

МПС СССР *Голован*
ВСЕСОЮЗНЫЙ ЗАОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Одобрено кафедрой
Водоснабжения и водоотведения

ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Задание и методические указания
к выполнению курсового проекта № 2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ
ВОДOPPOBODНОЙ СЕТИ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ
И НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА

для студентов V курса
специальности

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ,
РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА
ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Москва — 1990

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курс "Водоснабжение" является одним из профилирующих для студентов специальности "Водоснабжение, канализация, рациональное использование и охрана водных ресурсов". Работа над материалом курса включает как изучение теории, так и получение практических навыков проектирования и расчета устройств водоснабжения. Одним из наиболее ответственных и дорогостоящих элементов этих устройств являются водопроводные сети.

В объем проекта входит расчет и проектирование наружной водопроводной сети железнодорожной станции и населенного пункта при ней.

Проект состоит из 25-30 страниц расчетно-пояснительной записки и графической части.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать описание объекта и принятой схемы водопроводной сети, а также все необходимые расчеты и обоснование принятых решений.

Рекомендуется следующий порядок написания расчетно-пояснительной записки:

1. Введение.
2. Определение расчетных суточных расходов воды.
3. Определение расчетных расходов воды на пожаротушение.
4. Выбор системы водоснабжения.
5. Выбор места расположения водонапорной башни и трассирование водопроводной сети.
6. Определение расчетных часовых расходов воды. Построение суточного графика водопотребления и водоподачи.
7. Выбор расчетных режимов работы водопроводной сети и определение секундных расходов.
8. Составление расчетной схемы отдачи воды сетью.
9. Выбор материала и определение диаметров труб участков

водопроводной сети.

10. Определение потерь напора на участках сети.
11. Гидравлический расчет кольцевой водопроводной сети.
12. Гидравлический расчет кольцевой сети на ЭВМ.
13. Использование результатов гидравлического расчета сети; построение пьезометрических линий.
14. Определение основных размеров водонапорной башни.
15. Разработка детализовки одного-двух колец магистральной сети и конструкции узлового колодца.

При выполнении раздела "Гидравлический расчет на ЭВМ" следует подготовить бланки исходных данных и по возможности произвести расчет на ЭВМ.

Графическая часть проекта должна быть представлена одним листом чертежа формата А4, а также чертежами в расчетно-пояснительной записке, выполненными на миллиметровой бумаге.

На листе чертежа в масштабе 1:5000 следует нанести план населенного пункта и железнодорожной станции в горизонталях, где по кольцевой схеме запроектировать водопроводную сеть из магистральных и распределительных линий, указать место расположения водонапорной башни или нагорного резервуара.

На чертежах в расчетно-пояснительной записке вычертить продольный профиль по одной из магистралей сети от водонапорной башни или насосной станции (для системы с контррезервуарами) до диктующей точки с указанием расположения пьезометрических линий для всех расчетных случаев (масштаб горизонтальный 1:5000-1:10000, вертикальный 1:100-1:200); выполнить детализовку одного-двух колец магистральной сети с указанием места расположения задвижек, пожарных гидрантов и фасонных частей; привести конструкцию в плане одного из колодцев водопроводной сети. Детализовка колец может быть выполнена схематически без масштаба, конструкция колодца - в любом масштабе.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

I. Характеристика и назначение водопровода. Водопровод проектируется объединенный, одновременно обслуживающий хозяйственно-питьевые, производственные и противопожарные нужды.

2. Условия проектирования и строительства приведены в табл. I.

3. Данные к расчету водопотребления различными категориями потребителей представлены в таблицах 2-4.

4. Если студент располагает реальными материалами и имеется производственная необходимость в составлении проекта водопроводной сети по месту его работы, то целесообразным будет разработка реального проекта по индивидуальному варианту, но в объеме, установленном данным заданием.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ СУТОЧНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ

Водопроводная сеть должна быть рассчитана на подачу требуемого количества воды в сутки наибольшего водопотребления. Для населенного пункта и железнодорожной станции этот расход включает: суточный расход на хозяйственно-питьевые нужды населения; наибольший расчетный расход воды на производственные нужды промышленных предприятий и железнодорожной станции; расход на хозяйственно-питьевые нужды рабочих во время их пребывания на производстве; расход воды на поливку улиц и зеленых насаждений.

Все вычисления по определению расчетного суточного расхода воды удобно сводить в табл. 5.

Таблица 1

Характеристика района строительства

Исходные данные	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Район строительства (область)	Ленинградская	Московская	Киевская	Смоленская	Горьковская	Ростовская	Пензенская	Одесская	Вологодская	Курская
Глубина промерзания грунта, м	1,15	1,40	0,90	1,10	1,55	0,90	1,50	0,60	1,8	1,6

4

Таблица 2

Населенный пункт

Исходные данные	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номер рисунка плана населенного пункта	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Степень благоустройства жилой застройки	Внутренний водопровод, канализация, ванны с местными водонагревателями	Внутренний водопровод, канализация, ванны с местными водонагревателями	Внутренний водопровод, канализация, ванны с местными водонагревателями	Внутренний водопровод, канализация, ванны с местными водонагревателями	Внутренний водопровод, канализация, ванны с местными водонагревателями	Внутренний водопровод, канализация, ванны с местными водонагревателями	Внутренний водопровод, канализация, ванны с местными водонагревателями	Внутренний водопровод, канализация, ванны с местными водонагревателями	Внутренний водопровод, канализация, ванны с местными водонагревателями	Внутренний водопровод, канализация, ванны с местными водонагревателями

Окончание табл. 2

I	II									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Этажность застройки	3	4	5	5	3	4	5	3	4	3
Плотность населения, чел./га	120	125	130	145	135	140	165	155	160	150

- Примечания: 1. В проекте следует выполнить расчет расходов воды на нужды бани и прачечной по данным, приведенным в п. 2 методических указаний.
 2. При определении потребных расходов воды на поливку площадок поливаемой территории определяется по плану населенного пункта.
 3. Представленные на рисунках 6-16 планы населенных пунктов даны в масштабе 1:10000, при нанесении планов на лист чертежа его следует увеличить до М 1:5000.

