

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Инженерно-строительный институт

Кафедра гражданского строительства и прикладной экологии

Морозов В.И.

ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ И ОБОРУДОВАНИЕ

ЧАСТЬ 1. НАРУЖНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

**Санкт-Петербург
2013**

СОДЕРЖАНИЕ		Стр.
1.	Определение суточных, часовых и расчетных расходов воды	6
1.1.	Определение среднесуточных расходов воды	6
1.2.	Определение максимальных суточных расходов воды	9
1.3.	Определение расчетных часовых расходов воды	9
2.	Построение графика водопотребления по часам суток для населенного пункта	15
3.	Определение режима работы насосных станций	15
4.	Определение вместимости резервуаров чистой воды и объема бака водонапорной башни	17
4.1.	Определение вместимости резервуаров чистой воды	17
4.2.	Определение числа и размеров резервуаров чистой воды	19
4.3.	Определение вместимости бака водонапорной башни	20
4.4.	Определение размеров бака водонапорной башни	21
5.	Трассирование магистральной водопроводной сети. Определение местоположения водопроводных сооружений	21
6.	Расчет водоводов	24
7.	Гидравлический расчет магистральной водопроводной сети	26
7.1.	Подготовка к гидравлическому расчету	26
7.2.	Гидравлический расчет	31
8.	Построение линий пьезометрических высот	37
	Приложения	41
	Литература	58

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с учебным планом подготовки бакалавров по направлению «строительство» дисциплину «водоснабжение и водоотведение» изучают на третьем курсе обучения. Теоретическую часть студенты осваивают на лекциях и самостоятельно из литературных источников. На практических занятиях проходит закрепление полученных знаний, а также получение практических навыков в проектировании и строительстве систем водоснабжения и водоотведения.

В данном учебном пособии освещены вопросы расчета объемов водопотребления различными потребителями города, выбора режимов работы основных элементов системы водоснабжения, трассировки и гидравлического расчета водопроводных сетей, а также определения проектных параметров водопроводов, водонапорных башен, запасно-регулирующих резервуаров и насосных станций.

Учебное пособие может быть использовано при любых формах обучения.

ПРИМЕР ЗАДАНИЯ
к практическим занятиям по курсу "Водоснабжение"

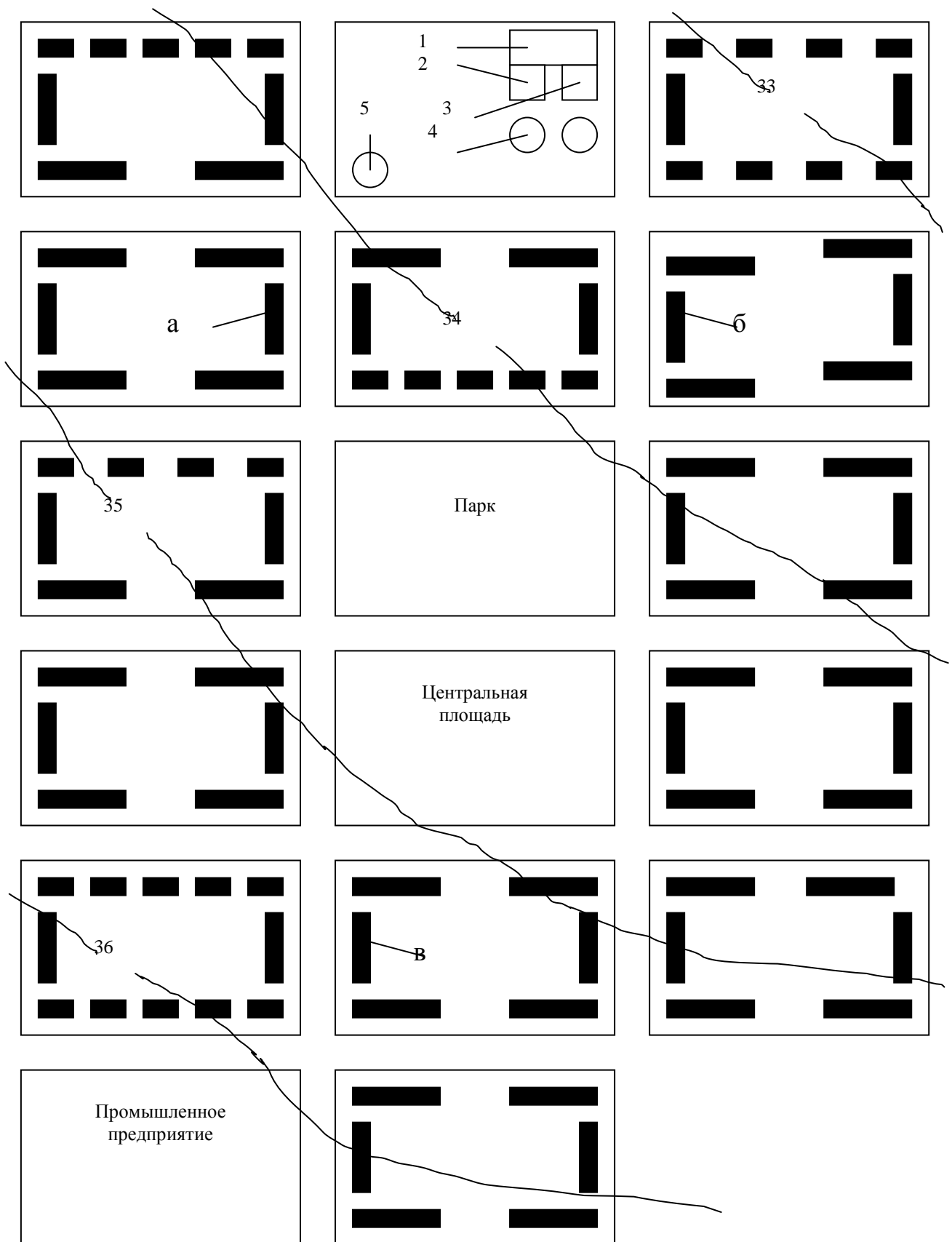
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1. Расчетное число жителей в населенном пункте, чел. 10000
2. Степень санитарно-технического благоустройства зданий:
внутренний водопровод и канализация с централизованным горячим водоснабжением
3. Этажность зданий: 5 этажей
4. Источник водоснабжения: артезианская скважина
5. Общественно-бытовые здания:
 - а) гостиница на 300 чел.
 - б) детский сад на 100 чел.
 - в) общежитие на 200 чел.
6. Промышленное предприятие:
 - 6.1. Норма потребления воды на единицу выпускаемой продукции 100 л.
 - 6.2. Количество выпускаемой продукции по сменам, в единицах:
 - а) 1 смена 500
 - б) 2 смена 400
 - в) 3 смена 500
 - 6.3. Количество рабочих и служащих на промышленном предприятии, чел:
 - а) 1 смена 1000, из них в горячих цехах – 300
 - б) 2 смена 900, из них в горячих цехах – 300
 - в) 3 смена 1000, из них в горячих цехах – 300
 - г) Количество рабочих, пользующихся душем 30 %
 - 6.4. Допустимое снижение подачи воды на промышленное предприятие при аварии на одном из водоводов 30 %
7. Географическое расположение населенного пункта: Ростовская обл.

ТРЕБУЕТСЯ:

1. Определить суточные, часовые и расчетные расходы воды.
2. Построить графики водопотребления по часам суток для населенного пункта
3. Определить режим работы насосных станций.
4. Определить вместимость резервуаров чистой воды и объем бака водопроводной башни.
5. Наметить в плане водопроводную сеть, местоположение насосных станций, очистных сооружений и водонапорной башни.
6. Сделать расчет водоводов.
7. Произвести гидравлический расчет водопроводной сети.
8. Построить линии пьезометрических высот, определить высоту водонапорной башни.
9. Оформить проделанную работу в виде пояснительной записки.

Рис.1 План населенного пункта.



1-Очистные сооружения; 2-Насосная станция второго подъема; 3-Насосная станция первого подъема; 4-Резервуары чистой воды; 5-Водонапорная башня.

1. Определение суточных, часовых и расчетных расходов ВОДЫ.

Определение расчетных расходов воды в рассматриваемом примере проведем для режима максимального водопотребления. Выбранные нормативные и полученные расчетные значения величин будем вносить в соответствующие таблицы.

1.1. Определение среднесуточных расходов воды

Среднесуточный расход воды на хозяйственно – питьевые и коммунальные нужды населенного пункта определим по формуле (1):

$$Q_{\text{сут.ср}} = q_{\text{н}} \times N \times 10^{-3}, \quad (1)$$

где $q_{\text{н}}$ – среднесуточное удельное хозяйственно-питьевое водопотребление на одного жителя в л/сут, принимаемое по приложению 1; N – число жителей в населенном пункте на расчетный период.

Для зданий (см. задание), оборудованных внутренним водопроводом и канализацией и имеющим централизованную систему горячего водоснабжения в соответствии с приложением 1 норма потребления воды на хозяйственно – питьевые и коммунальные нужды населенного пункта лежит в пределах от 230 до 350 л/сут на одного жителя. Принимаем для Ростовской области 300 л/сут на жителя (на юге водопотребление больше, чем на севере). Согласно примечанию 4 приложения 1 до 40% воды подается по сетям теплоснабжения. Тогда, норма холодной воды составит 60% от 300 л/сут, т.е. 180 л/сут. на человека.

Число жителей по заданию оставляет 10000 человек.

$$Q^{\text{к.с.}}_{\text{сут.ср}} = q_{\text{н}} \times N \times 10^{-3} = 180 \times 1000 \times 10^{-3} = 1800 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Среднесуточный расход воды на общественные здания также определяют по формуле (1), где $q_{\text{н}}$ - норма расхода холодной воды в л/сут на одного посетителя (проживающего, учащегося), принимаемая по приложению 2; N – расчетное за сутки число посетителей (проживающих, учащихся).

В учебной работе ограничимся тремя общественными зданиями (см. задание), хотя в реальных условиях их количество достигает десятков и сотен единиц.

Среднесуточный расход воды на гостиницу:

$$Q_{\text{сут.ср}}^{\text{гост.}} = q_n \times N \times 10^{-3} = 90 \times 300 \times 10^{-3} = 27 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Среднесуточный расход воды на детский сад:

$$Q_{\text{сут.ср}}^{\text{д.сад.}} = q_n \times N \times 10^{-3} = 70 \times 100 \times 10^{-3} = 7 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Среднесуточный расход воды на общежитие:

$$Q_{\text{сут.ср}}^{\text{общ.}} = q_n \times N \times 10^{-3} = 70 \times 200 \times 10^{-3} = 14 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Среднесуточный расход воды жилого сектора найдем, как разницу между расходом на хозяйственно – питьевые нужды населенного пункта и расходом на общественные здания.

$$Q_{\text{сут.ср}}^{\text{жил.с.}} = Q_{\text{сут.ср}}^{\text{к.с.}} - \sum Q_{\text{сут.ср}}^{\text{общ.зд.}} = 1800 - (27 + 7 + 14) = 1752 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Среднесуточный расход воды на хозяйственно–питьевые нужды промышленного предприятия по видам цехов находим, как сумму объемов воды, потребляемых в каждую смену и определяемых по формуле (1):

$$Q_{\text{см}} = q_n \times N_{\text{см.}} \times 10^{-3},$$

где q_n - нормы расхода холодной воды в л/сут на одного работающего по видам цехов, принимаемая согласно приложению 3; $N_{\text{см.}}$ – число людей, работающих на предприятии в каждую смену по видам цехов (см. задание).

