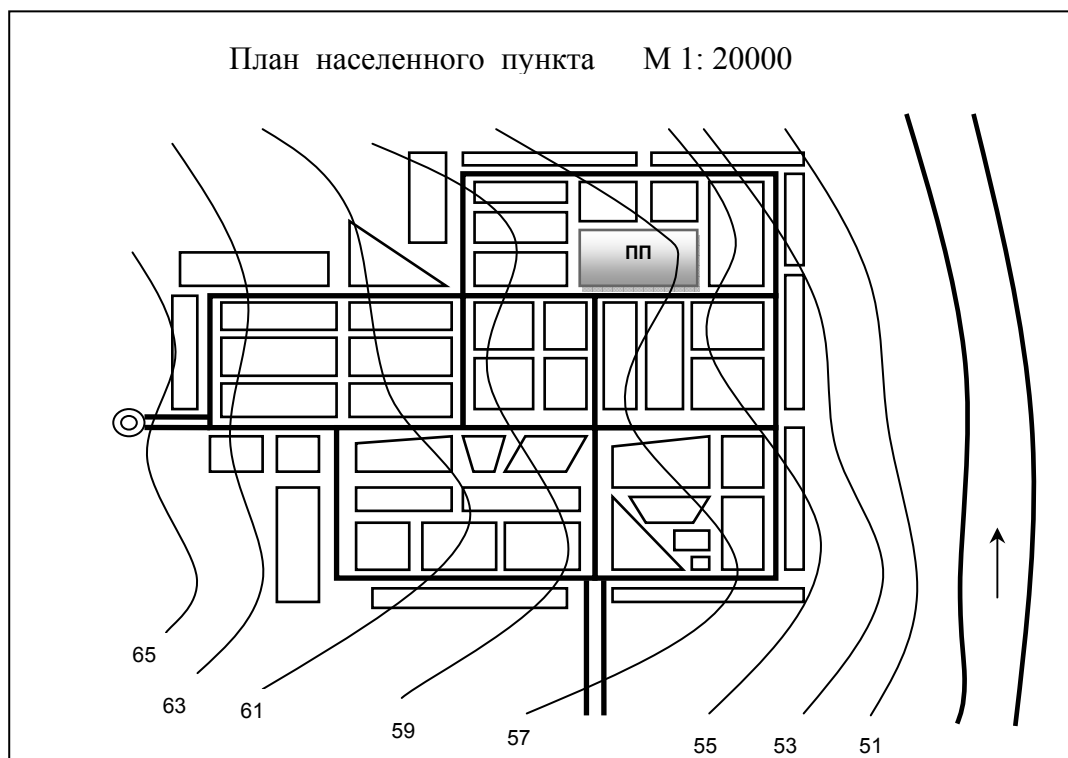


Рис. 13.3. Трассировка водопроводной сети населенного пункта.

13.7. Подготовка сети к гидравлическому расчету

Водопроводная сеть населенного пункта имеет 6 колец, 15 узлов. НСП подключена к узлу № 2, водонапорная башня – к узлу № 9.

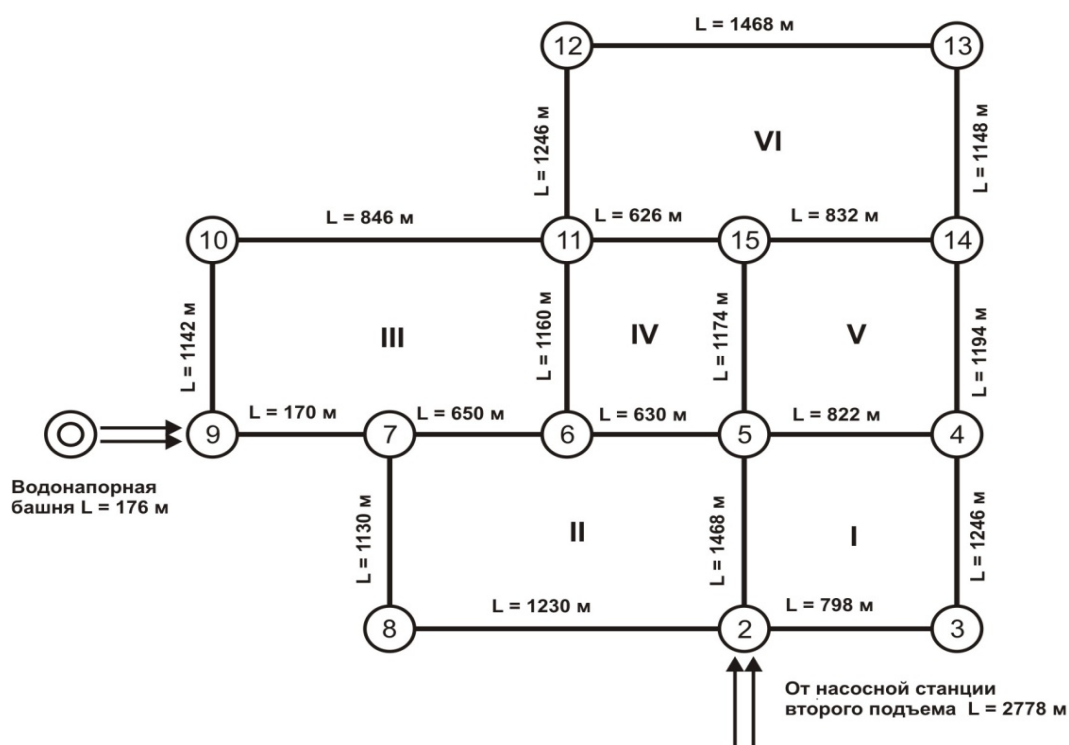


Рис.13.4. Расчетная схема водопроводной сети населенного пункта

Для расчета водопроводной сети принимаем упрощенную схему водоотбора, основанную на предположении, что общий отбор воды с каждого участка водопроводной сети пропорционален его длине. При этом все крупные и известные по величине отборы (подача воды на промышленные предприятия, подача воды в емкости, пожарные отборы и др.) вычитают из общего количества отдаваемой воды и учитывают в виде сосредоточенных отборов в соответствующих точках сети.

По таблице 13.2 принимаем расчетный час максимального водопотребления – 17-18. Часовой расход в этот час составляет $q_{ч.макс.} = 596,57 \text{ м}^3/\text{ч} = 165,72 \text{ л/с}$. Сосредоточенный отбор для нужд промышленного предприятия $q_{соср.} = 153,83 \text{ м}^3/\text{ч} = 42,73 \text{ л/с}$. Тогда равномерно распределенный расход $q_{р.р.}$ определится:

$$q_{р.р.} = q_{ч.макс.} - q_{соср.} = 165,72 - 42,73 = 122,99 \text{ л/с.}$$

Определим удельный расход:

$$q_{уд} = q_{р.р.} / \Sigma L = 122,99 / 18688 = 0,006581 \text{ л/с на 1 м длины сети};$$

где $\Sigma L = 18688 \text{ м}$ – общая (суммарная) длина в метрах участков водопроводной распределительной сети (без учета длин водоводов от НСП и водонапорной башни).

Путевые расходы по участкам сети определим по формуле:

$$q_{пут} = q_{уд} \times L_i, (\text{л/с});$$

где L_i - длина соответствующего участка водопроводной сети.

Данные по расчету путевых расходов сведены в таблице 13.6.

Таблица 13.6

Определение путевых расходов в час максимального водопотребления

Номер участка	Длина участка L_i , м	Равномерно распределенный расход воды по участкам сети $q_{пут.}$, л/с
1.	2.	3.
2-3	798,00	5,252
3-4	1 246,00	8,200
4-5	822,00	5,410
5-2	1 232,00	8,108
5-6	630,00	4,146
6-7	650,00	4,278
7-8	1 130,00	7,437
8-2	1 230,00	8,095
7-9	170,00	1,119
9-10	1 142,00	7,516
10-11	846,00	5,568
6-11	1 160,00	7,634
11-12	1 190,00	7,832
12-13	1 468,00	9,661
13-14	1 148,00	7,555
14-15	832,00	5,476
4-14	1 194,00	7,858
5-15	1 174,00	7,726
11-15	626,00	4,120
ИТОГО:	18 688,0	122,991

При назначении режимов насосной станции второго подъема определена подача НСП в час максимального водопотребления – 4,32%, что соответствует величине $Q_{НСП} = 145,82$ л/с. Подача водонапорной башни составит $Q_{ВБ} = 19,9$ л/с.

После определения узловых расходов выполняем предварительное распределение расходов по кольцевой водопроводной сети населенного пункта и назначаем диаметры труб магистральных линий и перемычек. На рис. 13.6., иллюстрирующим водопроводную сеть, наносим следующую информацию:

- номер кольца (римскими цифрами);
- величины расходов воды в л/с от водонапорной башни и двух водоводов, питающих кольцевую сеть (в узлах № 9 и № 2 соответственно);
- направления движения воды в виде стрелок на участках (линиях);
- предварительно распределенные расходы в л/с и диаметры труб в мм на участках.