5

Таблица 3

Железнодорожная станция

Исходные данные	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Пассажирское здание (вокзал), м ³ /сут	10	12	14	19	16	18	25	21	23	20

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Технологические нужды:										
Локомотивного депо по сменам:										
1-я смена, м ³ /смену	110	130	150	160	180	-	-	-	-	-
2-я смена, " "	60	60	70	80	80	-	-	-	-	-
3-я смена, " "	40	50	50	60	70	-	-	-	-	-
вагонного депо по сменам:										
1-я смена, м ³ /смену	-	-	-	-	-	100	110	130	140	160
2-я смена, " "	-	-	-	-	-	60	70	80	90	90
3-я смена, " "	-	-	-	-	-	40	50	50	60	70
котельной, м ³ /сут.	160	190	220	250	280	150	180	210	240	270
компрессорной, м ³ /сут	200	170	140	110	100	210	180	150	120	90
Заправка пассажирских вагонов, ваг./сут	128	80	96	112	80	112	128	96	112	96
Наружная соемвка пассажирских вагонов, ваг./сут	-	-	-	-	-	96	112	80	80	64
Наружная и внутренняя соемвка грузовых вагонов, ваг./сут	-	-	-	-	-	160	180	100	140	120
Соемвка локомотивов, лок./сут	4	5	8	7	6	-	-	-	-	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Дом отдыха локомотивных бригад, мест	45	40	55	60	50	35	30	25	20	15
Рабочие депо, чел:										
1-я смена	160	180	200	260	220	240	340	300	320	280
2-я смена	110	120	130	180	140	160	230	200	220	190
3-я смена	80	90	100	150	110	130	200	170	190	160
Из них работают каждую смену в горячих цехах, чел.	-	40	-	35	-	30	-	45	-	50

Примечания: 1. План железнодорожной станции принимается одинаковым для всех вариантов по рис. 16 в масштабе 1:5000.
 2. Потребный свободный напор на объектах железнодорожной станции принять $H_{св.тр} = 12 м.$
 3. Работу котельной и компрессорной принять круглосуточной с равномерным расходом воды по часам суток.

Таблица 4

Промышленное предприятие населенного пункта

Исходные данные	Предшлюстдний цифра шифра									
	0	I	2	3	4	5	6	7	8	9
Технологические нужды промышленного предприятия по сменам: 1-я смена, м ³ /смена 2-я смена, м ³ /смена	250	280	300	380	330	350	470	420	450	400
	200	220	250	320	270	300	430	380	400	350
Рабочие предприятия по сменам (холодные цеха): 1-я смена, чел. 2-я смена, чел.	300	330	360	450	390	420	570	510	540	480
	250	260	270	300	240	280	330	340	360	320

Примечание: Продолжительность смены на промышленном предприятии - 8 часов для всех вариантов. Потребный свободный напор на промышленном предприятии принять $H_{св.тр} = 16$ м.

Таблица 5

Расчетные суточные расходы воды

Потребители воды	Единица измерения	Количество единиц измерения	Средняя норма расхода воды, м ³	K _{сут.тох}	Суточный расход, м ³	
					средний	максимальный
I	2	3	4	5	6	7
Население	человек					
Нужды местной промышленности и неучетные расходы	-	-	-	-		
Итого:						
В том числе сосредоточенные потребители воды:						
баня	I посетитель		0,18-0,36	-		
прачечная	I кг белья		0,075	-		
Железнодорожная станция:						
Вокзал (в зависимости от размеров станции)	здание		5-25			
Котельная (технологические нужды по сменам)	м ³		-			
Компрессорная (технологические нужды по сменам)	м ³		-			
Заправка пассажирских вагонов:						
купейных	вагон		0,85	-		
некупейных	вагон		0,63	-		
Обмывка вагонов:						
пассажирских (наружная)	вагон		2,5	-		
грузовых (наружная и внутренняя)	вагон		4,0	-		

Окончание табл. 5

1	2	3	4	5	6	7
Локомотивное (вагонное) депо:						
технологические нужды (по сменам)	м ³		-			
хозяйственно-питьевые нужды в горячих цехах (по сменам)	человек		0,045	I		
хозяйственно-питьевые нужды в холодных цехах (по сменам)	человек		0,025	I		
душевные нужды по цехам (по сменам)	сетка		0,375	-		
Дом локомотивных бригад:						
хозяйственно-питьевые нужды	I место		0,035	I		
душевные нужды	сетка		0,375	-		
Промышленное предприятие:						
технологические нужды по сменам	м ³		-			
хозяйственно-питьевые нужды в горячих цехах (по сменам)	м ³		0,045	I		
хозяйственно-питьевые нужды в холодных цехах (по сменам)	м ³		0,025	I		
душевные нужды по цехам (по сменам)	сетка		0,375	-		
Поливка территории:			0,0003- 0,0005	-		
улиц, тротуаров и проездов	м ²					
городских зеленых насаждений	м ²		0,003- 0,004	-		
газонов и цветников	м ²		0,004- 0,006	-		
Итого:						

При заполнении табл. 5 используются следующие расчетные формулы и нормативные данные [1]:

1. Средний суточный расход воды $Q_{сут. ср}$ на хозяйственно-питьевые нужды населения определяют в м³/сут по формуле

$$Q_{сут. ср} = q_{ж} N_{ж} / 1000, \quad (1)$$

где $q_{ж}$ - удельное водопотребление, принимается по [1] (см. прил. I);

$N_{ж}$ - расчетное число жителей, чел., в районах жилой застройки, определяется по формуле

$$N_{ж} = pF,$$

где p - заданная плотность населения, чел./га;

F - площадь жилой застройки населенного пункта, га, без учета площади дорог, проездов, зеленых насаждений, территории предприятий.