Горячие цехи:

$$1 \text{ смена} \quad Q_{1 \text{ см.}}^{\text{х.п.}} = 21 \times 300 \times 10^{-3} = 6,3 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$2 \text{ смена} \quad Q_{2 \text{ см.}}^{\text{х.п.}} = 21 \times 300 \times 10^{-3} = 6,3 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$3 \text{ смена} \quad Q_{3 \text{ см.}}^{\text{х.п.}} = 21 \times 300 \times 10^{-3} = 6,3 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

$$Q_{\text{сут.ср}}^{\text{гор.ц.}} = \sum Q_{\text{см.}}^{\text{х.п.}} = 6,3 + 6,3 + 6,3 = 18,9 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Остальные цехи:

$$1 \text{ смена} \quad Q_{1 \text{ см.}}^{\text{х.п.}} = 14 \times 700 \times 10^{-3} = 9,8 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$2 \text{ смена} \quad Q_{2 \text{ см.}}^{\text{х.п.}} = 14 \times 600 \times 10^{-3} = 8,4 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$3 \text{ смена} \quad Q_{3 \text{ см.}}^{\text{х.п.}} = 14 \times 700 \times 10^{-3} = 9,8 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

$$Q_{\text{сут.ср}}^{\text{ост..п.}} = \Sigma Q_{\text{см.}}^{\text{х.п.}} = 9,8 + 8,4 + 9,8 = 28 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Среднесуточный расход воды на производственные (технологические) нужды промышленного предприятия также определяем, как сумму объемов воды, потребляемых в каждую смену и определяемых по формуле (1), где q_n - норма расхода воды в л на единицу выпускаемой продукции (см. задание); $N_{\text{см.}}$ - количество выпускаемой предприятием продукции по сменам (см. задание);

$$1 \text{ смена} \quad Q_{1 \text{ см.}}^{\text{техн.}} = 100 \times 500 \times 10^{-3} = 50 \text{ м}^3/\text{сут.};$$

$$2 \text{ смена} \quad Q_{2 \text{ см.}}^{\text{техн.}} = 100 \times 400 \times 10^{-3} = 40 \text{ м}^3/\text{сут.};$$

$$3 \text{ смена} \quad Q_{3 \text{ см.}}^{\text{техн.}} = 100 \times 500 \times 10^{-3} = 50 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

$$Q_{\text{сут.ср}}^{\text{техн.}} = \Sigma Q_{\text{см.}}^{\text{техн.}} = 50 + 50 + 40 = 140 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Среднесуточный расход воды на пользование душем находят исходя из количества рабочих, пользующихся душем в максимальную смену и группы производственного процесса. Расчетное число человек на одну душевую сетку определяют исходя из санитарных характеристик производственного процесса (приложение 4). В нашем случае в максимальную смену работает 1000 человек, из них 30% пользуется душем. Согласно приложению 4 примем на одну душевую сетку 7 человек. Тогда потребное количество душевых сеток по формуле (2) будет равно:

$$n_{\text{душ}} = N_{\text{макс}} / N_n = 300 / 7 = 43, \quad (2)$$

где $N_{\text{макс}}$ - количество рабочих, пользующихся душем в максимальную смену; N_n - расчетное число человек на одну душевую сетку.

Среднесуточный расход воды на душ определим из выражения (3)

$$Q_{\text{сут.ср}}^{\text{душ}} = 0,75 \times q_n \times n_{\text{душ}} \times n_{\text{см}} \times 10^{-3}, \quad (3)$$

где q_n - норма расхода воды на одну душевую сетку, равная 230 л/ч по холодной воде; $n_{\text{см}}$ - количество смен работы в сутки; 0,75 - коэффициент, учитывающий время пользования душем (45 минут после окончания смены).

$$Q_{\text{сут.ср}}^{\text{душ}} = 0,75 \times q_n \times n_{\text{душ}} \times n_{\text{см}} \times 10^{-3} = 0,75 \times 230 \times 43 \times 3 \times 10^{-3} = 22,2 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

1.2. Определение максимальных и минимальных суточных расходов

ВОДЫ

Расчетные расходы воды в сутки наибольшего водопотребления на хозяйственно-питьевые и коммунальные нужды надлежит определять по формуле (4):

$$Q_{\text{сут.макс}} = K_{\text{сут.макс}} \times Q_{\text{сут.ср}}, \quad (4)$$

где $K_{\text{сут}}$ - коэффициент суточной неравномерности водопотребления, учитывающий уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменения водопотребления по сезонам года и дням недели. Согласно СНиП 2.04.01-85 $K_{\text{сут.макс}} = 1,1 \dots 1,3$.

Принимаем $K_{\text{сут.макс}} = 1,1$ т.к заданная степень благоустройства зданий является наивысшей, а чем выше степень благоустройства, тем равномернее потребление воды в течение суток.

Для всех остальных категорий водопотребителей максимальное и минимальное суточное потребление воды можно принять равным среднему. Результаты расчета сводим в таблицу 1.

1.3. Определение расчетных часовых расходов

Распределение потребляемой воды по часам суток в населенном пункте, на промышленном предприятии, а также в общественных зданиях принимаем на основании расчетных графиков водопотребления. При этом постараемся избежать совпадения по времени максимальных отборов воды из сети на различные нужды. Например, объем воды, необходимый для пользования душем на промышленном предприятии будем запасать в специальных аккумулирующих баках. Расчетные графики водопотребления примем на основании опыта эксплуатации аналогичных объектов (населенных пунктов, промышленных предприятий, общественных зданий). Так, например, расчетные графики часового водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды населения (жилой сектор) выберем по величине максимального коэффициента часовой неравномерности водопотребления:

Таблица 1. Определение расчетных суточных расходов воды

Наименование водопотребителей	Измеритель	Норма потребления	Количество потребителей	$Q_{сут.ср}$	$Q_{сут.мах}$
				$м^3/сут$	
А. Жилой и коммунальный сектор	1 житель	180	10000	1800	1980
Гостиница	1 житель	90	300	27	29,7
Детский сад	1 ребенок	70	100	7	7,7
Общежитие	1 житель	70	200	14	15,4
Жилой сектор				1752	1927,2
Б.Промышленный сектор				209,1	209,1
Хоз.питьевые нужды	1 работающий				
Горячие цехи					
1 смена		21	300	6,3	6,3
2 смена		21	300	6,3	6,3
3 смена		21	300	6,3	6,3
Остальные цехи					
1 смена		14	700	9,8	9,8
2 смена		14	700	9,8	9,8
3 смена		14	600	8,4	8,4
Технологические нужды	Единица продукции				
1 смена		100	500	50	50
2 смена		100	500	50	50
3 смена		100	400	40	40
Расход воды на душ	1 душевая сетка	230	43	22,2	22,2
Всего по населенному пункту	А + Б			2009,1	2189,1

$$K_{ч.макс} = \alpha_{макс.} \times \beta_{макс.}, \quad (5)$$

где $\alpha_{макс}$ - коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия. Согласно [1] $\alpha_{макс} = 1,2 \dots 1,4$. Для заданной степени благоустройства зданий (централизованное горячее водоснабжение) примем $\alpha_{макс} = 1,2$. $\beta_{макс}$ - коэффициент,

учитывающий количество жителей в населенном пункте, принимаемый по приложению 5. В нашем случае, для населенного пункта с числом жителей 10 тысяч человек коэффициент $\beta_{\text{макс}} = 1,3$.

$$K_{\text{ч.макс}} = \alpha_{\text{макс.}} \times \beta_{\text{макс.}} = 1,2 \times 1,3 = 1,56.$$

Для остальных водопотребителей в соответствии с нормами величину $K_{\text{ч.макс}}$ считают постоянной и не рассчитывают.

Режимы водопотребления для различных категорий водопотребителей приведены в приложениях 6...8. Они показывают распределение воды по часам суток от максимального суточного расхода в процентах. Тогда расход воды в каждый час суток можно определить по формуле:

$$Q_{\text{ч.}} = Q_{\text{сут.макс}} \times p / 100, \quad (6)$$

где p - процент суточного потребления для конкретного часа суток.

Режим потребления воды на технологические нужды предприятия считаем равномерным в течение смены. Не забудем, что первая смена начинается в 8 часов утра.

Запас воды на душ создаем за счет накопления воды в баке-аккумуляторе. Время заполнения бака-аккумулятора принимаем равным 4 часам в течение каждой смены (приложение 9). Тогда часовой расход воды на пополнение запаса воды на душ будет равен:

$$Q_{\text{ч.}}^{\text{душ}} = Q_{\text{сут.макс}}^{\text{душ}} / (n_{\text{см.}} \times t) = 22,2 / (3 \times 4) = 1,85 \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (7)$$

Заполнение баков – аккумуляторов будем проводить в часы не совпадающие по времени с максимальными отборами воды из сети.

Все расчеты сводим в табл.2. В графе 19 вычислены объемы воды, расходуемые населенным пунктом, нарастающим итогом. Эти данные нам потребуются при определении регулирующего объема бака водонапорной башни.

Суммируя по горизонтали расходы всех водопотребителей, получим распределение максимального суточного расхода населенного пункта по часам суток. Выделим строку, в которой часовой расход населенного пункта

максимальный. Час, которому соответствует эта строка (с21 до 22 часов), будет расчетным, а все расходы, входящие в эту строку, носят название расчетных расходов. По этим расходам производят гидравлический расчет магистральной водопроводной сети населенного пункта. Однако, максимальные часовые расходы отдельных потребителей могут быть больше расчетных. Поэтому для отдельных потребителей помимо расчетного расхода воды следует определять максимальный расход, по которому подбирают диаметры труб ответвлений, подающих воду из магистральной сети непосредственно к потребителю.

Полученные расчетные и максимальные расходы сведем в табл.3.

Таблица 3. Расчетные и максимальные расходы воды в сутки максимального водопотребления

Наименование потребителей	Расчетные расходы воды		Максимальные расходы воды	
	м ³ /ч	л/с	м ³ /ч	л/с
1	4	5	6	7
Жилой сектор	128,54	35,71	128,54	35,71
Гостиница	0,21	0,06	2,97	0,82
Детский сад	0,23	0,06	1,62	0,45
Общежитие	2,86	0,79	4,62	1,28
Пром. предпр.	6,81	1,89	10,92	3,03
Населенный пункт	138,65	38,51	138,65	38,51

Для удобства последующих вычислений расходы воды в табл.3 приведены в м³/ч и в л/с. (1 л/с = 3,6 м³/ч).

Таблица 2. Определение расчетных часовых расходов в сутки максимального водопотребления