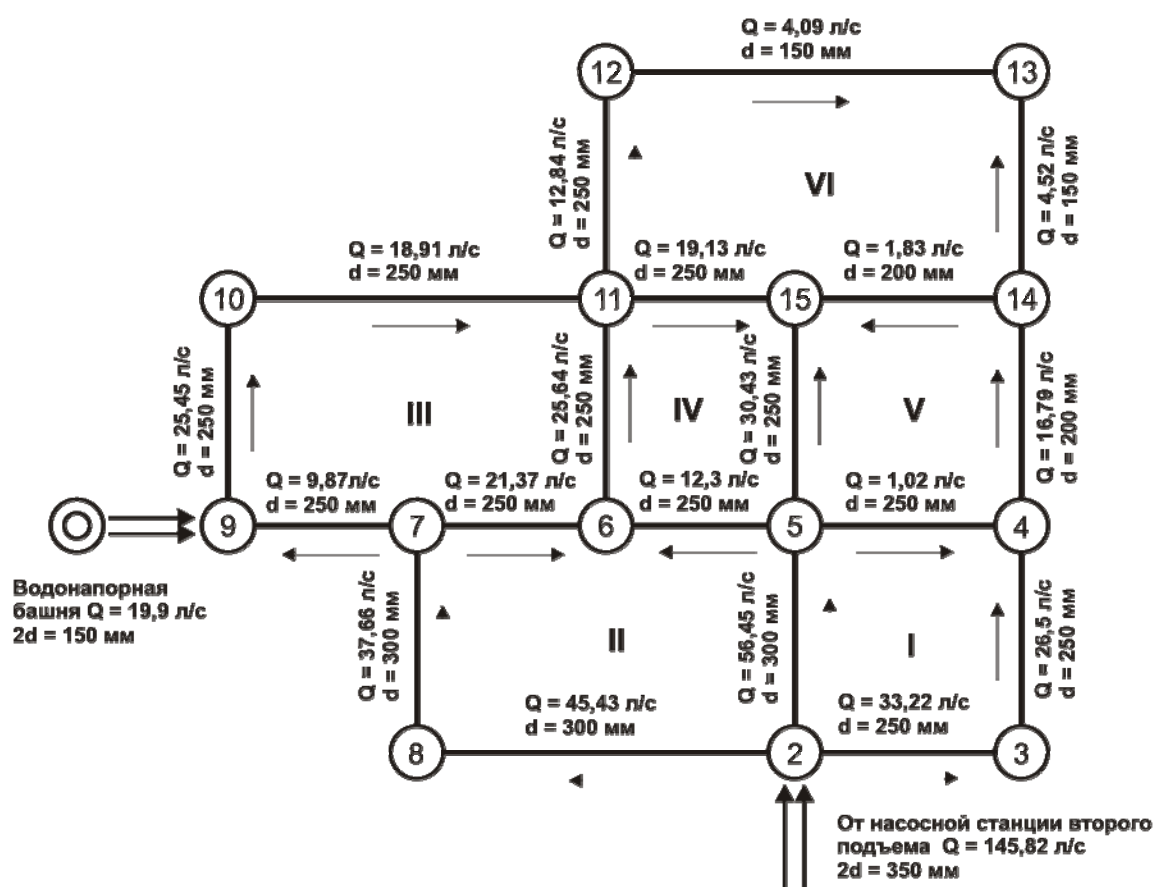


Рис. 13.6. Предварительное потокораспределение и назначение диаметров водопроводной сети

Определение величин расходов воды на участках производим в строгой последовательности, начиная от узла № 2. Принцип определения расхода на участках состоит в вычитании из приходящего в узел расхода величины узлового отбора и распределения остатка по прилегающим к узлу участкам пропорционально их длинам и с учетом тяготения к крупному водопотребителю – промышленному предприятию, а также учитывая подпитку сети из бака водонапорной башни. При этом величина назначаемого

расхода на каждом из участков — должна превосходить величину узлового расхода в следующем по длине участка узле.

После определения величин расходов воды на участках сети производим выбор материала труб (в соответствии с рекомендациями [1, п.8.21]) и назначение диаметров, при этом минимальный диаметр для объединенных сетей хозяйственно — питьевого — противопожарного водоснабжения [1, п.8.46] должен быть не менее 100 мм.

Назначение диаметров производим на нормальный режим работы по расходам часа максимального водопотребления, с учетом экономического фактора и экономических скоростей движения воды, которые для водопроводных труб ориентировочно находятся в пределах 0,5 – 1,5 м/с.

Диаметры новых стальных и чугунных труб водопроводной сети назначены по приложению 9, которое составлено для экономических скоростей [2].

13.8. Гидравлический расчет (увязка) водопроводной сети населенного пункта на час максимального водопотребления

Цель расчета (увязки) – определение истинных расходов и потерь напора на каждой линии кольцевой сети. Для увязки водопроводной сети применим II закон Кирхгофа – алгебраическая сумма потерь напора в любом замкнутом контуре равна нулю:

$$\sum h_i = 0,$$

т.е. при гидравлическом расчете необходимо таким образом откорректировать предварительно назначенные расходы по линиям сети, чтобы выполнялось условие II закона Кирхгофа.

При расчете условно принимается, что потери напора на участках с движением воды по часовой стрелке – положительны, а потери напора на участках с движением против часовой стрелки – отрицательны. Критерием завершения гидравлического расчета принято считать достижение сбалансированности в кольцах сети по потерям напора до допустимой величины невязки:

$$\sum h_i = \pm \Delta h,$$

где $\pm \Delta h$ – величина невязки по замкнутому контуру, м.

Допустимая величина невязки для кольца при выполнении гидравлического расчета по методу Лобачева – Кросса в табличной форме при курсовом проектировании составляет: $|\Delta h| \leq 0,5$ м. Расчет сети сопровождается заполнением сводной табл. 13.8.

Потери напора на каждом участке сети определяются по формуле:

$$h = Sq^2, \quad (м)$$

где h – потери напора, м;

q – расчетный расход на участке, л/с;

S – сопротивление участка сети,

$$S = S_0 \cdot K_I \cdot L,$$

где S_0 – удельное сопротивление, в зависимости от материала труб принимается по [2] или по приложению 9;

K_I – поправочный коэффициент, учитывающий неквадратичность зависимости потерь напора от средней скорости движения воды по приложениям 10 и 11:

L – длина участка, м.

При величине невязки Δh в любом из колец сети больше чем 0,5 м, определяют поправочный расход Δq , л/с, по формуле:

$$\Delta q = - \frac{\pm \Delta h}{2 \sum S q}$$

Определив величину Δq , выполняется поправка расходов на участках сети, при этом следует учитывать, что положительное значение Δq определяет его направление внутри кольца по часовой стрелке, отрицательное значение – против часовой стрелки. Совпадение по направлению поправочного расхода и направления движения воды на участке ведет к увеличению расхода воды на участке на величину Δq , отсутствие совпадения – к уменьшению расхода воды на участке на величину Δq . Для участков, являющихся смежными для двух колец, необходимо учитывать поправочные расходы этих колец, учитывая совпадение или несовпадение направлений поправочных расходов и направления движения воды на смежном участке.

Результаты расчета водопроводной сети населенного пункта на час максимального водопотребления отражают на схеме окончательного потокораспределения (рис. 13.7).

По завершению расчета сети подбираются соответствующие насосы.

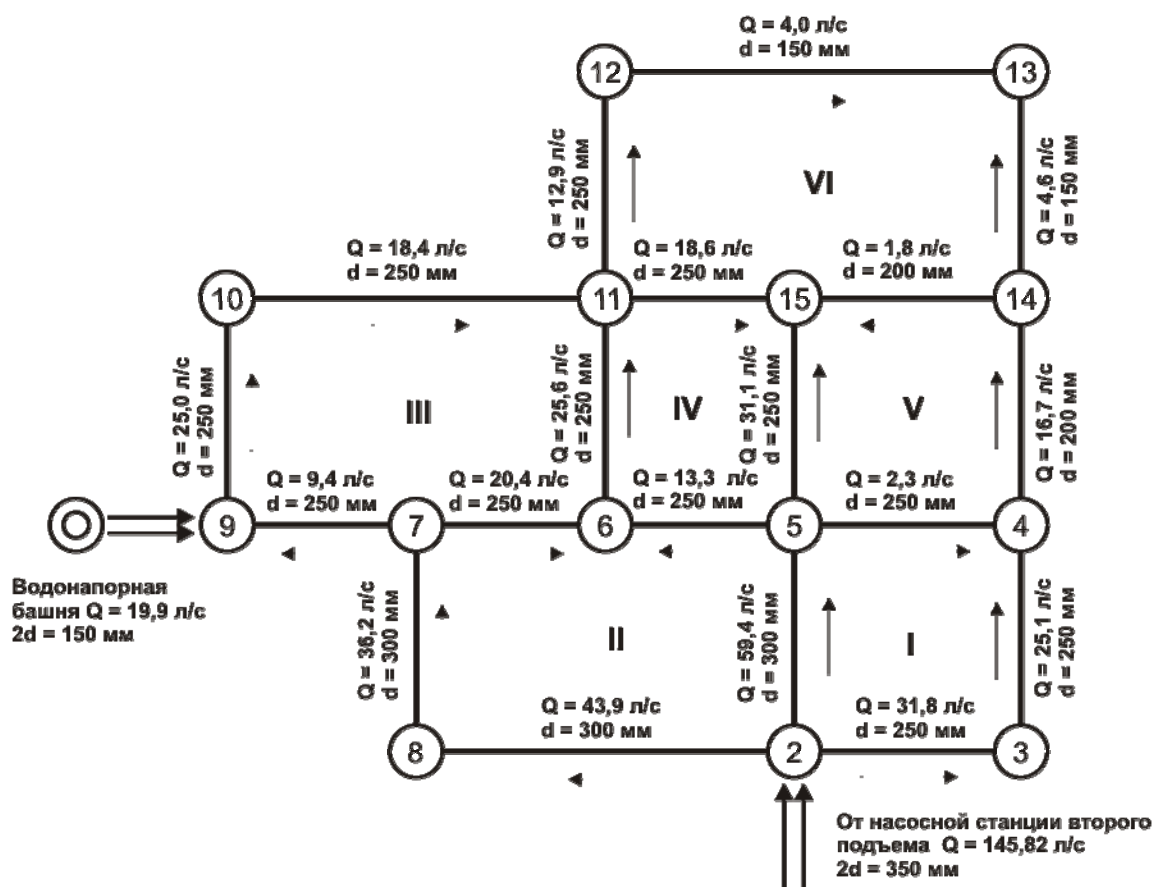


Рис. 13.7. Окончательное распределение потоков по линиям водопроводной сети населенного пункта на час максимального водопотребления

Таблица 13.8

Гидравлический расчет кольцевой водопроводной сети по методу Лобачева-Кросса
на час максимального водопотребления