Максимальный суточный расход $Q_{сут. max}$, м³/сут, на хозяйственно-питьевые нужды населения определяют с учетом коэффициента суточной неравномерности водопотребления, $K_{сут. max}$, по формуле

$$Q_{сут. max} = K_{сут. max} Q_{сут. ср}, \quad (2)$$

Коэффициент $K_{сут. max}$, учитывающий уклад жизни населения, режим работы предприятий, степень благоустройства зданий, изменения водопотребления по сезонам года и дням недели, надлежит принимать равным $K_{сут. max} = I, I - I, 3$.

2. Количество воды на нужды местной промышленности, обеспечивающей население продуктами, и неучтенные расходы допускается принимать дополнительно в размере 10-20 % расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды населения.

Расходы воды банями и прачечными являются сосредоточенными и характеризуются значительными величинами. Суточные расходы этими водопотребителями определяют в м³/сут по формулам:

для бани

$$Q_B = \frac{N_{ж} 5 t_B q_B}{1000}; \quad (3)$$

для прачечной

$$Q_{II} = \frac{N_{ж} 100 n_{см} q_{II}}{1000}, \quad (4)$$

где 5 - число мест в бане на 1000 жителей в час;

100 - количество белья, подлежащего стирке в смену на 1000 жителей, кг;

$t_{с}$ - продолжительность работы бани в сутки, $t_{с} = 16$ ч;

$n_{см}$ - число смен работы прачечной в сутки, $n_{см} = 2$;

$q_{с}$ - норма расхода воды на I посетителя, принимается по СНиП 2.04.01-85 [2] (для мытья в мыльной с тазами на скамьях и ополаскиванием в душе - $q_{с} = 0,18$ м³; для мытья в душевых кабинах - $q_{с} = 0,36$ м³);

q_{II} - норма расхода воды на I кг белья принимается по [2] (для механизированных прачечных - $q_{II} = 0,075$ м³).

3. Суточный расход воды железнодорожной станцией определяется отдельно по всем потребителям. В табл. 5 приведены основные потребители воды на железнодорожной станции и указаны нормы водопотребления для них.

Нормы водопотребления на технические нужды других потребителей железнодорожной станции можно принять по прил. 2.

При разработке курсового проекта расходы воды на технологические нужды котельной, компрессорной, локомотивного и вагонного депо приводятся в задании.

Расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды рабочих депо и на прием душа во время пребывания их на производстве учитывается дополнительно к хозяйственно-питьевому водопотреблению населения поселка. Эти дополнительные расходы составляют 0,045 м³ на I человека в смену в горячих цехах и 0,025 м³ на I человека - в холодных цехах.

Часовой расход воды на I душевую сетку принимает 500 л при продолжительности пользования душем 45 мин (за время пользования расход составляет 375 л) после окончания каждой смены.

Количество душевых сеток определяется по расчетному количеству человек, работающих в смене, на одну душевую сетку в зависимости от групп санитарной характеристики производственных процессов (см. прил. 3).

Работы, выполняемые в холодных цехах локомотивного или вагонного депо (основные процессы по техосмотру и профилактическому ремонту локомотивов и вагонов, обтирка локомотивов, смазка подшипников, слесарно-механические работы в цехах вагонных и локомотивных депо), относятся к группе Ib по санитарной характеристике производственных процессов. Работы, выполняемые в горячих цехах (основные процессы в термических, кузнечных, литейных цехах депо по ремонту локомотивов и вагонов), относятся к группе IIб.

По максимальному количеству душевых сеток m определяют расход воды в м³/смену на душевые нужды работающих в первую смену по формуле

$$Q_{душ. I} = 0,375 m. \quad (5)$$

Расходы воды на душевые нужды других смен определяют по соотношению работающих по сменам:

$$Q_{душ. II} = Q_{душ. I} \frac{n_{II}}{n_I}; \quad Q_{душ. III} = Q_{душ. I} \frac{n_{III}}{n_I} \quad (6)$$

где n_I, n_{II}, n_{III} - число работающих по сменам.

Количество душевых сеток в доме локомотивных бригад определяется по среднечасовому количеству (за сутки) локомотивных поездных бригад, прибывающих в депо, с коэффициентом 1,2 неравномерности подхода поездов. Как правило, в доме локомотивных бригад устанавливают 2 душевых сетки, суточный расход воды через которые составляет $0,5 \times 2 \times 24 = 24$ м³ (0,5 м³ - часовой расход воды на I душевую сетку; 24 - число часов работы душевых кабин в сутки).

4. Суточный расход воды промышленным предприятием (одним или несколькими) определяют по той же методике, что и для локомотивного или вагонного депо. Если в задании не приводится группа санитарной характеристики производственного процесса предприятия, то ее можно взять по аналогии с депо.