Часы суток	Жилой сектор		Гостиница		Детский сад		Общежитие		Промышленное предприятие					ΣQ предв.	Расход на душ	ΣQ оконч.	W
									Хоз.питьевые нужды				Техн. нужды				
									Гор.цехи		Ост.цехи						
Час	%	м ³ /ч	%	м ³ /ч	%	м ³ /ч	%	м ³ /ч	%	м ³ /ч	%	м ³ /ч	м ³ /ч	м ³ /ч	м ³ /ч	м ³	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	19
0-1	2,44	47,02	0,2	0,06	-	-	0,15	0,02	12,05	0,76	6,25	0,61	6,25	54,72	-	54,72	54,72
1-2	1,36	26,21	0,2	0,06	-	-	0,15	0,02	12,05	0,76	12,50	1,22	6,25	34,52	1,85	36,37	91,09
2-3	1,26	24,28	0,2	0,06	-	-	0,15	0,03	12,05	0,76	12,50	1,23	6,25	32,61	1,85	34,46	125,55
3-4	1,36	26,21	0,2	0,06	-	-	0,15	0,02	12,05	0,76	18,75	1,84	6,25	35,14	1,85	36,99	162,54
4-5	1,61	31,03	0,5	0,15	-	-	0,15	0,02	12,05	0,76	6,25	0,61	6,25	38,82	1,85	40,67	203,21
5-6	2,75	53,00	0,5	0,15	-	-	0,25	0,04	12,05	0,76	12,50	1,22	6,25	61,42	-	61,42	264,63
6-7	4,13	79,59	3,0	0,89	5,0	0,39	0,30	0,05	12,05	0,76	12,50	1,23	6,25	89,16	-	89,16	353,79
7-8	5,33	102,72	5,0	1,49	3,0	0,23	30,00	4,62	15,65	0,98	18,75	1,84	6,25	118,13	-	118,13	471,92
8-9	6,42	123,73	8,0	2,38	15,0	1,16	6,80	1,05	12,05	0,76	6,25	0,61	6,25	135,94	-	135,94	607,86
9-10	6,24	120,26	10,0	2,97	5,5	0,42	4,60	0,71	12,05	0,76	12,50	1,22	6,25	132,59	-	132,59	740,45
10-11	5,52	106,38	6,0	1,78	3,4	0,26	3,60	0,55	12,05	0,76	12,50	1,23	6,25	117,21	-	117,21	857,66
11-12	4,92	94,82	10,0	2,97	7,4	0,57	2,00	0,31	12,05	0,76	18,75	1,84	6,25	107,52	-	107,52	965,18
12-13	3,82	73,62	10,0	2,97	21,0	1,62	3,00	0,46	12,05	0,76	6,25	0,61	6,25	86,29	1,85	88,14	1053,32
13-14	3,58	68,99	6,0	1,78	2,8	0,22	3,00	0,46	12,05	0,76	12,50	1,22	6,25	79,68	1,85	81,53	1134,85
14-15	3,32	63,98	5,0	1,49	2,4	0,18	3,00	0,46	12,05	0,76	12,50	1,23	6,25	74,35	1,85	76,20	1211,05
15-16	4,06	78,24	8,5	2,52	4,5	0,35	3,00	0,47	15,65	0,98	18,75	1,84	6,25	90,65	1,85	92,50	1303,55
16-17	4,51	86,92	5,5	1,63	4,0	0,31	4,00	0,62	12,05	0,76	6,25	0,52	5,00	95,76	1,85	97,61	1401,16
17-18	4,29	82,68	5,0	1,48	16,0	1,23	3,60	0,55	12,05	0,76	12,50	1,05	5,00	92,75	1,85	94,60	1495,76
18-19	5,72	110,24	5,0	1,49	3,0	0,23	3,30	0,51	12,05	0,76	12,50	1,05	5,00	119,28	1,85	121,13	1616,89
19-20	5,70	109,85	5,0	1,48	2,0	0,15	5,00	0,77	12,05	0,76	18,75	1,57	5,00	119,58	-	119,58	1736,47
20-21	6,07	116,98	2,0	0,59	2,0	0,15	2,60	0,40	12,05	0,76	6,25	0,53	5,00	124,41	-	124,41	1860,88
21-22	6,67	128,54	0,7	0,21	3,0	0,23	18,60	2,86	12,05	0,76	12,50	1,05	5,00	138,65	-	138,65	1999,53
22-23	5,88	113,32	3,0	0,89	-	-	1,60	0,25	12,05	0,76	12,50	1,05	5,00	121,27	-	121,27	2120,80
23-24	3,04	58,59	0,5	0,15	-	-	1,00	0,15	15,65	0,98	18,75	1,58	5,00	66,45	1,85	68,30	2189,10
Итого	100	1927,2	100	29,70	100	7,70	100	15,40	300	18,90	300	28,00	140,00	2166,9	22,20	2189,10	

2. Построение графика водопотребления по часам суток для населенного пункта.

График водопотребления по часам суток для населенного пункта строим, откладывая по оси ординат часы суток, а по оси абсцисс часовые расходы воды в населенном пункте (табл.2, столбец 18). Построенный график приведен на рис.2.

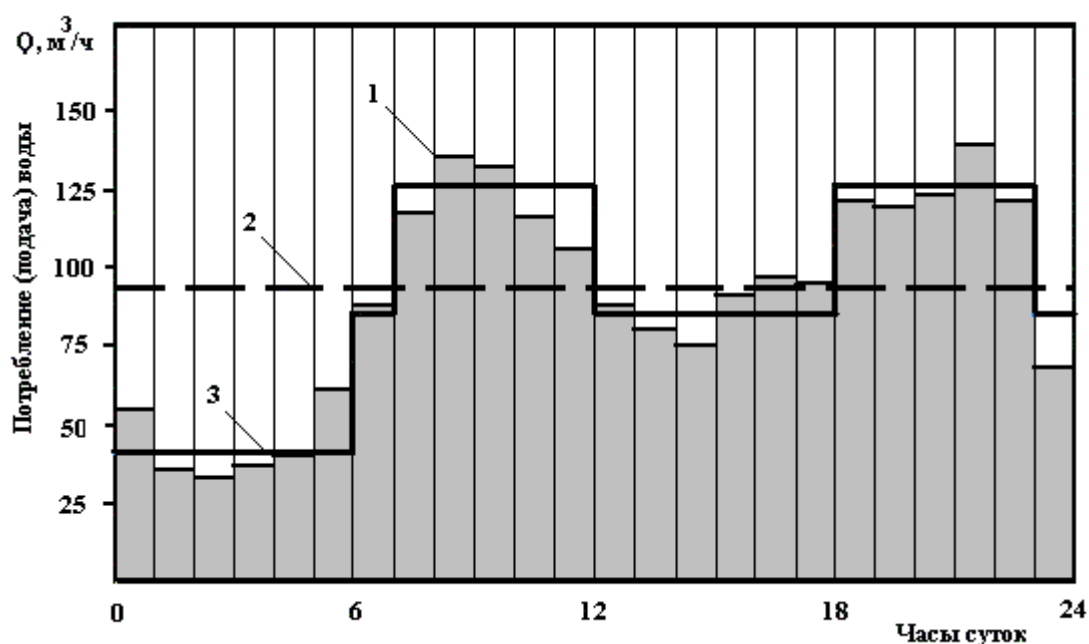


Рис.2. Графики водопотребления населенного пункта и подачи воды насосными станциями: 1 - график водопотребления; 2 - график подачи воды насосной станцией первого подъема; 3 – график подачи воды насосной станцией второго подъема.

3. Определение режима работы насосных станций.

Для насосной станции первого подъема (НС I) режим работы в течение суток назначаем равномерным.

$$Q_{\text{ч}}^{\text{нсI}} = Q_{\text{сут.макс}}^{\text{нп}} / 24 = 2189,1 / 24 = 91,2 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (8)$$

где $Q_{\text{сут.макс}}^{\text{нп}}$ – максимальный суточный расход населенного пункта.

Для насосной станции второго подъема (НС II) график подачи воды, по возможности, должен совпадать с графиком водопотребления населенного

пункта. Анализируя график водопотребления примем три расчетных режима работы НС II (может быть и меньше и больше). Первый режим – минимальная подача воды в период с 0 до 6 часов. Второй режим – средняя подача воды в периоды с 6 до 7, с 12 до 18 и с 23 до 24 часов. Третий режим – максимальная подача воды в периоды с 7 до 12 и с 18 до 23 часов. Соотношение между подачами примем:

$$Q^{\text{НС II}}_{\text{ч.макс}} / Q^{\text{НС II}}_{\text{ч.мин}} = 3$$

$$Q^{\text{НС II}}_{\text{ч.ср}} / Q^{\text{НС II}}_{\text{ч.мин}} = 2$$

Эти соотношения могут быть и иными, но, при использовании одинаковых насосов, обязательно кратными 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5 и т.д. Например, если при минимальной подаче будет работать два насоса, а при максимальной – пять, то соотношение между подачами составит 2,5.

Подачу одного насоса определим по формуле:

$$Q_{\text{ч.нас}} = Q^{\text{нп}}_{\text{сут.макс}} / \sum (n_i \times t_i), \quad (9)$$

где n_i – количество работающих насосов; t_i – время работы данного количества насосов в часах суток.

В первом приближении будем считать, что минимальную подачу осуществляет один насос, тогда при средней подаче необходимо два насоса, а при максимальной – три.

$$Q_{\text{ч.нас}} = 2189,1 / (1 \times 6 + 2 \times 8 + 3 \times 10) = 42,1 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Принятые графики подачи насосных станций приведены на рис.2.

4. Определение вместимости резервуаров чистой воды и объема бака водонапорной башни.

4.1. Определение вместимости резервуаров чистой воды.

Вместимость резервуаров чистой воды (РЧВ) найдем, как сумму трех объемов воды: регулирующего объема, запасного объема на собственные нужды очистных сооружений и неприкосновенного запасного объема на противопожарные нужды.

Регулирующий объем определяем, сопоставляя приток воды в РЧВ (подача НС I) и отбор воды из РЧВ (подача НС II). Расчет проводим табличным способом (табл.4). Заносим в графу 3 в интегральном (суммарном) виде подачу НС I, а в графу 4 - НС II. Разница между ними дает нам текущее значение объема воды аккумулированного в резервуарах чистой воды. Искомый регулирующий объем получим, как сумму максимального положительного и максимального отрицательного (по абсолютной величине) значений текущего объема воды в резервуарах. Отрицательных значений может и не быть.

$$W^{РЧВ}_{рег.} = 301,67 + 7,17 = 308,8 \text{ м}^3.$$

Запасной объем воды на собственные нужды очистных сооружений ориентировочно примем равным 7% от суточного потребления воды:

$$W^{РЧВ}_{о.с.} = 0,07 \times 2189,1 = 153,2 \text{ м}^3.$$

Неприкосновенный запас воды на противопожарные нужды найдем по формуле:

$$W^{РЧВ}_{пож.} = \Sigma W + 3(3,6 \times n_{пож} \times q_{пож} - Q^{нс1}_{ч}), \quad (10)$$

где ΣW – максимальная сумма потребления воды за три часа подряд (по графику водопотребления это период с 7 до 10 часов); $n_{пож}$ – расчетное количество одновременных пожаров; $q_{пож}$ – расчетный расход воды на наружное пожаротушение в л/с; $Q^{нс1}_{ч}$ – подача насосной станции первого подъема в м³/ч.

$$W^{PЧВ}_{\text{пож.}} = (118,13+135,94+132,59) + 3(3,6 \times 2 \times 15 - 91,21) = 336,3 \text{ м}^3.$$

$$W^{PЧВ} = W^{PЧВ}_{\text{рег.}} + W^{PЧВ}_{\text{о.с.}} + W^{PЧВ}_{\text{пож.}} = 308,8 + 153,2 + 336,3 = 799,3 \text{ м}^3.$$

Таблица 4. Определение регулирующих объемов резервуаров чистой воды и бака водонапорной башни

Часы суток	Объем потребления	Объем подачи НС I	Объем подачи НС II	Изменение объема воды в РЧВ	Изменение объема воды в ВБ
Час	м ³	м ³	м ³	м ³	м ³
1	2	3	4	5	6
0-1	54,72	91,21	42,1	49,11	- 12,62
1-2	91,09	182,42	84,2	98,22	- 6,89
2-3	125,55	273,63	126,3	147,33	0,75
3-4	162,54	364,84	168,4	196,44	5,68
4-5	203,21	456,05	210,5	245,55	7,29
5-6	264,63	547,26	252,6	294,66	- 12,03
6-7	353,79	638,47	336,8	301,67	- 16,99
7-8	471,92	729,68	463,1	266,58	- 8,82
8-9	607,86	820,89	589,4	231,49	- 18,46
9-10	740,45	912,10	715,7	196,40	- 24,75
10-11	857,66	1003,31	842,0	161,31	- 15,66
11-12	965,18	1094,52	968,3	126,22	3,12
12-13	1053,32	1185,73	1052,5	133,23	- 0,82
13-14	1134,85	1276,94	1136,7	140,24	1,85
14-15	1211,05	1368,15	1220,9	147,25	9,85
15-16	1303,55	1459,36	1305,1	154,26	1,55
16-17	1401,16	1550,57	1389,3	161,27	- 11,86
17-18	1495,76	1641,78	1473,5	168,28	- 22,26
18-19	1616,89	1732,99	1599,8	133,19	- 17,09
19-20	1736,47	1824,20	1726,1	98,10	- 10,37
20-21	1860,88	1915,41	1852,4	63,01	- 8,48
21-22	1999,53	2006,62	1978,7	27,92	- 20,83
22-23	2120,80	2097,83	2105,0	- 7,17	- 15,80
23-24	2189,10	2189,10	2189,1	0	0
Регулирующий объем				308,84	34,6

4.2. Определение числа и размеров резервуаров чистой воды.

Число резервуаров должно быть, по возможности, наименьшим, но не менее двух. По приложению 10 подбираем количество и размеры подходящих по объему типовых резервуаров для воды. Выбираем два круглых резервуара из монолитного железобетона вместимостью по 400 м³ каждый. Диаметр резервуаров 13 м, высота 3,7 м. Резервуары делают полузаглубленными с защитной насыпью сверху. В соответствии с расчетной схемой резервуара (рис.3) определим максимально возможную глубину воды в нем и проведем высотную привязку.