№ кольца	Предварительное потокораспределение										
	№ участка	L, м	q, л/с	d, мм	V, м/с	K _f	S ₀ *10 ⁶	S = S ₀ *K _f *L	Sq	знак	h=Sq ²
I	2-3	798,00	33,22	250	0,68	1,09	2,528	0,002199	0,07307	-1	-2,43
	2-5	1232,00	56,45	300	0,8	1,062	0,9485	0,001241	0,07005	1	3,95
	3-4	1246,00	26,50	250	0,54	1,136	2,528	0,003578	0,09482	-1	-2,51
	4-5	822,00	1,02	250	0,02	2,658	2,528	0,005523	0,00563	1	0,01
	$\sum Sq =$ поправочный расход Δq I кольца, л/с								0,24358 $\Delta q^I =$	$\Delta h =$ 2,01	-0,98
II	2-5	1232,00	56,45	300	0,8	1,062	0,9485	0,001241	0,07005	-1	-3,95
	2-8	1230,00	45,43	300	0,64	1,102	0,9485	0,001286	0,05841	1	2,65
	8-7	1130,00	37,66	300	0,53	1,14	0,9485	0,001222	0,04602	1	1,73
	6-7	650,00	21,37	250	0,44	1,181	2,528	0,001941	0,04147	1	0,89
	5-6	630,00	12,30	250	0,25	1,335	2,528	0,002126	0,02615	-1	-0,32
	$\sum Sq =$ поправочный расход Δq II кольца, л/с								0,24210 $\Delta q^{II} =$	$\Delta h =$ -2,06	1,00
III	6-7	650,00	21,37	250	0,44	1,181	2,528	0,001941	0,04147	-1	-0,89
	7-9	170,00	9,87	250	0,2	1,408	2,528	0,000605	0,00597	1	0,06
	9-10	1142,00	25,45	250	0,52	1,144	2,528	0,003303	0,08405	1	2,14
	10-11	846,00	18,91	250	0,39	1,21	2,528	0,002588	0,04894	1	0,93
	6-11	1160,00	25,64	250	0,52	1,144	2,528	0,003355	0,08602	-1	-2,21
	$\sum Sq =$ поправочный расход Δq III кольца, л/с								0,26645 $\Delta q^{III} =$	$\Delta h =$ -0,06	0,03
IV	6-5	630,00	12,30	250	0,25	1,335	2,528	0,002126	0,02615	1	0,32
	6-11	1160,00	25,64	250	0,52	1,144	2,528	0,003355	0,08602	1	2,21
	11-15	626,00	19,13	250	0,39	1,21	2,528	0,001915	0,03665	1	0,70
	5-15	1174,00	30,43	250	0,62	1,108	2,528	0,003288	0,10007	-1	-3,05
	$\sum Sq =$ поправочный расход Δq IV кольца, л/с								0,24888 $\Delta q^{IV} =$	$\Delta h =$ -0,37	0,18
V	4-5	822,00	1,02	250	0,02	2,658	2,528	0,005523	0,00563	-1	-0,01
	5-15	1174,00	30,43	250	0,62	1,108	2,528	0,003288	0,10007	1	3,05
	15-14	832,00	1,83	200	0,06	1,937	8,092	0,013041	0,02386	-1	-0,04
	4-14	1194,00	16,79	200	0,53	1,14	8,092	0,011015	0,18493	-1	-3,11
	$\sum Sq =$ поправочный расход Δq V кольца, л/с								0,31450 $\Delta q^V =$	$\Delta h =$ 0,17	-0,11
VI	11-12	1190,00	12,84	250	0,26	1,323	2,528	0,003980	0,05110	1	0,66
	12-13	1468,00	4,09	150	0,23	1,361	37,11	0,074144	0,30325	1	1,24
	13-14	1148,00	4,52	150	0,26	1,323	37,11	0,056363	0,25476	-1	-1,15
	14-15	832,00	1,83	200	0,06	1,937	8,092	0,013041	0,02386	1	0,04
	11-15	626,00	19,14	250	0,39	1,21	2,528	0,001915	0,03665	-1	-0,70
	$\sum Sq =$ поправочный расход Δq VI кольца, л/с								0,66963 $\Delta q^{VI} =$	$\Delta h =$ -0,07	0,09

Продолжение таблицы 13.8

1-я итерация								2-я итерация					
№ участка	Δq кольца	Δq смежный	$q_{исп}$, л/с	$Sq_{исп}$	знак	$h=Sq^2$	напр.	Δq кольца	Δq смежный	$q_{исп}$, л/с	$Sq_{исп}$	знак	$h=Sq^2$
2-3	-2,01		31,2	0,06865	-1	-2,14	-1	0,61		31,8	0,06999	-1	-2,23
2-5	2,01	2,06	60,5	0,07511	1	4,55	1	-0,61	-0,55	59,4	0,07367	1	4,37
3-4	-2,01		24,5	0,08763	-1	-2,15	-1	0,61		25,1	0,08981	-1	-2,25
4-5	2,01	-0,17	2,9	0,01580	1	0,05	1	-0,61	0,05	2,3	0,01270	1	0,03
				$\Sigma Sq = 0,24718$	$\Delta h = 0,30$					$\Sigma Sq = 0,24618$	$\Delta h = -0,08$		
				поправочный расход Δq I кольца, л/с	$\Delta q^I = -0,61$					поправочный расход Δq I кольца, л/с	$\Delta q^I = 0,16$		
2-5	2,06	2,01	60,5	0,07511	-1	-4,55	-1	-0,55	-0,61	59,4	0,07367	-1	-4,37
2-8	-2,06		43,4	0,05576	1	2,42	1	0,55		43,9	0,05647	1	2,48
8-7	-2,06		35,6	0,04350	1	1,55	1	0,55		36,2	0,04417	1	1,60
6-7	-2,06	0,06	19,4	0,03759	1	0,73	1	0,55	0,43	20,4	0,03949	1	0,80
5-6	2,06	-0,37	14,0	0,02975	-1	-0,42	-1	-0,55	-0,19	13,3	0,02817	-1	-0,37
				$\Sigma Sq = 0,24170$	$\Delta h = -0,27$					$\Sigma Sq = 0,24197$	$\Delta h = 0,13$		
				поправочный расход Δq II кольца, л/с	$\Delta q^{II} = 0,55$					поправочный расход Δq II кольца, л/с	$\Delta q^{II} = -0,28$		
6-7	0,06	-2,06	19,4	0,03759	-1	-0,73	-1	0,43	0,55	20,4	0,03949	-1	-0,80
7-9	-0,06		9,8	0,00594	1	0,06	1	-0,43		9,4	0,00568	1	0,05
9-10	-0,06		25,4	0,08386	1	2,13	1	-0,43		25,0	0,08244	1	2,06
10-11	-0,06		18,9	0,04878	1	0,92	1	-0,43		18,4	0,04767	1	0,88
6-11	0,06	-0,37	25,3	0,08498	-1	-2,15	-1	0,43	-0,19	25,6	0,08578	-1	-2,19
				$\Sigma Sq = 0,26114$	$\Delta h = 0,23$					$\Sigma Sq = 0,26105$	$\Delta h = -0,01$		
				поправочный расход Δq III кольца, л/с	$\Delta q^{III} = -0,43$					поправочный расход Δq III кольца, л/с	$\Delta q^{III} = 0,02$		
6-5	-0,37	2,06	14,0	0,02975	1	0,42	1	-0,19	-0,55	13,3	0,02817	1	0,37
6-11	-0,37	0,06	25,3	0,08498	1	2,15	1	-0,19	0,43	25,6	0,08578	1	2,19
11-15	-0,37	0,07	18,8	0,03608	1	0,68	1	-0,19	0,13	18,8	0,03596	1	0,68
5-15	0,37	0,17	31,0	0,10184	-1	-3,15	-1	0,19	-0,05	31,1	0,10230	-1	-3,18
				$\Sigma Sq = 0,25264$	$\Delta h = 0,09$					$\Sigma Sq = 0,25222$	$\Delta h = 0,06$		
				поправочный расход Δq IV кольца, л/с	$\Delta q^{IV} = -0,19$					поправочный расход Δq IV кольца, л/с	$\Delta q^{IV} = -0,12$		
4-5	-0,17	2,01	2,9	0,01580	-1	-0,05	-1	0,05	-0,61	2,3	0,01270	-1	-0,03
5-15	0,17	0,37	31,0	0,10184	1	3,15	1	-0,05	0,19	31,1	0,10230	1	3,18
15-14	-0,17	-0,07	1,6	0,02074	-1	-0,03	-1	0,05	-0,13	1,5	0,01969	-1	-0,03
4-14	-0,17		16,6	0,18306	-1	-3,04	-1	0,05		16,7	0,18361	-1	-3,06
				$\Sigma Sq = 0,32143$	$\Delta h = 0,03$					$\Sigma Sq = 0,31831$	$\Delta h = 0,06$		
				поправочный расход Δq V кольца, л/с	$\Delta q^V = -0,05$					поправочный расход Δq V кольца, л/с	$\Delta q^V = -0,1$		
11-12	-0,07		12,8	0,05082	1	0,65	1	-0,13		12,6	0,05031	1	0,64
12-13	0,07		4,2	0,30844	1	1,28	1	-0,13		4,0	0,29880	1	1,20
13-14	-0,07		4,5	0,25081	-1	-1,12	-1	0,13		4,6	0,25814	-1	-1,18
14-15	-0,07	-0,17	1,6	0,02074	1	0,03	1	-0,13	0,05	1,5	0,01969	1	0,03
11-15	0,07	-0,37	18,8	0,03608	-1	-0,68	-1	0,13	-0,19	18,8	0,03596	-1	-0,68
				$\Sigma Sq = 0,66689$	$\Delta h = 0,17$					$\Sigma Sq = 0,66290$	$\Delta h = 0,01$		
				поправочный расход Δq VI кольца, л/с	$\Delta q^{VI} = -0,13$					поправочный расход Δq VI кольца, л/с	$\Delta q^{VI} = -0,01$		

13.9. Определение диаметров водоводов, напора насосов и высоты башни для часа максимального водопотребления

Длина водоводов от НСП до точки подключения к водопроводной сети составляет $l_в = 2778$ м, принятый диаметр – 350 мм. По двум водоводам к сети поступает 145,8 л/с. На каждый водовод приходится 72,9 л/с. По таблице Шевелева Ф.А. [2] определяются потери напора i на единицу длины чугунных водоводов диаметром 350 мм для расхода 72,9 л/с. Величина i составляет 0,0025. Тогда потери напора в водоводе определяются по следующей формуле:

$$h_в = i \times l_в = 0,0025 \times 2778 = 6,95 \text{ м}$$

Для определения напора насосов необходимо определить диктующую точку сети. Такой точкой является узел № 10.

Напор насосов определяется по следующей формуле:

$$H_{нас} = Z_д - Z_{нас} + h_{св} + h_в + \Sigma h_c, \quad (м)$$

где $Z_д$ и $Z_{нас}$ – соответственно геодезические отметки диктующей точки и НСП;

$h_{св}$ – свободный напор; $h_{св} = 10 + 4(n - 1)$; n – этажность застройки;

$h_в$ – потери напора во всасывающих водоводах и коммуникациях станции;

Σh_c – суммарные потери напора в водоводах и линиях водопроводной сети от насосной станции до диктующей точки.

Напор насосов для часа максимального водопотребления принят равным: $H_{нас} = 41,2$ м, в соответствии с приведенным ниже расчетом данной водопроводной сети на ЭВМ.

Общая высота водонапорной башни (ствол + бак) определяется по формуле:

$$H_{башни} = Z_д - Z_б + h_{св} + h_в + H_б, \quad (м)$$

где $Z_д$ и $Z_б$ – геодезические отметки диктующей точки и земли в месте установки башни, м;

$h_{св}$ – свободный напор, м;

$h_в$ – потери напора в водоводах и линиях водопроводной сети от башни до диктующей точки, м;

$H_б$ – высота бака башни, м.