5. Максимальный суточный расход воды на каждый вид поливки определяют в м³/сут по формуле

$$Q_{полив. max} = \frac{q_{II} F_{II} n_{II}}{1000}, \quad (7)$$

где q_n - норма расхода воды на полив, л/м², принимается по [1] (см. прил. 4);

F_n - поливаемая площадь, м²;

n_n - количество поливок, надлежит принимать 1-2 в сутки в зависимости от климатических условий.

Средний суточный расход воды на поливку определяют в м³/сут по формуле

$$V_{\text{полив. ср}} = \frac{V_{\text{полив. max}} n_{\text{полив}}}{12}, \quad (8)$$

где $n_{\text{полив}}$ - число месяцев полива в году ($n = 6-8$).

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ НА ПОЖАРОТУШЕНИЕ

Расход воды на пожаротушение не входит в расчетное суточное водопотребление. Этот расход обеспечивается в виде запаса в баке водонапорной башни на 10-минутную продолжительность тушения расчетного количества наружных и внутренних пожаров и в резервуарах чистой воды на общую 3-часовую продолжительность пожаротушения.

Вместе с тем водопроводная сеть должна быть проверена расчетом на подачу расходов для тушения пожаров, совпадающих с часом максимального водопотребления на хозяйственно-питьевые и технические нужды. Поэтому в этом разделе целесообразно определить также расчетный расход воды на наружное и внутреннее пожаротушение.

Нормы расхода воды на наружное пожаротушение и расчетное количество пожаров в населенных пунктах принимают по прил. 5. В расчетное количество одновременных пожаров включаются также пожары на промышленных предприятиях, расходы воды на тушение пожара которых принимают по прил. 6. В соответствии со СНиП П-90-81 для локомотивных депо принимают III степень огнестойкости зданий и категорию производства Г по пожарной опасности; для вагонных депо - III степень огнестойкости и категорию В.

Расчетное количество одновременных пожаров на промпредприятии (депо) принимается: при площади территории предприятия менее 150 га - 1 пожар, 150 га и более - 2 пожара.

Для объединенного водопровода, обслуживающего поселок и

железнодорожную станцию (промышленное предприятие, расположенное вне населенного пункта), расчетное число одновременных пожаров n принимают в зависимости от площади предприятий F и численности населения $N_{ж}$: при площади территории предприятия до 150 га, при числе жителей в населенном пункте до 10 тыс. человек - один пожар (в депо или в населенном пункте по наибольшему расходу воды); то же, при числе жителей в населенном пункте от 10 до 25 тыс. человек - два пожара (один в депо и один в населенном пункте);

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

при числе жителей в населенном пункте более 25 тыс. человек расчетное число одновременных пожаров принимают как сумму потребного большего расхода (на предприятии или в населенном пункте) и 50 % потребного меньшего расхода (на предприятии или в населенном пункте).

Дополнительно к расходу воды на наружное пожаротушение следует учитывать расход воды на внутреннее пожаротушение в производственных и общественных зданиях, требующих наибольшего расхода воды в соответствии с требованиями СНиП 2.04.01 - 85 (как правило, этот расход принимается в размере 5 л/с для депо или другого предприятия).

4. ВЫБОР СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Выбор системы водоснабжения зависит от наличия источников водоснабжения, качества воды в них и суточных расходов воды заданных потребителей.

Системы водоснабжения могут быть объединенными, неполно раздельными и раздельными.

В тех случаях, когда вода по своим качествам пригодна для хозяйственно-питьевых и производственных целей и имеется один источник водоснабжения, проектируют объединенную систему водоснабжения.

Устройство неполной раздельной системы водоснабжения для

туется несовпадением требований к качеству воды на хозяйственно-питьевые и производственные нужды, а также соотношением их суточных расходов.

Раздельную систему водоснабжения, предусматривающую наличие самостоятельных хозяйственно-питьевого, производственного и противопожарного водопроводов, устраивают довольно редко.

Противопожарный водопровод, как правило, объединяют с хозяйственно-питьевым или производственным водопроводом.

В предлагаемых студентам заданиях на разработку проекта водоснабжения населенного пункта и железнодорожной станции с незначительными расходами воды на производственные нужды по сравнению с хозяйственно-питьевыми обычно принимают объединенную хозяйственно-производственно-противопожарную систему водоснабжения.

Эта система состоит из водозаборных сооружений, насосных станций, очистных сооружений, водоводов, водопроводной сети, регулирующих и запасных емкостей.

При нанесении основных сооружений водоснабжения на план населенного пункта и железнодорожной станции водозаборные сооружения из поверхностного источника следует располагать выше населенного пункта (по течению реки). При использовании подземных вод водозаборные скважины должны располагаться в удалении от города для возможности создания зон санитарной охраны. Насосные станции и очистные сооружения располагают вблизи источника. Напорные водоводы прокладывают в две линии по кратчайшему расстоянию от насосной станции до водонапорной башни или водопроводной сети.

5. ВЫБОР МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ И ТРАССИРОВАНИЕ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Водонапорная башня может располагаться в различных точках населенного пункта в зависимости от сочетания планировки поселка и рельефа местности. Как правило, башню устанавливают на наиболее высоких отметках местности и по возможности ближе к главным водопотребителям. При плоском рельефе местности башню рекомендуется размещать в середине или в

конце водопроводной сети.

Водопроводная сеть населенного пункта и станции проектируется по кольцевой схеме и состоит из магистральных и распределительных линий. Гидравлический расчет выполняется только для магистральных линий. Распределительные линии не рассчитывают, а диаметры труб принимают в основном из соображения подачи противопожарных расходов воды не менее 100 мм. Прокладывают распределительные линии по всем улицам и по периферии кварталов.