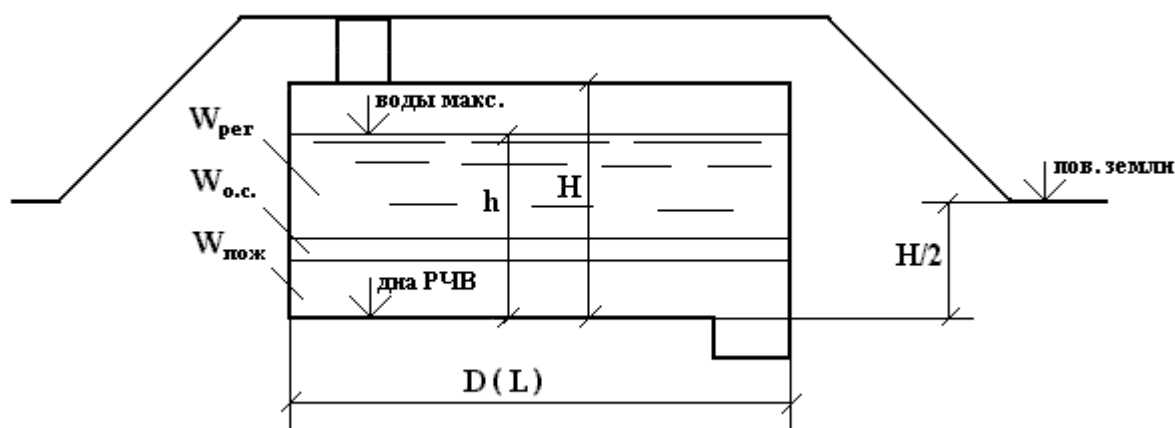


Рис.3. Расчетная схема резервуара чистой воды.

Максимальная глубина воды в резервуаре:

$$h = 4W^{РЧВ} / \pi D^2 = 4 \times 789,3 / \pi \times 13^2 = 2,97 \text{ м.}$$

Отметка поверхности земли в месте расположения резервуаров, согласно плану населенного пункта (рис.1), составляет 33,5 м. Отметка дна резервуара будет равна:

$$\nabla_{\text{дно РЧВ}} = \nabla_{\text{пов. земли}} - H/2 = 33,5 - 3,7 / 2 = 32,15 \text{ м.}$$

Отметка максимального уровня воды:

$$\nabla_{\text{воды макс}} = \nabla_{\text{дно РЧВ}} + h = 32,15 + 2,97 = 35,12 \text{ м.}$$

4.3. Определение вместимости бака водонапорной башни.

Вместимость бака водонапорной башни (ВБ) определяем, как сумму регулирующего объема и запасного объема воды на пожаротушение.

Регулирующий объем определим, сопоставляя приток воды в ВБ (подача НС II) и отбор воды из ВБ (потребление воды населенным пунктом).

Расчет проводим табличным способом (табл.4). Заносим в графу 2 в интегральном виде потребление воды населенным пунктом (переписываем столбец 19 табл.2). Подача НС II у нас уже есть в графе 4. Разница между ними дает нам текущее значение объема воды, который должен быть в баке водонапорной башни. Искомый регулирующий объем получим, как сумму максимального положительного и максимального отрицательного (по абсолютной величине) значений текущего объема воды в баке.

$$W_{\text{рег.}}^{\text{ВБ}} = 24,75 + 9,85 = 34,6 \text{ м}^3.$$

Объем воды на пожаротушение, запасаемый в баке водонапорной башни, должен обеспечивать десятиминутное тушение одного наружного и одного внутреннего пожара при одновременном наибольшем расходе воды на другие нужды населенного пункта:

$$W_{\text{пож.}}^{\text{ВБ}} = 0,6 (q_{\text{пож.}} + q_{\text{пож.}}^{\text{ВН}} + q_{\text{нп}}), \quad (11)$$

где - $q_{\text{пож.}}$ – расчетный расход воды на наружное пожаротушение, принимаемый согласно приложению 11 (в нашем случае $q_{\text{пож.}} = 15 \text{ л/с}$);

$q_{\text{пож.}}^{\text{ВН}}$ - расчетный расход воды на внутреннее пожаротушение (согласно СНиП $q_{\text{пож.}}^{\text{ВН}} 2,5 \text{ л/с}$);

$q_{\text{нп}}$ – максимальный расход населенного пункта, равный **38,51 л/с** (см.табл.3).

$$W_{\text{пож.}}^{\text{ВБ}} = 0,6 (15 + 2,5 + 38,51) = 33,6 \text{ м}^3.$$

$$W^{\text{ВБ}} = W_{\text{рег.}}^{\text{ВБ}} + W_{\text{пож.}}^{\text{ВБ}} = 34,6 + 33,6 = 70,2 \text{ м}^3.$$

4.4. Определение размеров бака водонапорной башни.

Резервуар или бак водонапорной башни обычно делают цилиндрическим. Максимальную глубину воды в баке определяют по зависимости:

$$h = 4W^{pчв} / \pi D^2.$$

Отношение наибольшей глубины воды в баке к диаметру бака лежит в пределах от 0,8 до 1,2. В первом приближении примем это соотношение равным 1. Тогда $h = D$ и формула примет вид:

$$D = 4W^{pчв} / \pi D^2;$$

$$D^3 = 4W^{pчв} / \pi = 4 \times 70,2 / 3,14 = 89,43 \text{ м}^3;$$

$$D = 4,47 \text{ м.}$$

Округлим диаметр до полуметра в ближайшую сторону. $D = 4,5 \text{ м.}$

$$h = 4W^{pчв} / \pi D^2 = 4 \times 70,2 / 3,14 \times 4,5^2 = 4,42 \text{ м};$$

$$h / D = 4,42 / 4,5 = 0,98.$$

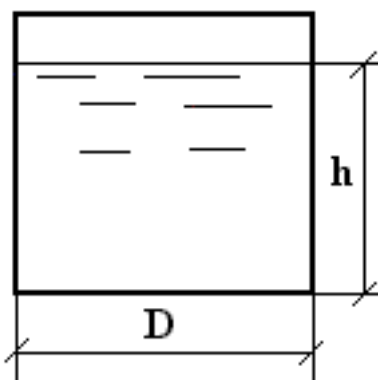


Рис.4. Расчетная схема бака водонапорной башни.

5. Трассирование магистральной водопроводной сети. Определение местоположения водопроводных сооружений.

Магистральную водопроводную сеть проектируем кольцевой так, чтобы она равномерно охватывала районы жилой застройки населенного пункта.

Магистральную сеть прокладываем по кратчайшему направлению вблизи автодорог и проездов, прямолинейно, параллельно линиям застройки. Пересечение проездов выполняем под прямым углом.

Местоположение водозаборных сооружений (артезианская скважина) у нас задано. Насосную станцию первого подъема совмещаем со скважиной. Очистные сооружения, резервуары чистой воды и насосную станцию второго подъема располагаем в непосредственной близости от насосной станции первого подъема. Водонапорную башню устанавливаем в начале магистральной водопроводной сети, желательно на высоких отметках местности.

На план населенного пункта наносим трассу магистральной сети и обозначаем местоположение водопроводных сооружений (рис.5).

Сосредоточенные отборы воды из магистральной сети на нужды общественных зданий и промышленного предприятия намечаем на перекрестках улиц в непосредственной близости от них.

Магистральное кольцо разбиваем на расчетные участки, узловые точки которых устанавливаем в местах сосредоточенного отбора воды из сети и на перекрестках улиц, но не более чем через 400...600 метров. Узловые точки нумеруем по часовой стрелке, начиная с водонапорной башни.

Намечаем направление движения воды в магистральной сети и назначаем точку встречи потоков (диктующую точку). Как правило, это будет узловая точка наиболее отдаленная от начала сети. В нашем случае такой точкой будет узел 6.

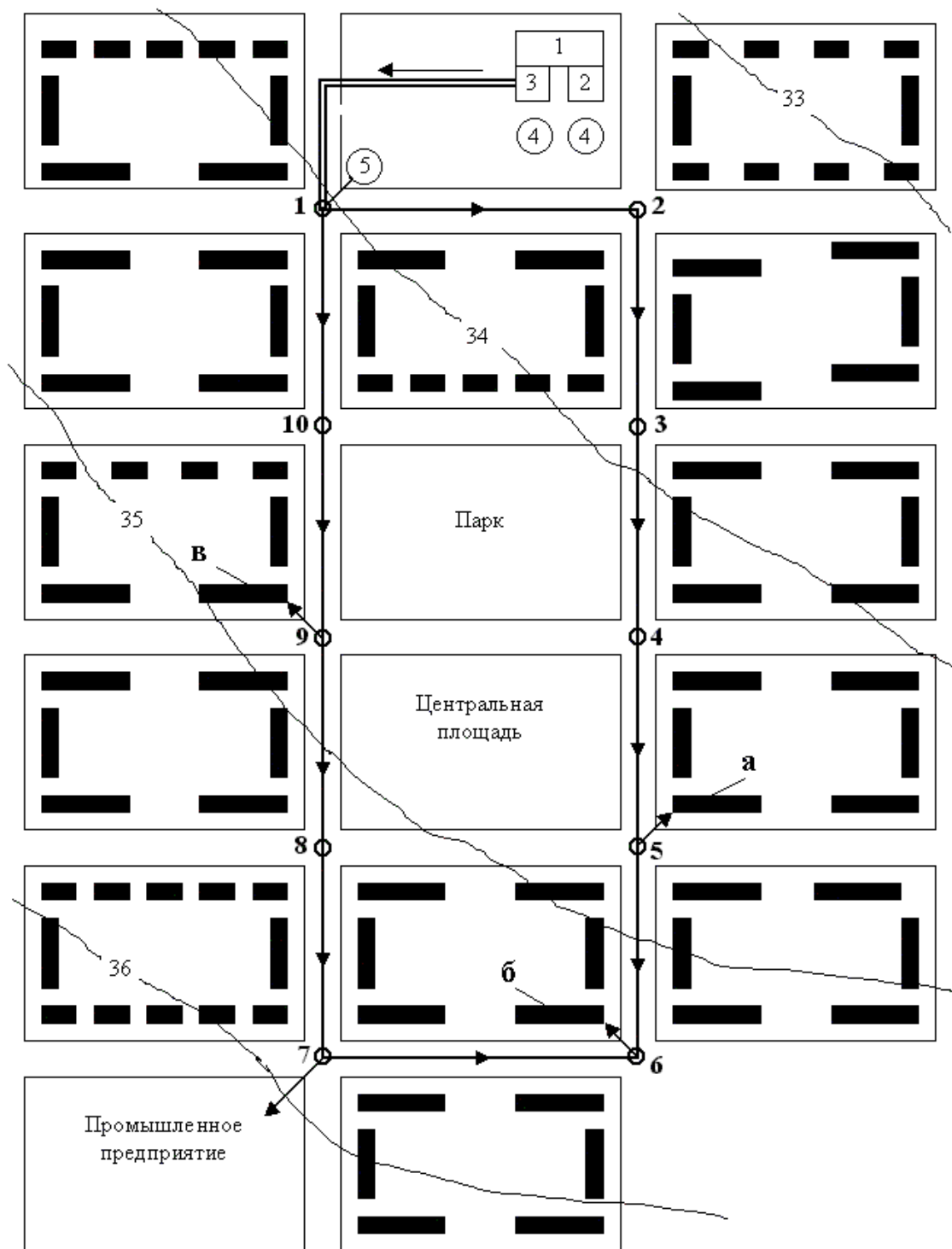


Рис.5. Размещение на плане трассы магистральной водопроводной сети. 1-очистные сооружения; 2-насосная станция первого подъема; 3-насосная станция второго подъема; 4-резервуары чистой воды; 5-водонапорная башня.

6. Расчет водоводов

Сооружения для транспортирования воды от источника к объекту водоснабжения называют водоводами.

Количество линий водоводов надлежит принимать с учетом категории системы водоснабжения и очередности строительства (приложение 17). Принимаем для второй категории надежности две линии водоводов.