Общая высота водонапорной башни (ствол + бак) принята равной: $H_{башни} = 27,3$ м, в соответствии с приведенным ниже расчетом данной водопроводной сети на ЭВМ.

Таблица 13.9

Гидравлический расчет кольцевой водопроводной сети по методу Лобачева-Кросса
на час пожара

№ кольца	Предварительное потокораспределение										
	№ участка	L, м	q, л/с	d, мм	V, м/с	K ₁	S ₀ *10 ⁶	S = S ₀ *K ₁ *L	Sq	знак	h=Sq ²
I	2-3	798,00	49,14	250	1	1,028	2,528	0,002074	0,10193	-1	-5,01
	2-5	1232,00	87,27	300	1,24	0,999	0,9485	0,001167	0,10188	1	8,89
	3-4	1246,00	42,42	250	0,86	1,05	2,528	0,003307	0,14030	-1	-5,95
	4-5	822,00	5,56	250	0,11	1,641	2,528	0,003410	0,01896	-1	-0,11
	ΣSq = 0,36307 поправочный расход Δq I кольца, л/с								Δq ^I = 3,00	Δh = -2,18	
II	2-5	1232,00	87,27	300	1,24	0,999	0,9485	0,001167	0,10188	-1	-8,89
	2-8	1230,00	76,09	300	1,08	1,017	0,9485	0,001186	0,09028	1	6,87
	8-7	1130,00	68,32	300	0,97	1,032	0,9485	0,001106	0,07557	1	5,16
	6-7	650,00	17,55	250	0,36	1,231	2,528	0,002023	0,03550	1	0,62
	5-6	630,00	32,25	250	0,66	1,096	2,528	0,001746	0,05629	-1	-1,82
	ΣSq = 0,35952 поправочный расход Δq II кольца, л/с								Δq ^{II} = -2,71	Δh = 1,95	
III	6-7	650,00	17,55	250	0,36	1,231	2,528	0,002023	0,03550	-1	-0,62
	7-9	170,00	44,34	250	0,9	1,043	2,528	0,000448	0,01987	1	0,88
	9-10	1142,00	40,02	250	0,82	1,058	2,528	0,003054	0,12224	1	4,89
	10-11	846,00	8,48	250	0,17	1,466	2,528	0,003135	0,02659	1	0,23
	6-11	1160,00	41,77	250	0,85	1,052	2,528	0,003085	0,12886	-1	-5,38
	ΣSq = 0,33306 поправочный расход Δq III кольца, л/с								Δq ^{III} = 0,01	Δh = -0,01	
IV	6-5	630,00	32,25	250	0,66	1,096	2,528	0,001746	0,05629	1	1,82
	6-11	1160,00	41,77	250	0,85	1,052	2,528	0,003085	0,12886	1	5,38
	11-15	626,00	4,59	250	0,09	1,732	2,528	0,002741	0,01258	1	0,06
	5-15	1174,00	47,89	250	0,98	1,03	2,528	0,003057	0,14640	-1	-7,01
	ΣSq = 0,34413 поправочный расход Δq IV кольца, л/с								Δq ^{IV} = -0,36	Δh = 0,24	
V	4-5	822,00	5,56	250	0,11	1,641	2,528	0,003410	0,01896	1	0,11
	5-15	1174,00	47,89	250	0,98	1,03	2,528	0,003057	0,14640	1	7,01
	15-14	832,00	6,41	200	0,2	1,408	8,092	0,009479	0,06076	1	0,39
	4-14	1194,00	26,12	200	0,83	1,056	8,092	0,010203	0,26650	-1	-6,96
	ΣSq = 0,49262 поправочный расход Δq V кольца, л/с								Δq ^V = -0,55	Δh = 0,54	
VI	11-12	1190,00	33,08	250	0,67	1,093	2,528	0,003288	0,10877	1	3,60
	12-13	1468,00	0,67	150	0,04	2,173	37,11	0,118380	0,07931	-1	-0,05
	13-14	1148,00	9,28	150	0,53	1,14	37,11	0,048567	0,45070	-1	-4,18
	14-15	832,00	6,41	200	0,2	1,408	8,092	0,009479	0,06076	-1	-0,39
	11-15	626,00	4,59	250	0,09	1,732	2,528	0,002741	0,01258	-1	-0,06
	ΣSq = 0,71213 поправочный расход Δq VI кольца, л/с								Δq ^{VI} = 0,76	Δh = -1,08	

Продолжение таблицы 13.9

1-я итерация							2-я итерация					
№ участка	Δq кольца	Δq смежный	$q_{исп}$, л/с	$Sq_{исп}$	знак	$h=Sq^2$	Δq кольца	Δq смежный	$q_{исп}$, л/с	$Sq_{исп}$	знак	$h=Sq^2$
2-3	-3		46,2	0,09571	-1	-4,42	0,76		46,9	0,09728	-1	-4,56
2-5	3	2,71	93,0	0,10854	1	10,09	-0,76	-0,82	91,4	0,10670	1	9,75
3-4	-3		39,4	0,13038	-1	-5,14	0,76		40,2	0,13289	-1	-5,34
4-5	-3	-0,55	2,0	0,00685	-1	-0,01	0,76	0,04	2,8	0,00958	-1	-0,03
$\sum Sq = 0,34148$ поправочный расход Δq I кольца, л/с							$\sum Sq = 0,34645$ $\Delta q^I = 0,26$					
2-5	2,71	3	93,0	0,10854	-1	-10,09	-0,82	-0,76	91,4	0,10670	-1	-9,75
2-8	-2,71		73,4	0,08706	1	6,39	0,82		74,2	0,08804	1	6,53
8-7	-2,71		65,6	0,07257	1	4,76	0,82		66,4	0,07348	1	4,88
6-7	-2,71	-0,01	14,8	0,03000	1	0,44	0,82	0,41	16,1	0,03249	1	0,52
5-6	2,71	-0,36	34,6	0,06040	-1	-2,09	-0,82	-0,66	33,1	0,05781	-1	-1,91
$\sum Sq = 0,35857$ поправочный расход Δq II кольца, л/с							$\sum Sq = 0,35851$ $\Delta q^{II} = -0,37$					
6-7	-0,01	-2,71	14,8	0,03000	-1	-0,44	0,41	0,82	16,1	0,03249	-1	-0,52
7-9	0,01		44,4	0,01988	1	0,88	-0,41		43,9	0,01970	1	0,87
9-10	0,01		40,0	0,12227	1	4,89	-0,41		39,6	0,12102	1	4,79
10-11	0,01		8,5	0,02662	1	0,23	-0,41		8,1	0,02533	1	0,20
6-11	-0,01	-0,36	41,4	0,12772	-1	-5,29	0,41	-0,66	41,2	0,12695	-1	-5,22
$\sum Sq = 0,32648$ поправочный расход Δq III кольца, л/с							$\sum Sq = 0,32548$ $\Delta q^{III} = -0,18$					
6-5	-0,36	2,71	34,6	0,06040	1	2,09	-0,66	-0,82	33,1	0,05781	1	1,91
6-11	-0,36	-0,01	41,4	0,12772	1	5,29	-0,66	0,41	41,2	0,12695	1	5,22
11-15	-0,36	-0,76	3,5	0,00951	1	0,03	-0,66	-0,04	2,8	0,00759	1	0,02
5-15	0,36	-0,55	47,7	0,14581	-1	-6,96	0,66	0,04	48,4	0,14795	-1	-7,16
$\sum Sq = 0,34344$ поправочный расход Δq IV кольца, л/с							$\sum Sq = 0,34031$ $\Delta q^{IV} = 0,00$					
4-5	-0,55	-3	2,0	0,00685	1	0,01	0,04	0,76	2,8	0,00958	1	0,03
5-15	-0,55	0,36	47,7	0,14581	1	6,96	0,04	0,66	48,4	0,14795	1	7,16
15-14	-0,55	-0,76	5,1	0,04835	1	0,25	0,04	-0,04	5,1	0,04835	1	0,25
4-14	0,55		26,7	0,27211	-1	-7,26	-0,04		26,6	0,27170	-1	-7,24
$\sum Sq = 0,47313$ поправочный расход Δq V кольца, л/с							$\sum Sq = 0,47759$ $\Delta q^V = -0,21$					
11-12	0,76		33,8	0,11127	1	3,77	0,04		33,9	0,11140	1	3,77
12-13	-0,76		-0,1	-0,01065	-1	0,00	-0,04		-0,1	-0,01539	-1	0,00
13-14	-0,76		8,5	0,41379	-1	-3,53	-0,04		8,5	0,41184	-1	-3,49
14-15	-0,76	-0,55	5,1	0,04835	-1	-0,25	-0,04	0,04	5,1	0,04835	-1	-0,25
11-15	-0,76	-0,36	3,5	0,00951	-1	-0,03	-0,04	-0,66	2,8	0,00759	-1	-0,02
$\sum Sq = 0,57226$ поправочный расход Δq VI кольца, л/с							$\sum Sq = 0,56379$ $\Delta q^{VI} = -0,01$					

$h_{\text{в}}$ – потери напора во всасывающих водоводах и коммуникациях станции;

Σh_c – суммарные потери напора в водоводах и линиях водопроводной сети от насосной станции до диктующей точки.

Напор насосов для часа пожара принят равным: $H_{\text{нас}} = 51,4$ м.