При трассировании магистральных линий руководствуются следующими правилами:

направление магистральных линий должно соответствовать направлению движения основных масс воды, их следует прокладывать по наиболее возвышенным улицам;

по основному направлению трассируется несколько магистральных линий, расстояние между которыми по технико-экономическим соображениям рекомендуется принимать в пределах 300-600 м;

основные магистрали должны быть соединены между собой перемычками для возможности перераспределения расходов воды при изменении режимов работы сети, расстояние между перемычками рекомендуется принимать в пределах 400-800 м;

магистральная сеть должна охватывать наиболее крупных водопотребителей и представлять собой очертание в виде ряда смежных колец, проходящих более или менее равномерно через всю территорию населенного пункта и железнодорожной станции.

При трассировании водопроводной сети железнодорожной станции необходимо соблюдать следующие условия:

пересечение путей выполняется только под прямым углом вне горловин станции и стрелочных переводов;

минимальное расстояние от магистральной линии водопровода, идущего вдоль путей, до крайнего рельса принимается равным 5 м, а с учетом развития станции - 15-20 м;

в междупутьях допускается укладка только второстепенных водопроводных линий.

На разводящей водопроводной сети населенного пункта необходимо предусматривать установку пожарных гидрантов вдоль проездов на расстоянии 100-150 м друг от друга. На разводящей сети станции пожарные гидранты размещают в местах расположения зданий складов и других сооружений.

Водопроводная сеть разделяется на отдельные ремонтные участки задвижками, расстановку которых выполняют по следующим правилам:

распределительные и второстепенные линии должны допускать возможность отключения их от главных магистралей;

основные магистрали и распределительные линии должны разделяться задвижками на ремонтные участки длиной 0,5-1 км, при этом каждый участок должен выключаться не более чем четырьмя-пятью задвижками, а число одновременно отключаемых пожарных гидрантов не должно превышать пяти;

задвижками должны ограждаться пересечения водопроводом железнодорожных линий, проездов и рек.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ЧАСОВЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ. ПОСТРОЕНИЕ СУТОЧНОГО ГРАФИКА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ВОДОПОДАЧИ

Суточные расходы воды принимают за основу расчета всей системы подачи и распределения воды. Для расчета водопроводной сети необходимо знать максимальный часовой и соответствующий ему секундный расход воды в сутки максимального водопотребления. С этой целью составляют сводную таблицу часовых расходов воды всех потребителей (табл. 6) и по данным таблиц строят суммарный график водопотребления по часам суток.

Графы табл. 6 заполняют следующим образом.

Распределение общего расхода воды на хозяйственно-питьевные нужды и неучтенных расходов по часам суток в процентах от $Q_{сут}$ (графа 2) принимается в зависимости от расчетного коэффициента часовой неравномерности $K_{z, max}$ по прил. 7.

Коэффициент часовой неравномерности водопотребления следует определять по формуле

$$K_{z, max} = \alpha_{max} \beta_{max} \quad (9)$$

где α_{max} - коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы предприятий и другие местные условия, принимаемый $\alpha_{max} = 1,2 - 1,4$;

β_{max} - коэффициент, учитывающий число жителей в населенном пункте, принимается по [I] (см. прил. 8).

Из приложения следует принимать распределения расходов воды для K_z , наиболее близкого к расчетному $K_{z, max}$. Общий расход воды на нужды населения с учетом неучтенного расхода (графа 3) принимается из табл. 5 и расписывается по часам суток в зависимости от значения процентов для каждого часа.

Расход воды баней и прачечной (графы 4 и 5) рекомендуется принимать равномерным в период с 7 до 23 часов.

Значение равномерно-распределенного расхода (графа 6) для каждого часа получают вычитанием из общего расхода (графа 3) расходов воды баней и прачечной (графы 4 и 5).

График разбора воды на поливку рекомендуется условно принимать следующим: 70 % всего поливочного расхода осуществляется машинами равномерно в период с 6 до 18 часов, а остальные 30 % - из шлангов вручную также равномерно в период с 5 до 8 и с 19 до 22 часов. Желательно не допускать поливки в часы наибольшего водопотребления для других нужд.

Расходы воды на технологические нужды депо, котельной, компрессорной и предприятия можно принять равномерными в течение каждой смены.

Распределение расхода воды на хозяйственно-питьевные нужды работающих в депо и на предприятии зависит от характера и типа производства и учитывается коэффициентами часовой неравномерности, которые составляют:

Таблица 6

Часовые расходы воды по видам потребителей

Часы суток	Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды населения и неучтенные расходы			Расход воды на поливку, м ³		Расход воды в депо				Расход воды КО-комплексов, сорной, м ³						
	Общий расход	В том числе		из шлангов	машинами	Технологические	Хозяйственно-питьевые				Душевые, м ³					
		в м ³	в м ³				в м ³	в м ³	в м ³			в м ³	в м ³			
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0-1																
1-2																
...																
23-24																

20

Окончание табл. 6

Заправка вагонов, м ³	Объем вагона, м ³	Вокзал, м ³	Дом локомотивных бригад, м ³	Душевые	Расход воды на предприятия				Суммарный часовый расход воды				
					Технологические нужды, м ³	Хозяйственно-питьевые		Душевые, м ³					
						Горячие цеха	Холодные цеха			Горячие цеха	Холодные цеха		
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

21

Примечание: Если имеется несколько предприятий, то графы 23-29 повторяются; дополнительные объекты железнодорожной станции предусматривают введение дополнительных граф, аналогичных графам 16-20.

в горячих цехах $K_7 = 2,5$;
в холодных цехах $K_8 = 3$.