Водоводы, как правило, рассчитывают на средний часовой расход в сутки максимального водопотребления. В нашем случае этот расход равен:

$$Q_{\text{ч.ср.}} = Q_{\text{сут.макс.}}^{\text{шт}} / 24 = 2189,1 / 24 = 91,2 \text{ м}^3/\text{ч},$$
$$q_{\text{ср.}} = 91,2 / 3,6 = 24,33 \text{ л/с}$$

Так как водоводов два, то расчетный расход каждого водовода составит **12,7 л/с**. Водоводы выполним из стальных труб. По приложению 12 выберем среднее значение экономического фактора \mathcal{E} в зависимости от географического положения населенного пункта. Ростовская область (см. задание) находится на юге России, следовательно, $\mathcal{E} = 1$. В соответствии с приложением 13 (стальные трубы) условный диаметр водоводов принимаем равным **125 мм**.

Определим потери напора в водоводах при различных режимах водопотребления.

При максимальном водопотреблении населенного пункта от насосной станции второго подъема в водоводы поступает **126,3 м³/ч** (см. рис.2), что соответствует **35,08 л/с** или **17,54 л/с** на каждый водовод.

Потери напора определяем по формуле 12.

$$h = K \times A \times q^2 \times L, \quad (12)$$

где: K – поправочный коэффициент, зависящий от скорости движения воды в трубопроводе и материала трубопровода; A – удельное сопротивление трубопровода; q – расход воды в трубопроводе; L – длина трубопровода.

Величину скорости найдем из выражения $v = q \times m$, где $m = 4/\pi d^2$.

Значения A и m принимаем по приложению 15. Для стальных труб диаметром **125 мм**: $m = 0,072$; $A = 76,36 \times 10^{-6}$.

$$v = 17,54 \times 0,072 = 1,26 \text{ м/с}$$

Значение коэффициента **K** найдем из приложения 16, прибегнув при необходимости к интерполяции. **K = 1,0**.

$$h_1 = 1,0 \times 76,36 \times 10^{-6} \times 17,54^2 \times 285 = 6,7 \text{ м}$$

При пожаротушении расход воды в водоводах необходимо увеличить на величину противопожарного расхода, принимаемого по приложению 11 (в нашем случае возможно два одновременных пожара с расходом воды на каждый пожар $q_{\text{пож.}} = 15 \text{ л/с}$). Расход воды в одном водоводе при тушении пожаров составит $17,54 + 15 = 32,54 \text{ л/с}$.

$$v = 32,54 \times 0,072 = 2,34 \text{ м/с}$$

$$K = 1,0$$

$$h_2 = 1,0 \times 76,36 \times 10^{-6} \times 32,54^2 \times 285 = 23,0 \text{ м}$$

При прокладке водоводов в две или более линий и общих водозаборных сооружениях, между водоводами устраивают переключения, при этом в случае аварии на одном из водоводов подачу воды на хозяйственно-питьевые нужды снижаем на 30 % расчетного расхода, а на производственные нужды - по аварийному графику (см. задание).

$$q_{\text{ав.}} = 0,7 q_{\text{х.п.}} + 0,7 q_{\text{пр.}}$$

$$q_{\text{ав.}} = 0,7 \times 35,08 = 24,56 \text{ л/с}$$

Количество переключений (перемычек) между водоводами определим исходя из условия равенства потерь напора в водоводах при нормальной эксплуатации и при аварии на одном из водоводов. Для двух параллельных водоводов число участков переключений при одинаковом их диаметре и длине можно определить из уравнения:

$$n = 3 q_{\text{ав.}}^2 / (q^2 - q_{\text{ав.}}^2), \quad (13)$$

где: **n** – число участков переключений; **q_{ав.}** – расход воды при аварии; **q** – расход воды при нормальной эксплуатации.

$$n = 3 \times 24,56^2 / (35,08^2 - 24,56^2) = 2,88$$

Принимаем три участка переключений.

7. Гидравлический расчет магистральной водопроводной сети.

Гидравлический расчет магистральной водопроводной сети в случае расположения водонапорной башни в начале сети проведем для двух основных режимов работы системы водоснабжения:

1. Максимальный часовой расход воды на все нужды населенного пункта в сутки максимального водопотребления;
2. То же, но при тушении пожаров.

7.1. Подготовка к гидравлическому расчету.

Потребление воды жилым сектором в городских водопроводах обычно принимают по упрощенной схеме, которая условно допускает, что отбор воды в жилые здания происходит равномерно по длине сети. Тогда количество воды, отбираемое на каждом расчетном участке, будет пропорционально его длине и наличию жилой застройки. Оба эти фактора учитывает так называемая «условная длина» участка. При отсутствии жилой застройки условную длину участка принимают равной нулю. Если жилая застройка имеется только с одной стороны участка, то условную длину участка принимают равной геометрической длине этого участка. Если жилая застройка имеется с двух сторон от участка, то условную длину участка принимают равной удвоенной геометрической длине этого участка.

Исходя из вышеизложенных допущений, можно вычислить **удельный путевой** расход воды, т.е. расход воды, отбираемый с единицы условной длины магистральной сети:

$$q_{\text{уд.пут.}} = q^{\text{жил.с.}} / \Sigma L_{\text{усл.}}, \quad (14)$$

где $q^{\text{жил.с.}}$ – расчетный расход воды жилого сектора населенного пункта; $\Sigma L_{\text{усл.}}$ – сумма условных длин всех участков магистральной водопроводной сети.

Расход воды, забираемый на нужды жилого сектора на каждом конкретном участке, носит название **путевого** расхода воды. Путевые расходы воды определяем по формуле:

Для удобства ведения расчетов путевые расходы воды также заменяют сосредоточенными, т.е. условно считают, что половину путевого расхода забирают в начале участка, а половину в конце. Эти фиктивные сосредоточенные расходы воды называют **условными узловыми** расходами воды.

$$Q_{\text{у.узн.}}^m = 0,5(q_{\text{пут.}}^{1-m} + q_{\text{пут.}}^{m-n}). \quad (16)$$

Расчетный узловой расход воды:

$$Q_{\text{р.узн.}}^m = Q_{\text{у.узн.}}^m + Q_{\text{соср.}}^m \quad (17)$$

Результаты вычислений заносим в табл.5 и представляем в виде расчетной схемы на рис.7.

После вычисления узловых водоотборов производим предварительное (в первом приближении) потокораспределение по участкам магистральной сети. Направление потоков в кольце задаем согласно схеме. Точку встречи потоков намечаем в узле 6, как наиболее удаленном от начала сети. В дальнейшем этот узел будем именовать диктующим узлом.

При определении расчетных расходов воды по участкам сети следует руководствоваться следующим положением:

- для всех узлов сети должно выполняться условие (первый закон Кирхгофа):

$$\Sigma Q_i = 0 \quad (18)$$

Количество воды, приходящее в узел, должно быть равно количеству воды, выходящему из этого узла.

Расчетные расходы воды по участкам сети будем определять, двигаясь от диктующего узла к началу сети. Предварительно выпишем на расчетную схему значения расчетных узловых расходов. В диктующем узле значения расчетных узловых расходов в рассматриваемом примере равны 5,47 л/с для первого расчетного случая и 35,47 л/с для случая пожаротушения. В соответствии с первым законом Кирхгофа расход воды, забираемый из узла, равен сумме расходов воды, поступающих в узел. В первом приближении

Таблица 5. Определение расчетных узловых расходов для режимов максимального часового водоразбора и максимального часового водоразбора с пожаротушением в сутки максимального водопотребления

Номера узлов	Номера участков	Длина участков м	Раздача	Условная длина участков м	Путевой расход л/с	I расчетный случай			II расчетный случай		
						Q _{усл.узел} л/с	Q _{согр} л/с	Q _{р.узел} л/с	Q _{усл.узел} л/с	Q _{согр} л/с	Q _{р.узел} л/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1						3,79		3,79	3,79		3,79
	1-2	285	1	285	3,25						
2						3,79		3,79	3,79		3,79
	2-3	190	2	380	4,33						
3						3,245		3,245	3,245		3,245
	3-4	190	1	190	2,16						
4						2,16		2,16	2,16		2,16
	4-5	190	1	190	2,16						
5						3,245	0,06	3,305	3,245	0,06	3,305
	5-6	190	2	380	4,33						
6						5,41	0,06	5,47	5,41	0,06+30	35,47
	6-7	285	2	470	6,49						
7						5,41	1,89	7,30	5,41	1,89	7,30
	7-8	190	2	380	4,33						
8						3,245		3,245	3,245		3,245
	8-9	190	1	190	2,16						
9						2,165	0,79	2,955	2,165	0,79	2,955
	9-10	190	1	190	2,17						
10						3,25		3,25	3,25		3,25
	10-1	190	2	380	4,33						
Итого:				3135	35,71	35,71	2,80	38,51	35,71	32,80	68,51

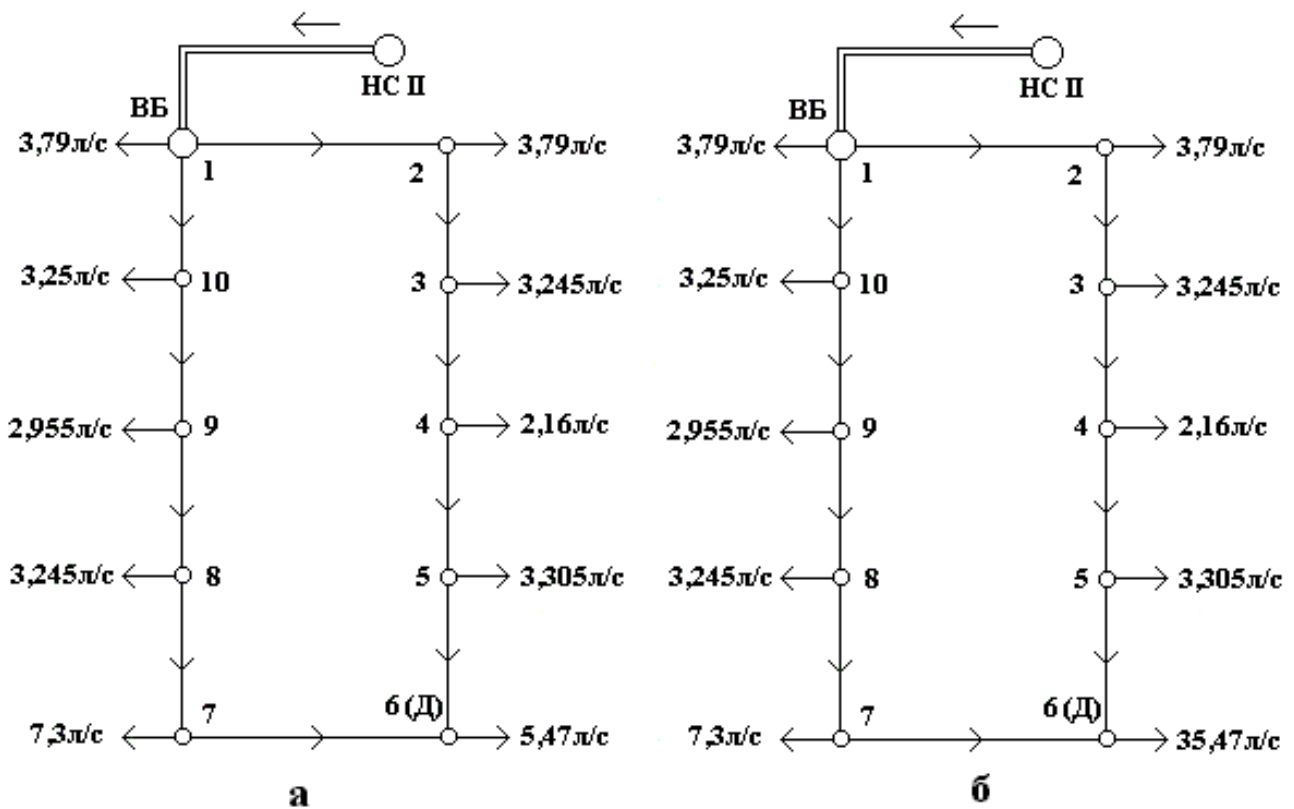


Рис.7. Расчетная схема магистральной водопроводной сети (расчетные узловые расходы воды): **а** – режим максимального водопотребления; **б** – то же, при тушении пожаров.