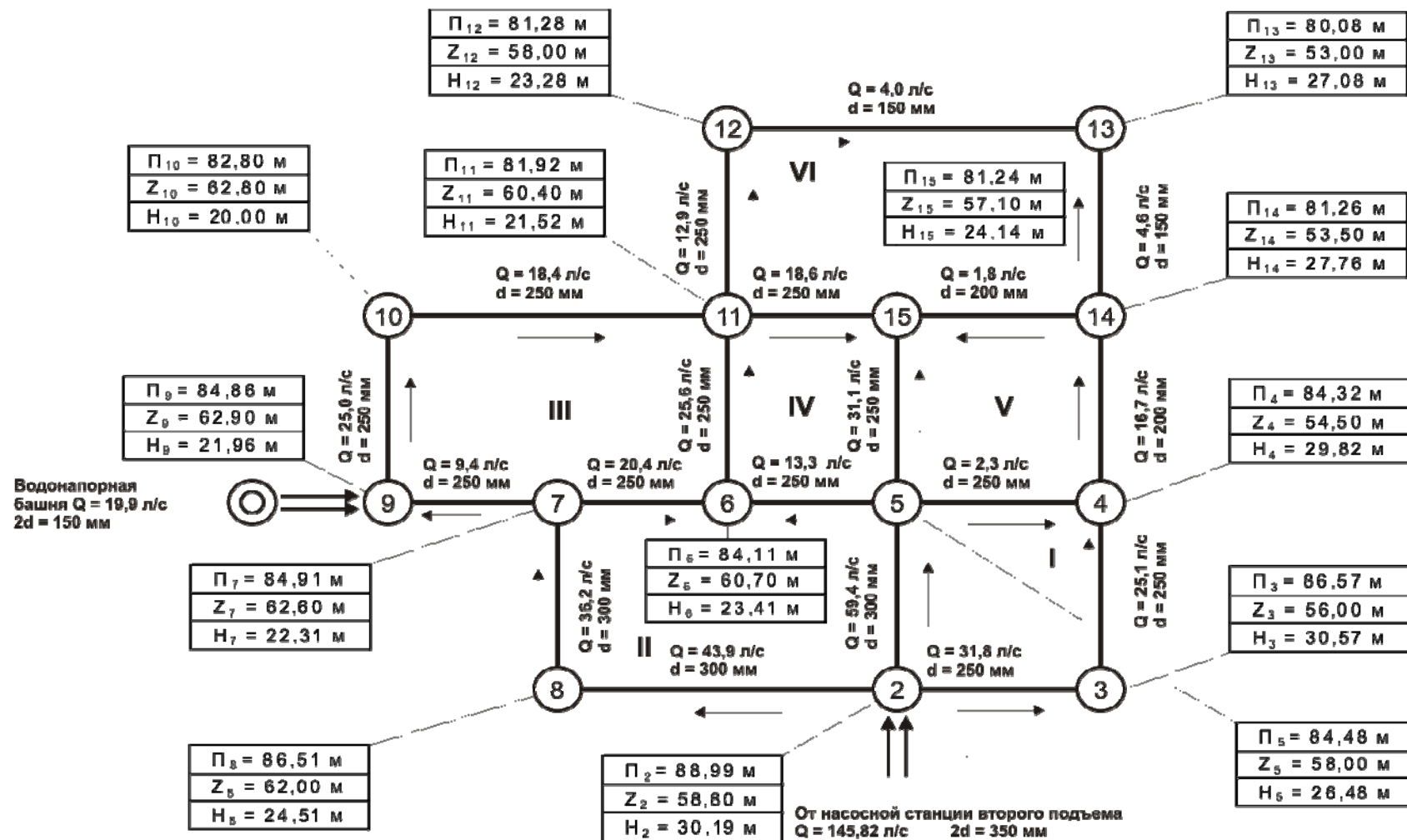


Рис. 14.1. Пьезометрическая карта водопроводной сети на час максимального водопотребления:
 Π – пьезометрическая отметка; Z – отметка поверхности земли; H – фактический напор.

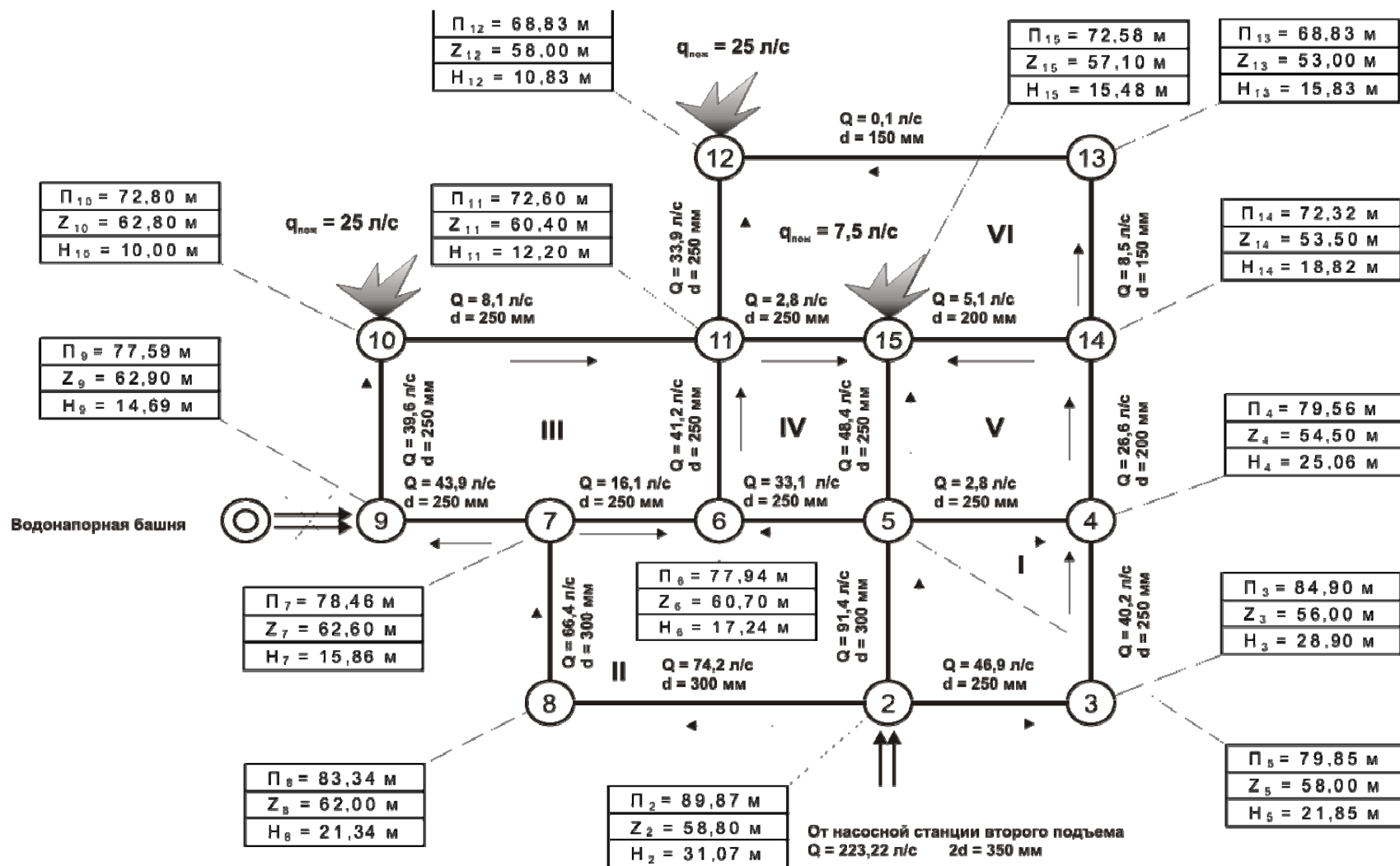


Рис. 14.2. Пьезометрическая карта водопроводной сети на час пожара: П – пьезометрическая отметка; Z – отметка поверхности земли; H – фактический напор.

Рис. 14.3. Пьезометрический профиль по контуру водопроводной сети.

14. Подбор насосного оборудования

Для часа максимального водопотребления : насос RI TZ в количестве 3 шт., марка насоса RITZ ES 125-400.2, производство Германия, $Q = 48,6$ л/с, $H = 41,2$ м, $N = 37$ кВт, КПД = 74,1 %, диаметр рабочего колеса – 346 мм.

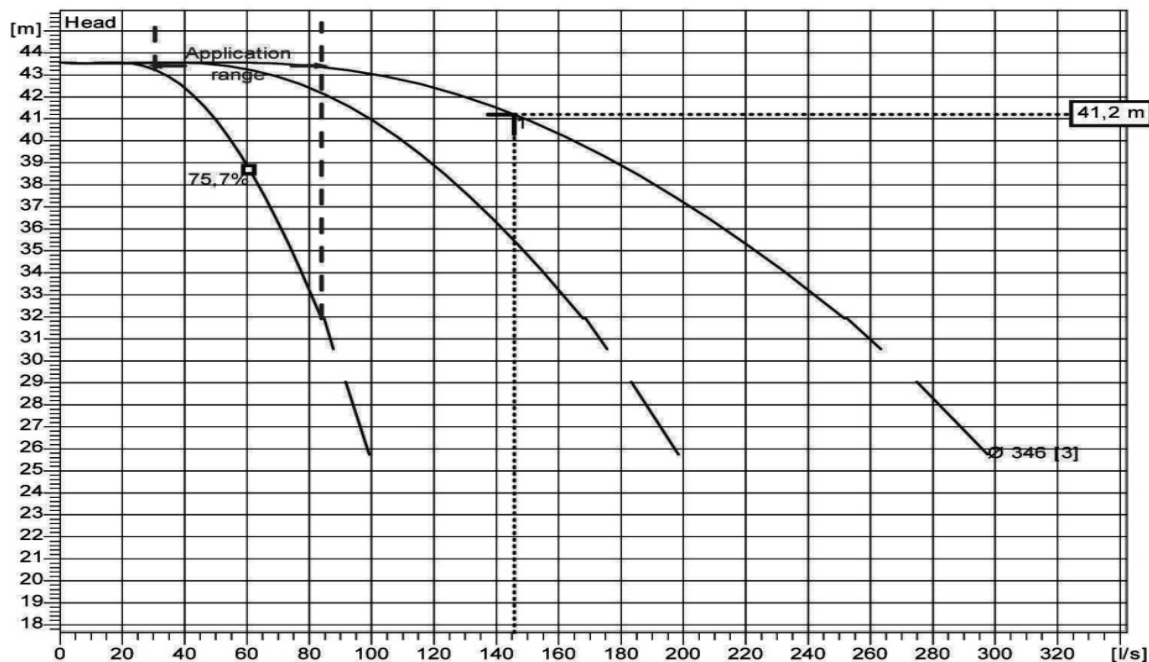


Рис. 15.1. Q – H характеристика рабочих насосов НСП.

Для часа максимального водопотребления + пожар : насос RITZ в количестве 1 шт., марка насоса RITZ ES 250-400, производство Германия, $Q = 223,2$ л/с, $H = 51,4$ м, $N = 170$ кВт, КПД = 83,2 %, диаметр рабочего колеса – 400 мм.