В соответствии с этими коэффициентами распределение расходов воды по часам смены в процентах от сменного расхода воды приведено в прил. 9.

Следует иметь в виду, что максимальные расходы после окончания смены приходятся на первый час следующей смены.

Расход воды на душевые нужды в суточном графике водопотребления для депо и предприятия учитывается в первый час после окончания каждой смены.

Распределение расходов воды на заправку вагонов (графа 18) производится из расчета, что каждый поезд состоит из 12-16 вагонов, а время заправки одного поезда 10 мин. Поэтому расход воды на заправку каждого поезда надо отнести к определенному часу суток (желательно в дневные часы).

Распределение расходов воды на обмывку вагонов или мотор-вагонных составов (графа 19) производится из расчета, что один поезд из 16 вагонов или один мотор-вагонный состав проходит обмывку в течение одного часа. Поэтому эти расходы следует записывать через час, желательно также в дневное время.

Если в задании имеются предприятия или другие здания (например, вокзал), для которых график водопотребления не указан, но задан $K_9 > 1$, то рекомендуется вычислять максимальный часовой расход по формуле

$$Q_{ч. max} = \frac{Q_{сут. max}}{T} K_9, \quad (10)$$

где T - время водопотребления в часах.

Расход $Q_{ч. max}$ в этом случае вносится в соответствующую графу табл. 6 в 3-й или 4-й час каждой смены; остальные часовые расходы данным потребителем распределяются равномерно.

Расходы воды на хозяйственно-питьевые и душевые нужды дома локомотивных бригад распределяют равномерно по часам суток.

При заполнении каждой графы табл. 6 необходимо помнить, что максимальные суточные расходы воды всеми потребителями должны быть равны соответствующим расходам табл. 5.

Суммарный расход воды для каждого часа (графа 30) получают арифметическим сложением часовых расходов всех потребителей, а данные графы 31 получают путем деления расходов каждого часа на суммарный максимальный суточный расход воды всеми потребителями и выражают в процентах.

При составлении табл. 6 часовые расходы следует округлять до $0,1 \text{ м}^3$.

По данным табл. 6 строят график водопотребления по часам суток (рис. 1): по оси абсцисс откладывают часы суток через каждый час, а по оси ординат - часовые расходы воды, выраженные в % от суточного расхода (графа 31); на этом же графике показывают режим подачи воды насосами станции второго подъема.

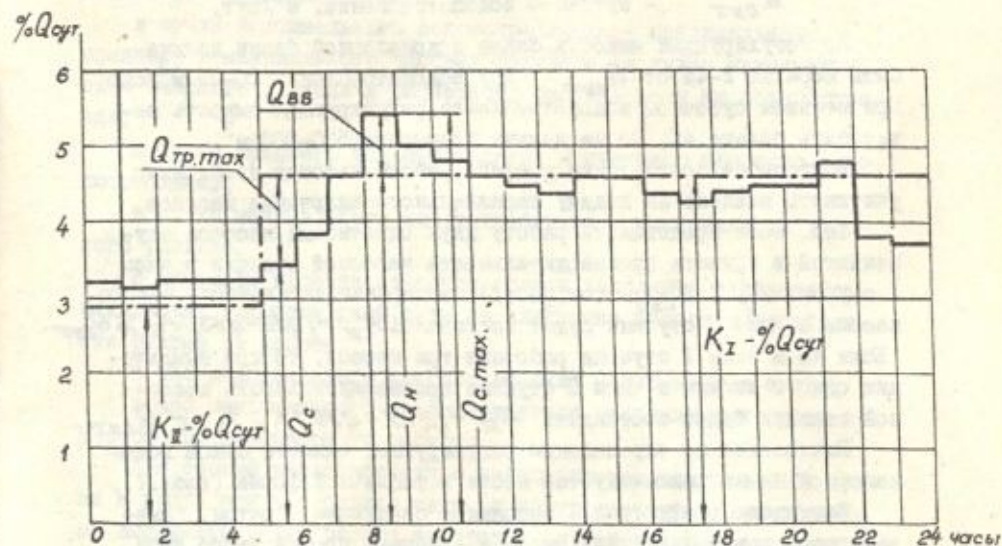


Рис. 1 Графики водопотребления и водоподдачи
1- график водопотребления; 2- график подачи воды насосами при ступенчатой работе

График подачи воды насосами принимают в соответствии с графиком водопотребления так, чтобы обеспечить наиболее экономичную работу насосной станции и минимальную регулируемую емкость баков водонапорной башни. Работа насосов преимущественно принимается ступенчатой (две ступени).

При двухступенчатой работе насосной станции прежде всего необходимо выбрать производительность ступени. При этом необходимо соблюсти два условия:

$$1. Q_1 t_1 + Q_2 t_2 = Q_{сут} \quad \text{или} \quad K_I \% Q_{сут} t_1 + K_{II} \% Q_{сут} t_2 = 100\%$$

где Q_1 и Q_2 - часовая производительность насосов соответственно I и II ступени, м³/ч;

t_1 и t_2 - продолжительность работы насосов соответственно I и II ступени, ч;

$Q_{сут}$ - суточное водопотребление, м³/сут.

2. Регулирующая емкость баков водонапорной башни должна быть порядка 2-4% от $Q_{сут}$ при водопотреблении 20-25 м³/сут. При меньшем суточном водопотреблении регулирующая емкость может быть больше 4%, но не должна превышать 500-800 м³.

В процессе составления графика работы насосов необходимо учитывать влияние на подачу параллельного включения насосов.