будем считать, что половина расчетного узлового расхода, забираемого в диктующей точке, приходит по участку 5-6 и половина по участку 6-7. Тогда расчетный расход воды на участках, примыкающих к диктующему узлу составит 2,735 л/с для первого расчетного случая и 17,735 л/с для случая пожаротушения. Двигаясь от диктующего узла к началу сети, расчетные расходы воды на каждом участке получаем как сумму транзитного расхода, уходящего в последующий участок, и расчетного узлового расхода в конечном

узле данного участка. Полученные в первом приближении значения расчетных расходов по участкам сети записываем на расчетную схему (рис.8).

7.2. Гидравлический расчет.

Гидравлический расчет водопроводной сети сводится к выбору экономически наиболее выгодных диаметров труб и определению потерь напора на ее участках. Вычисленные потери напора используются затем для расчета высоты водонапорной башни и потребного напора насосов, питающих водопроводную сеть.

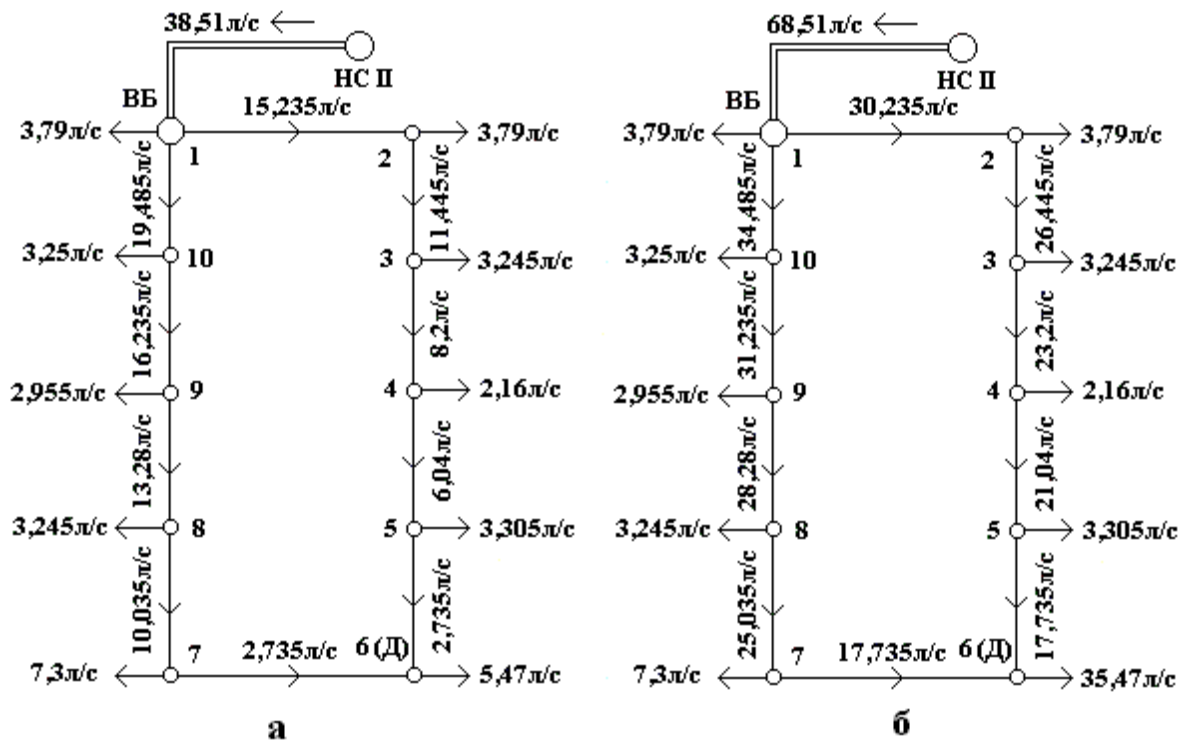


Рис.8. Расчетная схема магистральной водопроводной сети (расчетные узловые расходы воды и расчетные расходы воды по участкам сети): **а** – режим максимального водопотребления; **б** – то же, при тушении пожаров.

Начнем с определения диаметров труб. Магистральную водопроводную сеть будем изготавливать из асбестоцементных водопроводных труб (диаметры труб не более 500 мм). Заполним последовательно в табл.6 и 7 столбцы 1;2 и 4. При заполнении таблицы выделим участки с движением воды по часовой стрелке и против часовой стрелки. Для первого расчетного случая по приложению 14 (асбестоцементные трубы) в зависимости от экономического фактора \mathcal{E} (в примере $\mathcal{E} = 1$) и расчетных расходов воды по участкам сети назначим условные диаметры труб. Не забываем, что диаметр труб магистральной сети согласно [1] должен быть не менее 100 мм. Выбранные диаметры заносим в столбец 3. Во втором расчетном случае (тушение пожаров) расчетные расходы по участкам сети больше, следовательно, больше будут и потери напора. Чтобы избежать чрезмерного (свыше 60 м) свободного напора в сети, необходимо на отдельных участках сети диаметр труб увеличить. Рекомендуем сравнить расчетные расходы воды по участкам сети для рассматриваемых режимов работы системы водоснабжения. Если при тушении пожаров расчетный расход возрастает более чем в 2,5 раза, то диаметр труб можно увеличить на один размер по сортаменту. В рассматриваемом примере диаметры труб увеличены на участках 3-4; 4-5; 5-6; 6-7.

Потери напора на отдельных участках сети определяем по формуле 12 (см. раздел 6). Величину скорости находим из выражения $v = q \times m$, где $m = 4/\pi d^2$. Значения A , m и K берем из приложений 15 и 16.

Вычисляем и заносим в столбец 8 произведения $K A q_p l$, которые потребуются в дальнейшем для определения поправочных расходов воды.

Проверим нашу сеть на соответствие второму закону Кирхгофа:

$$\Sigma h_i = 0 \quad (19)$$

Сумма потерь напора на участках с движением воды по часовой стрелке должна быть равна сумме потерь напора на участках с движением воды против часовой стрелки.

В практических расчетах считается допустимой невязка потерь напора Δh не более 0,3 м для первого расчетного случая и не более 0,5 м для случая пожаротушения.

В рассматриваемом примере:

$$\Delta h_1 = 6,53 - 5,67 = 0,86 \text{ м} > \Delta h_{\text{доп}} = 0,3 \text{ м};$$

$$\Delta h_2 = 33,73 - 30,69 = 3,04 \text{ м} > \Delta h_{\text{доп}} = 0,5 \text{ м}.$$

И в том и в другом случае невязка потерь напора превышает допустимую невязку, следовательно, заданное в первом приближении потокораспределение не соответствует реальности. Необходимо произвести коррекцию расходов по участкам сети или, как говорят, увязку сети.

Увязка кольцевой водопроводной сети сводится к определению значения поправочного расхода Δq , при внесении которого будет найдено истинное распределение расходов воды по участкам сети. Наибольшее распространение получил метод увязки кольцевых сетей предложенный проф. В.Г.Лобачевым. Согласно этому методу поправочный расход воды вычисляют по формуле:

$$\Delta q = \Delta h / 2 \Sigma K A q_p l \quad (20)$$

Полученный поправочный расход воды вносят со знаком «+» во все участки того полукольца магистральной водопроводной сети, в котором сумма потерь напора была меньше, и, наоборот, со знаком «-» во все участки

полукольца, в котором сумма потерь напора была больше (первый закон Кирхгофа будет соблюден).

Определим поправочные расходы для нашего примера.

$$\Delta q_1 = 0,86 / 2(0,569 + 0,514) = 0,397 \text{ л/с};$$

$$\Delta q_2 = 3,04 / 2(1,413 + 1,197) = 0,582 \text{ л/с}.$$

В соответствии с вышеизложенным внесем поправки во все участки водопроводной сети. Получим новые расчетные расходы воды и проведем повторный гидравлический расчет водопроводной сети. Диаметры труб при этом не меняем (значения A останутся прежними). По окончании расчетов выполняем проверку на соблюдение второго закона Кирхгофа:

$$\Delta h_1 = 6,14 - 6,13 = 0,01 \text{ м} < \Delta h_{\text{доп}} = 0,3 \text{ м};$$

$$\Delta h_2 = 32,28 - 32,01 = 0,27 \text{ м} < \Delta h_{\text{доп}} = 0,5 \text{ м}.$$

Результаты расчета удовлетворяют всем условиям. Гидравлический расчет завершен. Если этого не произойдет, увязку сети необходимо повторить еще раз.

Таблица 6. Гидравлический расчет кольцевой магистральной сети в режиме максимального часового водоразбора в сутки максимального водопотребления

Номера участков	Длина участков м	Диаметр труб мм	Предварительное распределение расходов						Первое исправление			
			q_p л/с	v м/с	K	A 10^{-6}	$K A q_p l$	h м	$q_{p \pm \Delta q}$ л/с	v м/с	K	h м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1-2	285	150	15,235	1,135	0,982	31,55	0,134	2,05	15,632	0,996	1,001	2,20
2-3	190	125	11,445	1,027	0,996	76,08	0,165	1,88	11,842	1,062	0,991	2,01
3-4	190	125	8,20	0,736	1,048	76,08	0,124	1,02	8,596	0,771	1,029	1,10
4-5	190	125	6,04	0,542	1,101	76,08	0,096	0,58	6,437	0,577	1,091	0,65
5-6	190	125	2,735	0,246	1,262	76,08	0,050	0,14	3,132	0,281	1,232	0,17
Итого:							0,569	5,67	Итого:			6,13
6-7	285	125	2,735	0,246	1,262	76,08	0,075	0,20	2,338	0,210	1,292	0,15
7-8	190	125	10,035	0,900	1,016	76,08	0,147	1,48	9,638	0,864	1,023	1,37
8-9	190	150	13,28	0,846	1,027	31,55	0,082	1,08	12,883	0,820	1,021	1,02
9-10	190	150	16,235	1,034	0,995	31,55	0,097	1,57	15,838	1,009	0,985	1,48
10-1	190	150	19,485	1,241	0,969	31,55	0,113	2,20	19,088	1,216	0,972	2,12
Итого:							0,514	6,53	Итого:			6,14

Таблица 7. Гидравлический расчет кольцевой магистральной сети в режиме максимального часового водоразбора и пожаротушения в сутки максимального водопотребления

Номера участков	Длина участков м	Диаметр труб мм	Предварительное распределение расходов						Первое исправление				
			q_p л/с	v м/с	K	A 10^{-6}	$K A q_p l$	h м	$q_p \pm \Delta q$ л/с	v м/с	K	h м	
1-2	285	150	30,235	1,926	0,915	31,55	0,249	7,52	29,653	1,889	0,917	7,25	
2-3	190	125	26,445	2,372	0,892	76,08	0,341	9,02	25,863	2,320	0,894	8,64	
3-4	190	125	23,20	2,081	0,906	76,08	0,304	7,05	22,818	2,047	0,908	6,83	
4-5	190	125	21,04	1,887	0,917	76,08	0,279	5,88	20,458	1,853	0,919	5,56	
5-6	190	125	17,735	1,591	0,937	76,08	0,240	4,26	17,153	1,539	0,941	4,00	
Итого:							1,413	33,73	Итого:				32,28
6-7	285	125	17,735	1,591	0,937	76,08	0,360	6,39	18,317	1,643	0,933	6,79	
7-8	190	125	25,035	2,246	0,898	76,08	0,325	8,14	25,617	2,298	0,895	8,49	
8-9	190	150	28,28	1,801	0,922	31,55	0,156	4,42	28,862	1,838	0,920	4,59	
9-10	190	150	31,235	1,990	0,910	31,55	0,170	5,32	31,817	2,027	0,909	5,52	
10-1	190	150	34,485	2,197	0,900	31,55	0,186	6,42	35,067	2,234	0,898	6,62	
Итого:							1,197	30,69	Итого:				32,01

8. Построение линий пьезометрических высот

Разбор воды большинством потребителей происходит на некоторой высоте над поверхностью земли, в связи, с чем в водопроводной сети должно поддерживаться определенное давление. Пьезометрическая высота, обеспечивающая нормальные условия эксплуатации водопровода, носит название свободного напора. Иначе говоря, свободный напор это расстояние от поверхности земли до пьезометрической линии. Минимальный свободный напор для населенных пунктов при максимальном хозяйственно-питьевом водопотреблении принимают [1, п.2.26]: при одноэтажной застройке не менее 10 м над поверхностью земли, при большей этажности на каждый этаж следует добавлять 4 м. В период тушения пожаров свободный напор в сети должен быть не менее 10 м, независимо от этажности зданий [1, п.2.30]. Максимальный напор хозяйственно-питьевого водопровода не должен превышать 60 м [1, п.2.28], в противном случае необходима установка регуляторов давления или зонирование системы водоснабжения.