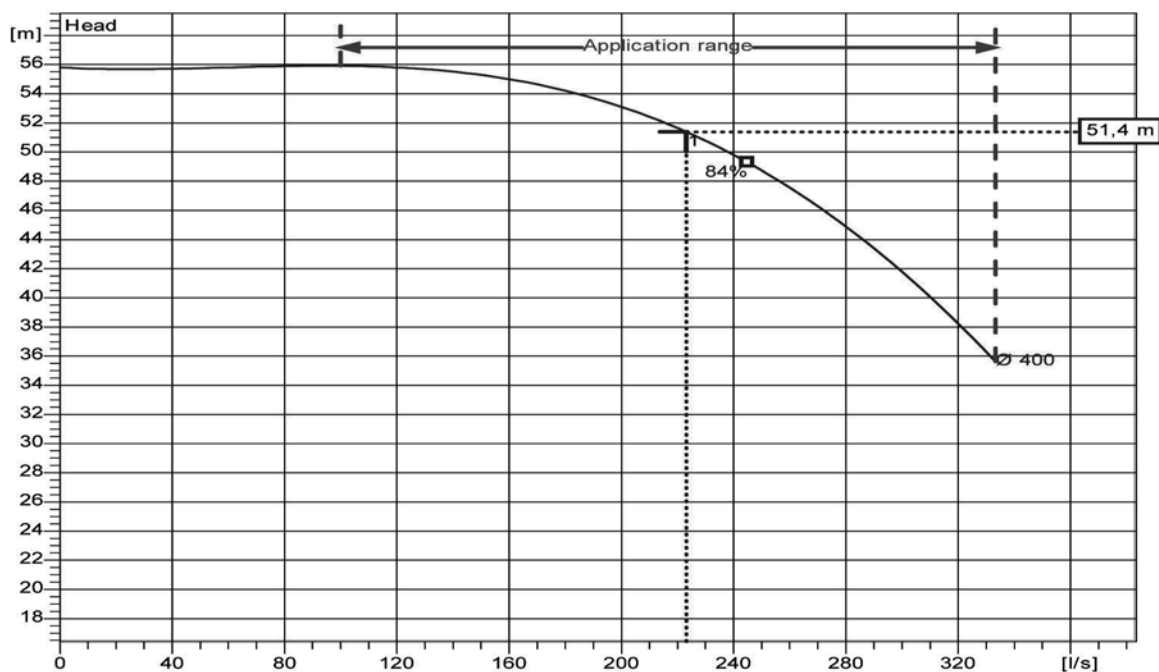


Рис. 15.2. Q – H характеристика пожарного насоса.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. М.: Стройиздат, 2002.
2. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб. М.: Стройиздат, 1995.
3. СНиП 2.09.03-85. Сооружения промышленных предприятий. М.: Стройиздат, 1985.
4. Абрамов Н.Н., Поспелова М.М., Сомов М.А. Расчет водопроводных сетей. М.: Стройиздат, 1985.
5. Сомов М.А., Журба М.Г. Водоснабжение. М.: АСВ, 2008.

[illegible]

Продолжение приложения 2

Часы суток	$K_{ч. max}, \%$										
	1,72	1,74	1,78	1,8	1,82	1,84	1,87	1,9	1,95	1,98	2
0-1	2,50	2,50	2,28	2,20	2,20	2,20	2,40	2,20	2,00	2,00	1,90
1-2	2,30	2,30	2,10	2,14	2,20	2,20	2,10	2,00	1,90	1,80	1,90
2-3	2,30	2,30	2,10	2,14	2,20	2,20	2,10	2,00	1,90	1,80	1,90
3-4	2,30	2,30	2,10	2,14	2,20	2,20	2,10	2,00	1,90	1,80	1,90
4-5	2,30	2,30	2,10	2,14	2,20	2,20	2,10	2,00	1,90	1,80	1,90
5-6	2,30	2,30	2,30	2,32	2,30	2,20	2,10	2,50	2,50	2,20	2,00
6-7	3,40	3,40	3,30	3,20	3,20	3,10	4,00	4,00	3,70	3,50	3,40
7-8	3,70	3,70	3,70	4,00	4,00	5,50	6,20	6,80	7,40	7,60	7,40
8-9	4,70	4,60	4,60	4,60	4,50	4,00	4,00	4,00	4,00	4,30	4,30
9-10	4,80	4,80	4,70	4,40	4,00	3,70	3,50	3,50	3,20	3,20	3,20
10-11	4,70	4,70	4,30	4,30	4,00	3,80	3,50	3,50	3,20	3,20	3,20
11-12	3,80	3,80	4,00	4,00	4,30	4,40	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
12-13	3,80	3,80	4,40	4,70	5,50	5,00	5,50	6,00	7,00	7,60	7,90
13-14	4,80	4,80	4,80	4,50	4,50	4,50	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
14-15	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	3,80	3,50	3,40	3,20	3,20
15-16	4,82	4,70	4,80	4,70	4,50	4,50	4,50	4,10	4,00	3,60	3,40
16-17	5,70	5,65	5,60	5,60	4,80	4,80	4,70	4,70	4,20	4,20	4,20
17-18	7,16	7,25	7,38	7,50	5,40	5,40	5,40	5,00	5,60	5,60	5,70
18-19	7,16	7,25	7,42	7,50	7,58	7,67	7,79	7,92	8,12	8,25	8,33
19-20	7,16	7,25	7,42	7,50	7,58	7,67	7,79	7,92	8,12	8,25	8,33
20-21	4,80	4,80	4,80	5,00	7,58	7,60	7,62	7,66	7,76	7,90	7,94
21-22	4,00	4,00	4,00	4,12	4,00	4,00	4,00	4,20	4,40	4,40	4,30
22-23	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,40	3,40	3,30
23-24	3,20	3,20	3,50	3,00	2,96	2,86	2,80	2,50	2,20	2,20	2,20
Σ	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Приложение 3

Расходы воды на механизированную мойку и поливку вручную
усовершенствованных покрытий проездов и площадей

Назначение воды	Измеритель	Расход воды на поливку, л/м ²
Механизированная мойка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	1 мойка	1,2 – 1,5
Механизированная поливка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	1 поливка	0,3 – 0,4
Поливка вручную (из шлангов) усовершенствованных покрытий тротуаров и проездов	То же	0,4 – 0,5
Поливка городских зеленых насаждений	“	3 – 4
Поливка газонов и цветников	“	4 – 6
Поливка посадок в грунтовых зимних теплицах	1 сут	15

Поливка посадок в стеллажных зимних и грунтовых весенних теплицах, парниках всех типов, утепленном грунте	То же	6
Поливка посадок на приусадебных участках: овощных культур плодовых деревьев	“	3 – 15
	“	10 – 15

Приложение 4

Расходы воды на наружное пожаротушение в населенном пункте

Число жителей в населенном пункте, тыс. чел.	Расчетное количество одновременных пожаров	Расход воды на наружное пожаротушение в населенном пункте на один пожар, л/с	
		застройка зданиями высотой до двух этажей включительно независимо от степени их огнестойкости	застройка зданиями высотой три этажа и выше независимо от степени их огнестойкости
До 1	1	5	10
Св. 1 “ 5	1	10	10
“ 5 “ 10	1	10	15
“ 10 “ 25	2	10	15
“ 25 “ 50	2	20	25
“ 50 “ 100	2	25	35
“ 100 “ 200	3	—	40
“ 200 “ 300	3	—	55
“ 300 “ 400	3	—	70
“ 400 “ 500	3	—	80
“ 500 “ 600	3	—	85
“ 600 “ 700	3	—	90
“ 700 “ 800	3	—	95
“ 800 “ 1000	3	—	100

Приложение 5

Расходы воды на наружное пожаротушение производственных зданий с фонарями

Степень огнестойкости зданий	Категория помещений по пожарной опасности	Расход воды на наружное пожаротушение производственных зданий с фонарями, а также без фонарей шириной до 60 м на один пожар, л/с, при объемах зданий, тыс. м ³						
		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 и II	Г, Д,	10	10	10	10	15	20	25

I и II	А, Б, В	10	10	15	20	30	35	40
III	Г, Д	10	10	15	25	35	—	—
III	В	10	15	20	30	40	—	—
IV и V	Г, Д	10	15	20	30	—	—	—
IV и V	В	15	20	25	40	—	—	—

Приложение 6

Расходы воды на наружное пожаротушение
производственных зданий без фонарей

Степень огнестойкост и зданий	Категория помещений по пожарной опасности	Расход воды на наружное пожаротушение производственных зданий без фонарей шириной 60 м и более на один пожар, л/с, при объемах зданий, тыс. м ³								
		до 50	св. 50 до 100	св. 100 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 и II	А, Б, В	20	30	40	50	60	70	80	90	100
I и II	Г, Д, Е	10	15	20	25	30	35	40	45	50

Приложение 7

Параметры типовых водонапорных башен

№	Тип башни	Емкость бака, м ³	Диаметр бака, м	Высота ствола башни, м	Номер типового проекта
1	Бесшатровая водонапорная башня со стальным баком и стволом из унифицированных сборных железобетонных элементов	100	5,7	24,0	901 – 5 – 40.87
		200	6,9	30,0	901 – 5 – 42.87
		300	8,1	36,0	901 – 5 – 44.87
2	Водонапорная башня со стальным баком и стволом из сборных железобетонных элементов	500		36,0	901 – 5 – 47.90
		500		42,0	901 – 5 – 48.90
		800		42,0	901 – 5 – 49.90
		800		48,0	901 – 5 – 50.90

Приложение 8

**Резервуары чистой воды железобетонные
прямоугольные по типовому проекту № 901 – 4 – 63.83**

Высота резервуара, м	Емкость, м ³	Размеры основания, м
3,64	500	12×12
	700	12×18
	1000	12×24
	1200	12×30
4,84	1400	18×18
	1900	18×24
	2400	18×30
	2500	24×24
	3200	24×30
	3900	24×36

Приложение 9

**Диапазоны расходов воды и значения удельного сопротивления
для новых стальных и чугунных водопроводных труб**

Диаметр труб, мм	Трубы стальные электросварные		Трубы чугунные напорные	
	Расходы, л/с	Удельное сопротивление S_0 , (для Q в м ³ /с)	Расходы, л/с	Удельное сопротивление S_0 , (для Q в м ³ /с)
100	8,3 – 11,75	$119,8 \cdot 10^{-6}$	5,9 – 9,3	$276,1 \cdot 10^{-6}$
150	16,5 – 21,0	$22,04 \cdot 10^{-6}$	14,75 – 24	$34,09 \cdot 10^{-6}$
200	29,0 – 47,0	$5,149 \cdot 10^{-6}$	24,5 – 43	$7,399 \cdot 10^{-6}$
250	48,0 – 72,0	$1,653 \cdot 10^{-6}$	44 – 73	$2,299 \cdot 10^{-6}$
300	73,0 – 104,0	$0,6619 \cdot 10^{-6}$	74 – 106	$0,8336 \cdot 10^{-6}$
350	106,0 – 140,0	$0,2948 \cdot 10^{-6}$	108 – 146	$0,4151 \cdot 10^{-6}$
400	142,0 – 185,0	$0,1483 \cdot 10^{-6}$	148 – 196	$0,2085 \cdot 10^{-6}$
450	187,0 – 236,0	$0,08001 \cdot 10^{-6}$	198 – 256	$0,1134 \cdot 10^{-6}$
500	238,0 – 312,0	$0,04692 \cdot 10^{-6}$	258 – 352	$0,06479 \cdot 10^{-6}$
600	316,0 – 440,0	$0,01859 \cdot 10^{-6}$	356 – 530	$0,02493 \cdot 10^{-6}$
700	445,0 – 580,0	$0,009119 \cdot 10^{-6}$	540 – 730	$0,01111 \cdot 10^{-6}$
800	590,0 – 780,0	$0,004622 \cdot 10^{-6}$	740 – 960	$0,005452 \cdot 10^{-6}$
900	790,0 – 980,0	$0,002504 \cdot 10^{-6}$	970 – 1260	$0,002937 \cdot 10^{-6}$
1000	990,0 – 1340,0	$0,001447 \cdot 10^{-6}$	1280 – 1720	$0,001699 \cdot 10^{-6}$