Так, если представить работу двух однотипных насосов ступенчатой и принять производительность насосной станции в часы I ступени $K_I \% Q_{сут}$ (см. рис. I), то производительность одного насоса в часы II ступени будет составлять $K_{II} = (q_{55} - q_{65}) K_I \% Q_{сут}$.

Если же в часы I ступени работают три насоса, то при выключении одного из них в часы II ступени производительность насосной станции будет составлять $K_{II} = (q_{75} - q_{80}) K_I \% \text{от } Q_{сут}$.

Вычисления по определению регулирующей емкости баков водонапорной башни рекомендуется вести в табличной форме (табл. 7).

Последнюю графу табл. 7 заполняют следующим образом. Намечают час, когда бак будет пуст, и отмечают против этого часа остаток воды в баке - 0; обычно таким часом является час, следующий за длительным и большим разбором воды из бака. Далее суммируют нарастающим итогом все часовые поступления в бак или вычитают часовые расходы из бака и получают остаток воды в нем к концу каждого часового промежутка. Наибольшая цифра этой графы дает требуемую регулируемую емкость бака $W_{пер. ба}$ в про-

центах от $Q_{сут. макс}$ (в данном примере 2%).

Если при вычислении цифр последней графы для некоторых часов они получаются с отрицательными знаками, это значит, что неверно назначен час, когда бак будет пуст. В этом случае нет необходимости производить перерасчет, а требуемая емкость бака водонапорной башни будет определена как сумма абсолютных величин наибольших чисел с положительным и отрицательным знаком.

7. ВЫБОР РАСЧЕТНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕКУНДНЫХ РАСХОДОВ

Согласно СНиП 2.04.02-84 системы водоснабжения следует, как правило, рассчитывать на следующие характерные режимы подачи и распределения воды:

в сутки максимального водопотребления - максимального, среднего и минимального часовых расходов, а также максимального часового расхода и расчетного расхода воды на пожаротушение;

в сутки среднего водопотребления - среднего часового водопотребления;

в сутки минимального водопотребления - минимального часового расхода.

В курсовом проекте студенты должны выполнить гидравлический расчет водопроводной сети на следующие наиболее напряженные режимы ее работы:

в час максимального водопотребления максимальных суток;
в час максимального водопотребления максимальных суток с учетом противопожарного расхода.

Для систем водоснабжения с расположением водонапорной башни в конце или в середине сети (с контррезервуаром) необходимо выполнить также расчет на третий случай - в час максимального транзита воды в водонапорную башню.

Для систем с контррезервуаром в час максимального водопотребления подача воды в сеть осуществляется с двух сторон (см. рис. I): часть расхода поступает от насосной станции Q_H и часть от водонапорной башни Q_{BB} , при этом сумма $Q_H + Q_{BB}$ равна максимальному часовому расходу воды в сети $Q_{с. макс}$. Для примера, приведенного на рис. I, общий расход в сети в

Таблица 7

Способ определения регулирующего объема баков
водонапорной башни (пример вычисления)

Часы суток	Водопотребление в % от $Q_{сут}$	Подача воды насосами в % от $Q_{сут}$	Приток воды в бак ВБ в % от $Q_{сут}$	Расход воды из бака ВБ в % от $Q_{сут}$	Остаток воды в баке ВБ в % от $Q_{сут}$
0-1	3,2	2,9	-	0,3	1,3
1-2	3,1	2,9	-	0,2	1,1
2-3	3,2	2,9	-	0,3	0,8
3-4	3,2	2,9	-	0,3	0,5
4-5	3,2	2,9	-	0,3	0,2
5-6	3,4	4,5	1,1	-	1,3
6-7	3,8	4,5	0,7	-	2,0
7-8	4,6	4,5	-	0,1	1,9
8-9	5,4	4,5	-	0,9	1,0
9-10	5	4,5	-	0,5	0,5
10-11	4,8	4,5	-	0,3	0,2
11-12	4,6	4,5	-	0,1	0,1
12-13	4,5	4,5	-	-	0,1
13-14	4,4	4,5	0,1	-	0,2
14-15	4,6	4,5	-	0,1	0,1
15-16	4,6	4,5	-	0,1	0
16-17	4,4	4,5	0,1	-	0,1
17-18	4,3	4,5	0,2	-	0,3
18-19	4,4	4,5	0,1	-	0,4
19-20	4,5	4,5	-	-	0,4
20-21	4,5	4,5	-	-	0,4
21-22	4,8	4,5	-	0,3	0,1
22-23	3,8	4,5	0,7	-	0,8
23-24	3,7	4,5	0,8	-	1,6
100%	100%				

час максимального водопотребления составляет:

$$Q_{c.max} = \frac{5,4 Q_{сут.max} 1000}{100 \cdot 3600}, \text{ л/с};$$

насосы подают:

$$Q_H = \frac{4,6 Q_{сут.max} 1000}{100 \cdot 3600}, \text{ л/с},$$

а от водонапорной башни поступает расход $Q_{ВБ} = Q_{c.max} - Q_H, \text{ л/с}$.

Аналогично производится определение расчетного расхода и для максимального транзита воды в бак водонапорной башни. При этом $Q_{тр.max} = Q_H - Q_{c.л/с}$. Час максимального транзита выбирают на графиках водопотребления и водоподачи. Для нашего примера этим часом является час с 5 до 6, а

$$Q_{тр.max} = (4,6 - 3,4) \frac{Q_{сут.max} 1000}{100 \cdot 3600}, \text{ л/с}.$$

В другие часы суток транзитный расход в ВБ будет меньше.