Перед построением пьезометрических линий необходимо нанести на чертеж продольный профиль поверхности земли по трассе водопроводной сети. Трассу водопроводной сети намечаем от насосной станции второго подъема по водоводам и далее по полукольцу магистральной сети до диктующей точки (выбираем то полукольцо, где сумма потерь напора больше).

Построение пьезометрических линий начинаем от конца сети (от диктующей точки). Принимаем свободный напор в диктующей точке равным минимальному. Для режима максимального хозяйственно-питьевого водопотребления

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

где n – количество этажей.

В нашем примере этажность зданий (см. задание) равна 5 этажам.

$$H_{\text{св.мин}} = 10 + 4(5 - 1) = 26 \text{ м.}$$

Для режима пожаротушения $H_{\text{св.мин}} = 10 \text{ м}$.

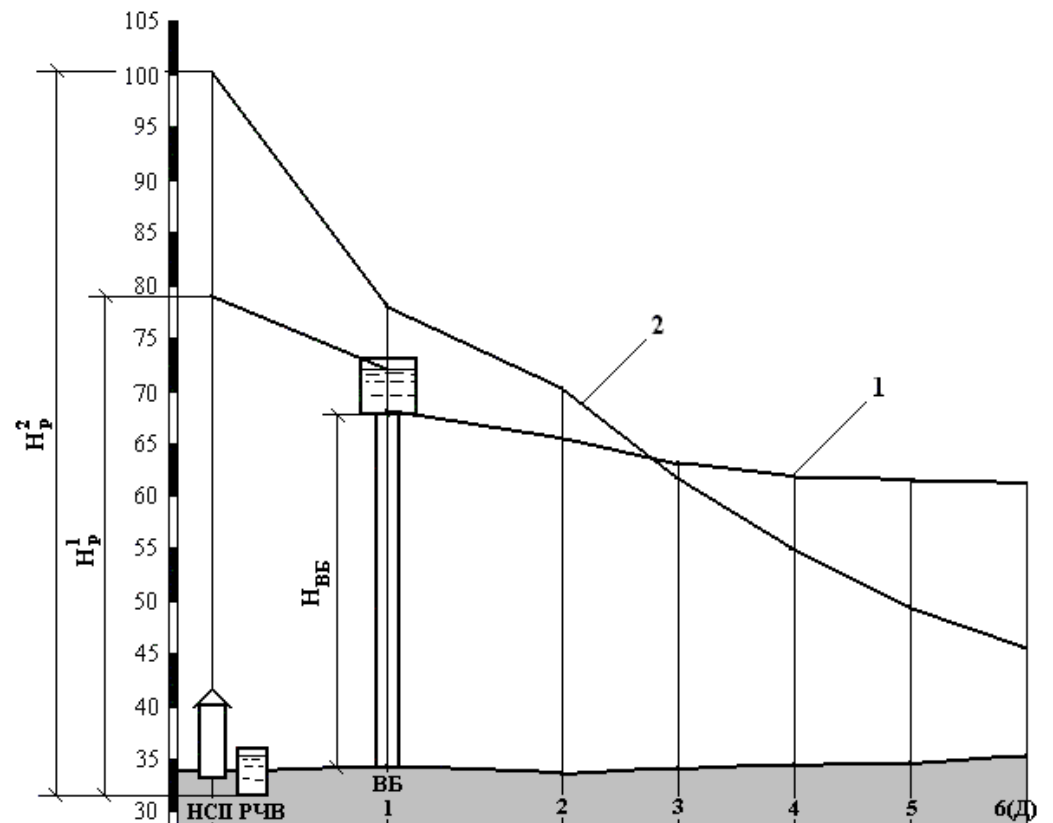
Добавив к отметке поверхности земли в диктующей точке значения минимальных свободных напоров, получим начальные отметки линий пьезометрических высот. Двигаясь последовательно по участкам сети к водонапорной башне и добавляя к полученным ранее отметкам пьезометрических линий потери напора на каждом из участков (табл.6 и 7), строим две линии пьезометрических высот. Свободный напор в узлах магистральной сети определяем как разность между отметками пьезометрических линий и поверхности земли. Свободный напор в точке расположения водонапорной башни (в режиме максимального хозяйственно-питьевого водопотребления) определяет высоту башни от поверхности земли до дна бака. Аналитически высоту водонапорной башни можно определить из выражения:

$$H_{\text{ВБ}} = H_{\text{св.мин}} + \Sigma h - (\nabla_1 - \nabla_d),$$

где: $H_{\text{св.мин}}$ – минимальный свободный напор в диктующей точке для случая максимального хозяйственно-питьевого водопотребления; Σh – сумма потерь напора от диктующей точки до начала кольцевой сети (см. табл.6); ∇_1 и ∇_d – отметки поверхности земли в начале сети и в диктующей точке.

Для рассматриваемого примера $H_{\text{ВБ}} = 26 + 6,13 - (34,1 - 35,5) = 33,53 \text{ м}$

В режиме максимального водопотребления пьезометрическая линия в створе водонапорной башни делает скачок вверх на высоту, равную наибольшей глубине воды в баке водонапорной башни (см. п.4.3.). При пожаротушении водонапорная башня не работает, поэтому пьезометрическая линия в этом случае разрывов не имеет и является непрерывной. Добавив к отметкам пьезометрических линий в створе водонапорной башни соответствующие потери напора в водоводах (см. п.6), получим отметки пьезометрических линий в створе насосной станции второго подъема. Разница между этими отметками и отметкой дна резервуаров чистой воды (см. п.4.2.) определяет расчетный напор насосов насосной станции второго подъема. Для первого расчетного случая:



Длина участков, м			285	285	190	190	190	190	
Отметки поверхности земли, м			33,5	34,1	33,5	33,9	34,4	34,8	35,5
Потери напора, м	1 расч. случай		6,70	2,20	2,01	1,10	0,65	0,17	
	2 расч. случай		23,00	7,25	8,64	6,83	5,56	4,00	
Отметки пьезометрических линий, м	1 расч. случай		78,75	72,05	65,43	63,42	62,32	61,67	61,50
	2 расч. случай		100,78	77,78	70,53	61,89	55,06	49,50	45,50
Свободный напор, м	1 расч. случай		45,25	37,95	30,63	29,02	28,42	27,97	26,00
	2 расч. случай		67,28	43,68	37,03	27,99	20,66	14,70	10,00

Рис.9. Линии пьезометрических высот: 1–режим максимального хозяйственно-питьевого водопотребления; 2- то же при пожаротушении.

$$H_p^1 = 78,75 - 32,15 = 46,6 \text{ м};$$

Для второго расчетного случая:

$$H_p^2 = 100,78 - 32,15 = 68,63 \text{ м.}$$

На рис.9 построены линии пьезометрических высот для рассматриваемого конкретного примера и обозначены расчетные значения напоров насосной станции второго подъема и высоты водонапорной башни.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Удельное хозяйственно-питьевое водопотребление в населенных пунктах [1]

Степень благоустройства районов жилой застройки	Удельное хозяйственно-питьевое водопотребления в населенных пунктах на 1 жителя среднесуточное (за год) в л/сут
1. Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией без ванн	125-160
2. То же, с ваннами и местными водонагревателями	160-230
3. То же, с централизованным горячим водоснабжением	230-350

Примечания:

1. Для районов застройки зданиями с водопользованием из водоразборных колонок норму среднесуточного за год водопотребления на одного жителя следует принимать 30-50 л/сут.
2. Нормами водопотребления учтены расходы воды на хозяйственно-питьевые и бытовые нужды в жилых и общественных зданиях (за исключением домов отдыха, санаториев и пионерских лагерей).
3. Выбор норм водопотребления в пределах, указанных в таблице, производят в зависимости от природно-климатических условий, мощности источника водоснабжения, степени благоустройства зданий, этажности застройки, уклада жизни населения и других местных условий.
4. При централизованной системе горячего водоснабжения до 40% общего расхода воды подают из сетей теплоснабжения.

Приложение 2

Нормы расхода холодной воды в общественных зданиях [2]

Наименование водопотребителя	Измеритель	Максимальный суточный расход в л/сут
1. Общежития:		
- с общими душевыми	1 житель	40
- с душами при всех жилых комнатах	1 житель	50
- с общими кухнями и блоками душевых на этажах при жилых комнатах в каждой секции здания	1 житель	70
2. Гостиницы:		
- с общими ваннами и душами	1 житель	50
- с душами во всех отдельных номерах	1 житель	90
- с ваннами в отдельных номерах, % от общего числа номеров:		
до 25	1 житель	100
до 75	1 житель	100
до 100	1 житель	120
3. Больницы:		
- с общими ваннами и душевыми	1 койка	40
- с санитарными узлами, приближенными к палатам	1 койка	110
4. Детские ясли-сады		
- с дневным пребыванием детей	1 ребенок	70
5. Школы-интернаты		
- со спальными помещениями	1 место	40
6. Клубы	1 место	7
7. Предприятия общественного питания	1 блюдо	13,3

Приложение 3

Удельное водопотребление холодной воды на хозяйственно-питьевые нужды на промышленных предприятиях [2]

Виды цехов	Нормы расхода воды на 1 человека в смену в л.	Коэффициент часовой неравномерности водопотребления
В цехах с тепловыделением более 84 кДж на 1 м ³ /ч (горячие цехи)	21	2,5
В остальных цехах	14	3

Нормы расхода воды на технологические нужды промышленных предприятий определяют в зависимости от вида и технологии производства.

Приложение 4

Нормативные данные для расчета расхода воды на душ на промышленных предприятиях [2,3]

Часовой расход холодной воды на одну душевую сетку на промышленных предприятиях следует принимать равным 230 л; продолжительность пользования душем – 45 минут после окончания смены.