Приложение 10

**Поправочные коэффициенты K_1 к расчетным значениям S_0
для новых стальных и чугунных водопроводных труб**

$V, \text{ м/с}$	Значение K_1		$V, \text{ м/с}$	Значение K_1		$V, \text{ м/с}$	Значение K_1	
	сталь	чугун		сталь	чугун		сталь	чугун
0,5	1,08	1,163	1,55	0,966	0,922	2,5	0,939	0,856
0,55	1,067	1,138	1,6	0,963	0,917	2,55	0,938	0,854
0,6	1,056	1,116	1,65	0,961	0,912	2,6	0,937	0,852
0,65	1,046	1,096	1,7	0,96	0,908	2,65	0,936	0,85
0,7	1,037	1,078	1,75	0,958	0,904	2,7	0,936	0,847

0,75	1,029	1,062	1,8	0,956	0,899	2,75	0,935	0,845
0,8	1,022	1,047	1,85	0,955	0,895	2,8	0,934	0,843
0,85	1,016	1,034	1,9	0,953	0,892	2,85	0,933	0,841
0,9	1,01	1,022	1,95	0,952	0,888	2,9	0,933	0,84
1,05	0,996	0,991	2	0,95	0,885	2,95	0,932	0,838
1,1	0,992	0,982	2,05	0,949	0,881	3	0,931	0,836
1,15	0,988	0,973	2,1	0,947	0,878	3,05	0,931	0,834
1,2	0,984	0,966	2,15	0,946	0,875	3,1	0,93	0,833
1,25	0,981	0,958	2,2	0,945	0,872	3,15	0,929	0,831
1,3	0,978	0,951	2,25	0,944	0,869	3,2	0,929	0,829
1,35	0,975	0,945	2,3	0,943	0,866	3,25	0,928	0,828
1,4	0,973	0,939	2,35	0,942	0,864	3,3	0,928	0,826
1,45	0,97	0,933	2,4	0,941	0,861	3,35	0,927	0,825
1,5	0,968	0,927	2,45	0,94	0,859	3,4	0,927	0,824

Приложение 11

Поправочные коэффициенты K_I к расчетным значениям S_0
для неновых стальных и чугунных водопроводных труб

$V, \text{м/с}$	K_I	$V, \text{м/с}$	K_I	$V, \text{м/с}$	K_I	$V, \text{м/с}$	K_I	$V, \text{м/с}$	K_I
0,5	1,152	1,25	0,998	2	0,949	2,75	0,925	3,5	0,91
0,55	1,132	1,3	0,993	2,05	0,947	2,8	0,924	3,55	0,91
0,6	1,114	1,35	0,989	2,1	0,945	2,85	0,923	3,6	0,909
0,65	1,099	1,4	0,985	2,15	0,943	2,9	0,922	3,65	0,908
0,7	1,085	1,45	0,981	2,2	0,941	2,95	0,92	3,7	0,908
0,75	1,073	1,5	0,977	2,25	0,94	3	0,919	3,75	0,907
0,8	1,062	1,55	0,973	2,3	0,938	3,05	0,918	3,8	0,906
0,85	1,052	1,6	0,97	2,35	0,936	3,1	0,917	3,85	0,906
0,9	1,043	1,65	0,967	2,4	0,935	3,15	0,916	3,9	0,905
0,95	1,035	1,7	0,964	2,45	0,933	3,2	0,916	3,95	0,904
1	1,028	1,75	0,961	2,5	0,932	3,25	0,915	4	0,904
1,05	1,021	1,8	0,959	2,55	0,93	3,3	0,914	4,05	0,903
1,1	1,014	1,85	0,956	2,6	0,929	3,35	0,913	4,1	0,902
1,15	1,008	1,9	0,954	2,65	0,928	3,4	0,912	4,15	0,902
1,2	1,003	1,95	0,951	2,7	0,926	3,45	0,911	4,2	0,901

Содержание

1.	Исходные данные для проектирования	3
2.	Объем и состав курсового проекта	4
3.	Расчет общего водопотребления населенного пункта	5
3.1.	Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения	5
3.2.	Расход воды на мойку усовершенствованных покрытий проездов и площадей	6
3.3.	Расход воды на нужды местной промышленности	7
3.4.	Расход воды на нужды промышленного предприятия	7
3.5.	Расход воды на нужды пожаротушения	9
4.	Построение графиков водопотребления населенного пункта и работы насосов НСИ и НСП	10
5.	Определение емкости и размеров бака водонапорной башни	11
6.	Определение емкости резервуаров чистой воды	13
7.	Схема водоснабжения населенного пункта и трассировка сети	14
8.	Подготовка сети к гидравлическому расчету	16
8.1.	Определение основных расчетных режимов работы системы подачи и распределения воды	16
8.2.	Определение путевых расходов и узловых отборов из сети	17
8.3.	Предварительное потокораспределение и назначение диаметров труб	18
9.	Гидравлические расчеты водопроводной сети населенного пункта	21
9.1.	Гидравлический расчет (увязка) водопроводной сети населенного пункта на час максимального водопотребления	21
9.2.	Гидравлический расчет (увязка) водопроводной сети населенного пункта на час максимального транзита в башню	23
9.3.	Гидравлический расчет (увязка) водопроводной сети населенного пункта на час максимального водопотребления + пожар	23
10.	Определение диаметров водоводов, напора насосов и высоты водонапорной башни	25
11.	Составление пьезокарт и построение графика пьезометрических линий	25
12.	Подбор насосов насосной станции II подъема	26
13.	Пример расчета водопроводной сети населенного пункта	27
13.1.	Исходные данные для проектирования	27
13.2.	Расчет общего водопотребления населенного пункта	28
13.2.1.	Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения	28
13.2.2.	Расход воды на мойку усовершенствованных покрытий проездов и площадей и полив зеленых насаждений	28
13.2.3.	Расход воды на нужды местной промышленности	29
13.2.4.	Расход воды на нужды промышленного предприятия	29
13.2.5.	Расход воды на нужды пожаротушения	31
13.3.	Построение графиков водопотребления населенного пункта и работы насосов НСИ и НСП	31
13.4.	Определение емкости и размеров бака водонапорной башни	33
13.5.	Определение емкости резервуаров чистой воды	35
13.6.	Трассировка водопроводной сети	36
13.7.	Подготовка сети к гидравлическому расчету	37
13.8.	Гидравлический расчет (увязка) водопроводной сети населенного пункта на час максимального водопотребления	41

13.9.	Определение диаметров водоводов, напора насосов и высоты башни для часа максимального водопотребления	45
13.10.	Гидравлический расчет (увязка) водопроводной сети населенного пункта на час максимального водопотребления + пожар	46
13.11.	Определение диаметров водоводов, напора насосов и высоты башни для часа максимального водопотребления + пожар	49
14.	Подбор насосного оборудования	54
	Литература	55
	Приложения	56

ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ
КУРСОВОГО ПРОЕКТА «ВОДОЗАБОРНОЕ СООРУЖЕНИЕ НА РЕКЕ»

МОСКВА 2008

ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ
КУРСОВОГО ПРОЕКТА «ВОДОЗАБОРНОЕ СООРУЖЕНИЕ НА ОЗЕРЕ
(ИЛИ ВОДОХРАНИЛИЩЕ)»

МОСКВА 2008

ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ
КУРСОВОГО ПРОЕКТА «ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ
ПОДЗЕМНЫХ ВОД»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА «ВОДОПРОВОДНЫЕ
ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ»**

Москва 2009

Рабочей программой предусмотрено выполнение 3 курсовых проектов, темы и содержание которых приведены ниже.

Раздел дисциплины	Наименование курсового проекта и его содержание
1 – 12	«Водопроводные сети»
	В состав проекта входит выбор системы и составление схемы водоснабжения объектов в целом, выбор места расположения водозаборных сооружений, насосных станций, регулирующих емкостей и трассировка кольцевой магистральной водопроводной сети (в соответствии с планом объекта).
	Определение общего объема водопотребления и расчетных расходов воды: предварительное распределение расходов воды по сети с удовлетворением требований надежности, определение наивыгоднейших диаметров труб расчетных участков магистральной сети и водоводов, выполнение гидравлического расчета сети и водоводов на основные расчетные случаи (частично с использованием ЭВМ).
	Определение расчетной величины подачи и напора насосов и подбор марки насосов.
	Определение пьезометрических отметок, свободных напоров в характерных узлах сети, объема бака башни и емкости резервуаров. Выполнение проверочных расчетов сети при пожаротушении и аварии на сети и водоводов при выбранном насосном оборудовании (с использованием ЭВМ).
13 – 14	Выбор типа используемых труб; составление детализировки характерных узлов сети и разработка рабочего чертежа водопроводного колодца (камеры и других сооружений).
	<i>Объем проекта:</i> 1-2 листа чертежей и пояснительная записка 25-30 стр. с необходимыми расчетами и кратким описанием конструктивного решения СПРВ.
	«Водозаборные сооружения»
	В состав проекта входит обоснование выбора места расположения и типа водозаборных сооружений, их компоновки и конструктивных форм; гидравлические расчеты, определяющие размеры сооружений и выбор основного технологического оборудования водозабора; расчет сооружений на устойчивость.
	В пояснительной записке дается также описание рыбозащитных устройств, приводятся соображения о методах производства работ по строительству основных сооружений и определение стоимости водозаборных сооружений.
	Графические материалы включают: план участка источника и разрез по створу водозабора с нанесением схемы водозаборных сооружений, а также планы и разрезы. При использовании подземных источников приводится расчет с использованием ЭВМ совместной работы скважин насосной станции.
	<i>Объем проекта:</i> 1-1,5 листа чертежей и 15-20 стр. пояснительной записки.