Количество человек, обслуживаемых одной душевой сеткой принимают в зависимости от группы производственного процесса и его санитарных характеристик в соответствии с таблицей:

Группы производственных процессов	Санитарные характеристики производственных процессов	Количество человек на 1 душевую сетку
I	а) Не вызывающие загрязнение одежды и рук	15
	б) Вызывающие загрязнение одежды и рук	7
II	в) С применением воды	5
	г) С выделением больших количеств пыли, либо особо загрязняющих веществ	3

Приложение 5

Коэффициенты неравномерности водопотребления [1]

Коэффициент суточной неравномерности водопотребления, учитывающий уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменения водопотребления по сезонам года и дням недели, надлежит принимать равным:

$$K_{\text{сут.макс}} = 1,1 \dots 1,3; K_{\text{сут.мин}} = 0,7 \dots 0,9.$$

Коэффициент часовой неравномерности водопотребления следует определять из выражений:

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

$$K_{\text{ч.мин}} = \alpha_{\text{мин}} \times \beta_{\text{мин}},$$

где α - коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия, принимаемый:

$$\alpha_{\text{макс}} = 1,2 \dots 1,4; \alpha_{\text{мин}} = 0,4 \dots 0,6.$$

β - коэффициент, учитывающий количество жителей в населенном пункте, и принимаемый по таблице:

Число жителей в тыс.чел.	от 4 до 6	10	20	50	100	300	1000 и более
$\beta_{\text{макс}}$	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
$\beta_{\text{мин}}$	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,85	1

Приложение 6

Режим хозяйственно-питьевого водопотребления населения

Часы суток	Расчетные расходы воды в % от максимального суточного потребления при $K_{ч.макс}$						
	1,35	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0
0-1	3,13	2,98	2,70	2,44	2,19	1,96	1,56
1-2	2,12	1,92	1,58	1,36	1,14	0,96	0,69
2-3	2,10	1,91	1,57	1,26	1,02	0,83	0,53
3-4	2,10	1,91	1,58	1,36	1,14	0,96	0,69
4-5	2,55	2,36	2,01	1,61	1,35	1,12	0,74
5-6	3,36	3,23	2,99	2,75	2,52	2,31	1,91
6-7	4,83	4,90	5,02	4,13	5,21	4,28	5,36
7-8	4,93	5,02	5,18	5,33	5,45	5,55	5,75
8-9	5,50	5,68	6,05	6,42	6,77	7,12	7,81
9-10	5,41	5,58	5,92	6,24	6,56	6,86	7,46
10-11	5,03	5,14	5,34	5,52	5,68	5,82	6,07
11-12	4,71	4,76	4,86	4,92	4,98	5,01	5,03
12-13	4,07	4,03	3,93	3,82	3,70	4,56	3,30
13-14	3,91	3,85	3,72	3,58	3,42	3,27	2,95
14-15	3,74	3,66	3,49	3,32	3,14	2,96	2,60
15-16	4,21	4,19	4,14	4,06	3,97	3,87	3,64
16-17	4,48	4,50	4,51	4,51	4,49	4,45	4,34
17-18	4,34	4,35	4,32	4,29	4,23	4,17	3,99
18-19	4,60	4,63	4,69	5,72	4,74	4,75	4,69
19-20	5,14	5,26	5,49	5,70	5,91	6,09	6,72
20-21	5,32	5,48	5,78	6,07	6,34	6,61	7,11
21-22	5,63	5,83	6,25	6,67	7,08	7,50	8,03
22-23	5,23	5,37	5,63	5,88	6,13	6,35	6,77
23-24	3,56	3,46	3,25	3,04	2,84	2,64	2,26

Приложение 7

Режимы хозяйственно-питьевого водопотребления на промышленных предприятиях

Восьмичасовая смена			Семичасовая смена		
Часы смены	Расходы воды в % от потребления за смену		Часы смены	Расходы воды в % от потребления за смену	
	К_ч=2,5 (горячие цехи)	К_ч=3 (другие цехи)		К_ч=2,5 (горячие цехи)	К_ч=3 (другие цехи)
1-2	12,05	6,25	1-2	10	5,8
2-3	12,05	12,50	2-3	13	12,0
3-4	12,05	12,50	3-4	18	21,4
4-5	12,05	18,75	4-5	10	5,9
5-6	12,05	6,25	5-6	13	12,0
6-7	12,05	12,50	6-7	18	21,4
7-8	12,05	12,50	7-8	18	21,5
8-9	15,65	18,75			

Приложение 8

Режимы суточного водопотребления в общественных зданиях

Часы суток	Расходы воды в % от суточного потребления					
	Общежития, интернаты	Больницы, гостиницы	Столовые	Детские сады	Детские ясли	Клубы
0-1	0,15	0,2	-	-	-	-
1-2	0,15	0,2	-	-	-	-
2-3	0,15	0,2	-	-	-	-
3-4	0,15	0,2	-	-	-	-
4-5	0,15	0,5	-	-	-	-
5-6	0,25	0,5	-	-	-	-
6-7	0,30	3,0	12,0	5,0	10	-
7-8	30,00	5,0	3,0	3,0	5	-
8-9	6,80	8,0	1,0	15,0	7	7
9-10	4,60	10,0	18,0	5,5	5	8
10-11	3,60	6,0	16,0	3,4	7	-
11-12	2,00	10,0	2,0	7,4	3	-
12-13	3,00	10,0	1,0	21,0	20	-
13-14	3,00	6,0	1,0	2,8	6	-
14-15	3,00	5,0	4,0	2,4	6	-
15-16	3,00	8,5	4,0	4,5	6	-
16-17	4,00	5,5	4,0	4,0	2	8
17-18	3,60	5,0	6,0	16,0	12	15
18-19	3,30	5,0	3,0	3,0	6	9
19-20	5,00	5,0	6,0	2,0	1	14
20-21	2,60	2,0	7,0	2,0	1	10
21-22	18,60	0,7	10,0	3,0	3	8
22-23	1,60	3,0	-	-	-	9
23-24	1,00	0,5	-	-	-	12

Приложение 9

Время заполнения баков-аккумуляторов [2]

Запас воды в баках-аккумуляторах, устраиваемых в бытовых зданиях и помещениях промышленных предприятий, следует определять в зависимости от времени их заполнения в течение смены, принимаемого по таблице:

Число душевых сеток	10 - 20	21 - 30	31 и более
Время заполнения баков-аккумуляторов в часах	2	3	4

Приложение 10

Размеры типовых резервуаров для воды

Вместимость, м ³	Круглые резервуары				Прямоугольные резервуары		
	Сборные		Монолитные		Сборные		
	Диаметр	Высота	Диаметр	Высота	Ширина	Длина	Высота
50	6	1,8	4,7	3,5	3	6	3,6
100	6	3,6	6,5	3,5	6	6	3,6
150	-	-	8,0	3,5	-	-	-
250	9	3,6	10,0	3,7	6	12	3,6
400	-	-	13,0	3,7	-	-	3,6
500	12	4,8	-	-	12	12	4,8
600	-	-	13,0	5,0	-	-	-
1000	18	4,8	19,0	4,0	12	18	4,8
1500	-	-	22,0	4,5	-	-	-
2000	24	4,8	25,4	4,5	18	24	4,8
3000	30	4,8	-	-	24	30	4,8

Приложение 11

Расчетный расход воды на наружное пожаротушение и расчетное количество
одновременных пожаров в населенных пунктах [1]

Количество жителей в населенном пункте в тыс.чел.,до	Расчетное количество одновременных пожаров	Расходы воды на наружное пожаротушение в населенных пунктах в л/с	
		Застройка зданиями до двух этажей включительно	Застройка зданиями свыше двух этажей
5	1	10	10
10	1	10	15
25	2	10	15
50	2	20	25
100	2	25	35
200	3	-	40
300	3	-	55
400	3	-	70
500	3	-	80

Средние значения экономического фактора Э [1]

Значения предельных экономических расходов зависят от экономического фактора Э, средние значения которого в первом приближении можно принимать:

Для Сибири и Урала (большая глубина заложения труб, относительно дешевая электроэнергия)..... **0,5**

Для центральных и западных районов Европейской части России..... **.0,75**

Для южных районов (небольшая глубина заложения труб, относительно дорогая электроэнергия)..... **1,0**

Приложение 13

Предельные экономические расходы для стальных и чугунных труб [4]

Условный диаметр труб d_y в мм	Предельные экономические расходы в л/с					
	$\Xi=0,5$		$\Xi=0,75$		$\Xi=1,0$	
	Стальные	Чугунные	Стальные	Чугунные	Стальные	Чугунные
100	13,4	10,6	11,7	9,3	10,6	8,4
125	19,0	16,8	16,6	14,5	15,1	13,3
150	25,0	28,3	21,8	24,0	19,8	22,4
175	33,4	-	29,2	-	26,5	-
200	53,0	51,2	46,0	43,0	42,0	40,6
250	82,0	82,2	71,0	73,0	65,0	65,3
300	118,0	121,0	103,0	106,0	93,0	96,0
350	161,0	167,0	140,0	146,0	128,0	132,0
400	211,0	220,0	184,0	196,0	167,0	175,0
450	268,0	286,0	234,0	256,0	213,0	227,0
500	360,0	394,0	315,0	352,0	286,0	313,0
600	507,0	581,0	443,0	530,0	402,0	461,0

Приложение 14

Предельные экономические расходы для асбестоцементных труб [4]

Условный диаметр труб d_y в мм	Предельные экономические расходы в л/с		
	$\Theta=0,5$	$\Theta=0,75$	$\Theta=1,0$
100	10,1	9,1	8,4
125	15,2	13,8	12,7
150	26,1	23,6	21,8
200	48,7	44,0	40,7
250	78,2	71,0	65,3
300	114,0	103,0	95,6
350	160,0	144,0	133,0
400	240,0	217,0	201,0
500	560,0	505,0	465,0

Приложение 15

Значения удельных сопротивлений Λ (для q в м³/с) и коэффициента $m=4/\pi d^2$
для асбестоцементных, неновых стальных и чугунных труб [4]

d_y , мм	Стальные		Чугунные		Асбестоцементные	
	Λ	m	Λ	m	Λ	m
100	172,9	0,098	311,7	0,122	187,7	0,127
125	76,36	0,072	96,72	0,0787	76,08	0,0897
150	30,65	0,051	37,11	0,0548	31,55	0,0637
175	20,79	0,044	-	-	-	-
200	6,969	0,0292	8,092	0,0310	6,898	0,0356
250	2,187	0,0188	2,528	0,0199	2,227	0,0231
300	0,8466	0,0132	0,9485	0,0137	0,914	0,0164
350	0,3731	0,00966	0,4365	0,0103	0,4342	0,0123
400	0,1859	0,00743	0,2189	0,00791	0,2171	0,0094
450	0,09938	0,00586	0,1186	0,00697	-	-
500	0,05784	0,00478	0,06778	0,00508	0,07138	0,00611
600	0,02262	0,00336	0,02596	0,00354	-	-

Приложение 16

Поправочные коэффициенты к значениям A для стальных, чугунных и асбестоцементных труб в зависимости от скорости движения воды v [4]

v , м/с	K	
	Стальные и чугунные трубы	Асбестоцементные трубы
0,10	1,68	1,483
0,20	1,41	1,308
0,25	1,33	1,257
0,30	1,28	1,217
0,35	1,24	1,185
0,40	1,20	1,158
0,45	1,175	1,135
0,50	1,15	1,115
0,55	1,13	1,098
0,60	1,115	1,082
0,65	1,10	1,069
0,70	1,085	1,056
0,75	1,07	1,045
0,80	1,06	1,034
0,85	1,05	1,025
0,90	1,04	1,016
1,00	1,03	1,000
1,10	1,015	0,986
1,20	1,00	0,974
1,30	1,00	0,963
1,40	1,00	0,953
1,50	1,00	0,944
1,60	1,00	0,936
1,70	1,00	0,928
1,80	1,00	0,922
1,90	1,00	0,916
2,00	1,00	0,910
2,10	1,00	0,905
2,20	1,00	0,900
2,30	1,00	0,895
2,40	1,00	0,891
2,50	1,00	0,887

Категории централизованных систем водоснабжения по степени обеспеченности подачи воды [1]

I — допускается снижение подачи воды на хозяйственно-питьевые нужды не более 30 % расчетного расхода и на производственные нужды до предела, устанавливаемого аварийным графиком работы предприятий; длительность снижения подачи не должна превышать 3 сут. Перерыв в подаче воды или снижение подачи ниже указанного предела допускаются на время выключения поврежденных и включения резервных элементов системы (оборудования, арматуры, сооружений, трубопроводов и др.), но не более чем на 10 мин;

II — величина допускаемого снижения подачи воды та же, что при I категории; длительность снижения подачи не должна превышать 10 сут. Перерыв в подаче воды или снижение подачи ниже указанного предела допускаются на время выключения поврежденных и включения резервных элементов или проведения ремонта, но не более чем на 6 ч;

III — величина допускаемого снижения подачи воды та же, что при I категории; длительность снижения подачи не должна превышать 15 сут. Перерыв в подаче воды или снижение подачи ниже указанного предела допускается на время проведения ремонта, но не более чем на 24 ч.

Объединенные хозяйственно-питьевые и производственные водопроводы населенных пунктов при числе жителей в них более 50 тыс. чел. следует относить к I категории; от 5 до 50 тыс. чел. — ко II категории; менее 5 тыс. чел. — к III категории.

Литература

1. СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. - М.: Стройиздат, 1985.
2. СНиП 2.04.01-85 Внутренний водопровод и канализация зданий./Госстрой СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.
3. СНиП 2.09.02-85
4. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб. – М.: Стройиздат, 1973.