«Водопроводные очистные сооружения»

В состав проекта входит выбор и технико-экономическое обоснование методов технологической схемы и состава очистных сооружений.

Построение высотной схемы, выбор и определение доз реагентов.

15 – 26

Расчет основных сооружений: генплан и высотная схема очистной станции.

Схемы сооружений для обработки промывных вод.

Расчетно-пояснительная записка содержит обоснование и расчеты принятых решений, а также расчеты по определению себестоимости 1 м³ очищенной воды.

Объем проекта: 2 листа чертежей и расчетно-пояснительная записка 25-30 стр.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
**Институт энергетического, водохозяйственного и природоохранного
строительства
(ИЭВПС МГСУ)**
Кафедра водоснабжения

ЗАДАНИЕ

и методические указания для выполнения курсового проекта
«Водопроводные очистные сооружения»
для студентов ф-та ВиВ

студенту
курса группы
Руководитель проекта
Выдано «.....» 200... г.
Срок сдачи «.....» 200... г.

ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1. Географическое местоположение проектируемого объекта.

2. Источник водоснабжения:

- река;
- водохранилище;
- подземные воды.

3. Назначение станции:

- хозяйственно-питьевые нужды;
- производственные нужды.

4. Полезная производительность станции _____ м³/сут.

5. Число часов работы станции в сутки _____.

6. Выписка из анализа воды источника водоснабжения:

Показатель	Единица измерения	Результат анализа
1	2	3
Мутность (взв. вещества)	мг/л	
Цветность	град.	
Запах	балл	
Привкус	-“-	
pH	ед.	
Жесткость: (Ca + Mg)		
- общая	мг-экв/л	
- карбонатная	-“-	
Щелочность: (ОН + НСО ₃ + СО ₃)	мг-экв/л	
- общая	-“-	
- бикарбонатная	-“-	
- карбонатная	мг/л	
Кальций (Ca)	-“-	
Хлориды (Cl)	-“-	
Сульфаты (SO ₄)	-“-	
Кремний (SiO ₃)	-“-	
Фтор-ион (F)	-“-	
Железо (Fe)		
- общее	-“-	
- окисное	-“-	
Окисляемость	мг О ₂ /л	
Углекислота		
- свободная	мг/л	
- гидрокарбонатная	-“-	
- агрессивная	-“-	
Колититр	ед.	
Планктон, число кл. в 1 мл	ед.	

7. Обработанная вода должна соответствовать требованиям ГОСТа, а также быть: умягченной, обессоленной, обескремненной, обесфторенной или со сниженной окисляемостью.

СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТА

Целью курсового проекта является разработка комплекса очистных сооружений городского водопровода или крупного промышленного предприятия.

Проект должен состоять из расчетно-пояснительной записки и графических материалов.

Расчетно-пояснительная записка

В расчетно-пояснительной записке следует дать полное описание запроектированной станции очистки воды, обосновать выбор методов очистки, а также выбор типа в компоновки очистных сооружений, необходимо полностью разработать технологическую схему улучшения качества воды, выполнить гидравлические и технологические расчеты всех сооружений, аппаратов и коммуникаций (смесителей, камер хлопьеобразования, отстойников, флотаторов, фильтров и т.п.), определить строительные затраты, эксплуатационные расходы и себестоимость 1 м³ воды.

Пояснительная записка должна состоять из четырех основных разделов: описание станции, технологические и гидравлические расчеты, эксплуатационные характеристики сооружений, описание передовых мероприятий по охране окружающей среды. Содержание разделов записки и последовательность их изложения следующие:

Описание станции

Следует дать краткое описание выбранной площадки для станции (местоположение, рельеф, грунты) в обосновать выбор.

При этом необходимо учитывать условие незатопляемости территории, требования противопожарной безопасности, предусмотреть подъездные пути, теплоснабжение, канализование, электроснабжение и возможное расширение станции в перспективе.

Технологическая схема улучшения качества воды и обработка осадков

На основании сопоставления данных задания о качестве исходной воды источника водоснабжения и стандарта на питьевую воду или требований технологии промпредприятия обосновать выбор сооружений (с указанием их типа) и методов улучшения качества воды.

Схема движения воды

Описать последовательность прохождения воды по сооружениям, указать скорости движения воды в трубопроводах, в сооружениях; в лотках и каналах, места ввода реагентов; способ удаления промывной воды и осадка. Разработать высотно-технологическую схему движения воды.

Эксплуатация сооружений

Кратко изложить особенности эксплуатации предложенных в проекте сооружений и реагентного хозяйства.

Технологические расчеты

Задача технологических расчетов - определить размеры всех проектируемых водоочистных сооружений, их конструктивных деталей, коммуникаций

(трубопроводов и каналов), обслуживающих сооружения, и арматуры, а также конструктивных деталей оборудования реагентного хозяйства.

Технические расчеты должны производиться по нормативным данным, указанным в СНиП 2.04.02-84*, а также по курсу лекций и рекомендуемым пособиям.

Экономические расчеты

Обязательными элементами проекта являются расчеты строительной стоимости проектируемой очистной станции, эксплуатационные сметы и определение себестоимости очистки 1 куб.м воды. Кроме того, в проекте (по заданию преподавателя) даётся технико-экономическое сравнение вариантов проектных решений того или иного типа сооружений.

Экономические расчеты ведутся по укрупнённым показателям и ценникам.

Мероприятия по охране окружающей среды

Водопроводные очистные станции представляют собой сооружения, исходным сырьем и конечным продуктом которых является вода. Загрязнение окружающей среды может быть вызвано только сбросом в водоем промывных вод и осадка, а также попаданием в водоем реагентов, используемых на станции водоочистки.

Поэтому в расчетно-пояснительной записке должен присутствовать раздел о разработке мероприятий по охране окружающей среды, предусматривающих повторное использование промывных вод и утилизацию осадка. В проекте должны содержаться описание и расчет сооружений повторного использования промывных вод.

Графические материалы

В проекте должны быть представлены чертежи (планы и разрезы) станции очистки воды, на которых необходимо изобразить строительные конструкции станции и её основных сооружений, показать общую компоновку станции, тип, размеры, взаимное расположение отдельных сооружений, расположение коммуникаций, трубопроводов и арматуры. При этом необходимо учитывать требования эксплуатации и техники безопасности.

В состав чертежей входят:

1. Генеральный план водопроводных очистных сооружений (М 1:500), на котором следует показать расположение всех зданий и сооружений станции, включая и вспомогательные здания (управления, мастерские, котельную, склад хлора, песковое хозяйство и т.п.), а также сооружения повторного использования промывных вод. На генеральном плане должны быть указаны проезды по территории станции, подъездные пути, озеленение, а также основные линии водопроводов, канализации, водостоков и других инженерных коммуникаций, размеры основных сооружений.

2. План сооружений (М 1:50; 1:100), на котором необходимо представить склад коагулянта, реагентный цех, микрофильтры, смеситель, камеры хлопьеобразования, отстойники, фильтры, резервуары чистой воды и обслуживающие их коммуникации. План следует дать в нескольких плоскостях с тем, чтобы на одном чертеже были наиболее полно показаны тип сооружений, их конструктивные элементы и размеры, узлы трубопроводов и их взаимное размещение. Например, показывая на плане фильтры, одну часть отделений надо дать в плоскости пола здания фильтров, - другую - в плоскости расположения загрузки. В первом случае будут показаны переливные жалоба, их расположение и размеры в плане, во втором - устройство и размеры дренажной системы, в третьем - фильтрующие и поддерживающие слои загрузки.

3. Разрезы (М 1:50; 1:100) продольные и поперечные по сооружениям станции в количестве, необходимом для ясного представления о размерах и конструкциях сооружений (по согласованию с руководителем проекта).

4. Высотно-технологическую схему сооружений, на которой необходимо указать вое основное и вспомогательное оборудование водопроводных очистных сооружений, нанести отметки свободной поверхности в сооружениях, устройства наполнения, опорожнения и аварийного перелива воды, контрольно-регулирующую и запорную арматуру. Чертежи выполняются на двух листах.

Библиографический список

1. Сомов М.А., Журба М.Г. Водоснабжение: Учебник для вузов. В 2-х томах. - М.: Из-во АСВ, 2008.
2. Николадзе Г.И., Сомов М.А.. *Водоснабжение: Учебник для вузов.* -М.: Стройиздат, 1995.
3. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. *Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Учебное пособие.* Научно-методическое руководство и общая редакция М.Г.Журбы. В 3-х томах. 2-е издание дополненное и переработанное /– М.: Из-во АСВ, 2004.
4. Фрог Б.Н. *Водоподготовка: Учебное пособие для вузов.* –М.: Из-во МГУ, 2001.
5. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Гетманцев С.В. *Коагуляция в технологии очистки природной воды.* –М.:Науч.изд., 2005 г.
6. *СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.* Госстрой России. - М.: ГУП ЦПП, 2002.
7. *СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.* –М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1996.
8. Кульский Л.А., Строкач П.П. *Технология очистки природных вод. Процессы и аппараты. 4-е издание.* – Киев: Наукова думка, 1981.
9. Кожинов В.Ф. *Очистка питьевой и технической вод.* –М.: Стройиздат, 1971.
10. Клячко В.А., Апельцин И.Э. *Очистка природных вод.* –М.: Стройиздат, 1971.
11. Лысов В.А., Турянский И.П., Нечаева Л.И., Бутко А.В. *Проектирование и расчет водопроводных очистных сооружений:* Учебное пособие. Под общей редакцией В.А.Лысова. – Ростов н/Дону: Ростовский ГСУ, Новочеркасск: НГСУ, 2005.
12. Паль Л.Л., Кару Я.Я., Мельдер Х.А., Репин Б.Н. *Справочник по очистке природных и сточных вод.* –М.: Высшая школа, 1994.
13. Горбачев Е.А. Проектирование очистных сооружений водопровода из поверхностных источников. –М.: Из-во АСВ, 2004.
14. *Пособие по проектированию сооружений для очистки и подготовки воды* (к СНиП 2.04.02-84). НИИ КВОВ. – М.: ЦИТП, 1989.
15. К.Барак, Ж.Бабен, Ж.Бернар, и др. Под редакцией Т.А. Карюхиной, И.Н. Чурбановой. *Технические записки по проблемам воды.* Дегремон. Перевод с англ. В 2-х томах./-. –М.: Стройиздат, 1983.
16. *Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Водоснабжение. Очистные сооружения» для студентов специальности 2908.00 «Водоснабжение и водоотведение»* /Е.М.Ефимов, В.Н.Родин, В.А.Чухин. –М.: МГСУ, 2006.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению курсового проекта по дисциплине
«Водоснабжение. Очистные сооружения»

Москва 2007