В период подачи пожарного расхода в системах с контррезервуаром ВБ выключается из работы и не участвует в подаче воды, т.е. $Q_H = Q_c$.

Для расчета водонапорной сети на характерные случаи работы необходимо определить секундные расходы воды, л/с, всеми потребителями в час максимального водопотребления, а для систем с контррезервуаром, кроме того, и в час максимального транзита воды в ВБ по формуле

$$Q_c = \frac{Q_{т. max} 1000}{t \cdot 60}, \quad (11)$$

где $Q_{т. max}$ - расход воды данным потребителем, м³/ч (принимается по табл.2);

t - время расходования воды, мин, принимаемое равным: 10 мин - на заправку состава из 12-16 пассажирских вагонов; 45 мин - на пользование душами по окончании каждой смены; 60 мин - во всех остальных случаях.

Расчеты по определению секундных расходов удобно выполнять в табличной форме (табл.8) и производить с точностью до 0,1 л/с.

Для всех систем при подаче пожарных расходов не учитываются расходы воды на душевые нужды.

Таблица 8

Расчетные секундные расходы воды

Наименование потребителей	Час максимального водопотребления			Час максимального транзита в ВБ			Подача пожарного расхода		
	$Q_{ч}$, м ³	t , мин	q , л/с	$Q_{ч}$, м ³	t , мин	q , л/с	$Q_{ч}$, м ³	t , мин	q , л/с
Население									
.....									
.....									
Противопожарные нужды	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Общий секундный расход			$q_{с.таж}$			$q_{с.тр}$			$q_{с.пж}$

8. СОСТАВЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ ОТДАЧИ ВОДЫ СЕТЬЮ

Для составления расчетной схемы отдачи воды вычерчивают (без масштаба) схему магистральной сети, на которой нумеруют все кольца и участки. Расчетный участок образуют соседние узлы. Узлы намечают в точке подключения водоводов к водонапорной башне или непосредственно к сети (схема с контррезервуаром), в местах отбора воды крупными потребителями (сосредоточенные отборы) и в точках пересечения магистральных линий. Кольца нумеруются римскими цифрами, а узлы - арабскими. Для каждого участка проставляется его расчетная длина в метрах.

На схему сети в соответствующих ее точках наносят все сосредоточенные расходы $q_{соср}$ из табл. 8, за исключением расходов на нужды населения $q_{х-п}$ и на поливку улиц и зеленых насаждений $q_{полив}$, которые предполагают равномерно-распре-

деленными по всей длине сети.

При составлении расчетной схемы равномерно-распределенные расходы приводят к узловым, для этого сначала определяют удельный расход $q_{уд}$, л/с·м, по формуле

$$q_{уд} = \frac{q_{х-п} + q_{неуч} + q_{полив}}{\sum l_{уч}}, \quad (12)$$

где $q_{х-п}, q_{неуч}, q_{полив}$ - секундные расходы воды соответственно на хозяйственно-питьевые нужды населения, нужды местной промышленности и неучтенные расходы, расход на поливку улиц и зеленых насаждений, принимаемые по табл. 8;

$\sum l_{уч}$ - суммарная длина расчетных участков магистральной сети населенного пункта, м. В $\sum l_{уч}$ не включаются участки, проходящие по незастроенным территориям и территории железнодорожной станции. Длины участков магистральной сети, проложенных на территории с односторонней застройкой, учитываются с коэффициентом 0,5.

По удельным расходам определяют так называемые путевые расходы $q_{пут}$, л/с, для каждого расчетного участка сети по формуле

$$q_{пут} = q_{уд} \cdot l_{уч}, \quad (13)$$

где $l_{уч}$ - расчетная длина участка, которая равна фактической длине участка при двухсторонней застройке территории и половине фактической длины участка при односторонней застройке территории.

Результаты определения путевых расходов удобно оформлять в виде таблицы (табл. 9).

Далее путевые расходы приводят к узловым расходам. Для этого путевой расход каждого участка заменяют двумя узловыми расходами в его граничных точках. Расходы $q_{узл}$, л/с, в каждом узле принимают равными полусумме путевых расходов участков, примыкающих к этому узлу, т.е.

$$q_{узл} = 0,5 \sum q_{пут}. \quad (14)$$

Таблица 9

Определение путевых расходов

Номер участка	Длина участка, м		Путевой расход $q_{пут}$, л/с
	фактическая	расчетная $l_{уч}$	
Всего:		$\Sigma l_{уч}$	$\Sigma q_{пут}$

Результаты определения узловых расходов удобно оформлять также в виде таблицы (табл.10).

Таблица 10

Определение узловых расходов

Номер узла	Номера прилегающих участков	$q_{пут}$ на каждом участке, л/с	Сумма путевых расходов прилегающих участков, л/с	$q_{узн} = q_{\Sigma q_{пут}}$, л/с	$q_{соср}$, л/с
Всего:				$\Sigma q_{узн}$	$\Sigma q_{соср}$

При правильном определении путевых и узловых расходов

$$\Sigma q_{пут} = \Sigma (q_{х-п} + q_{неуч} + q_{полив}), \text{ а } \Sigma q_{узн} = \Sigma q_{пут}$$

Кроме того, сумма всех узловых и сосредоточенных расходов должна равняться общему максимальному секунднему расходу в населенном пункте и на железнодорожной станции. При заполнении табл.10 следует иметь в виду, что в узловых точках магистральной сети железнодорожной станции будут иметь место только сосредоточенные расходы.

Полученные таким образом узловые, а также все сосредоточенные расходы наносят на схему сети. Пример оформления такой

схемы показан на рис.2. Подобные схемы составляются для всех расчетных режимов работы сети.

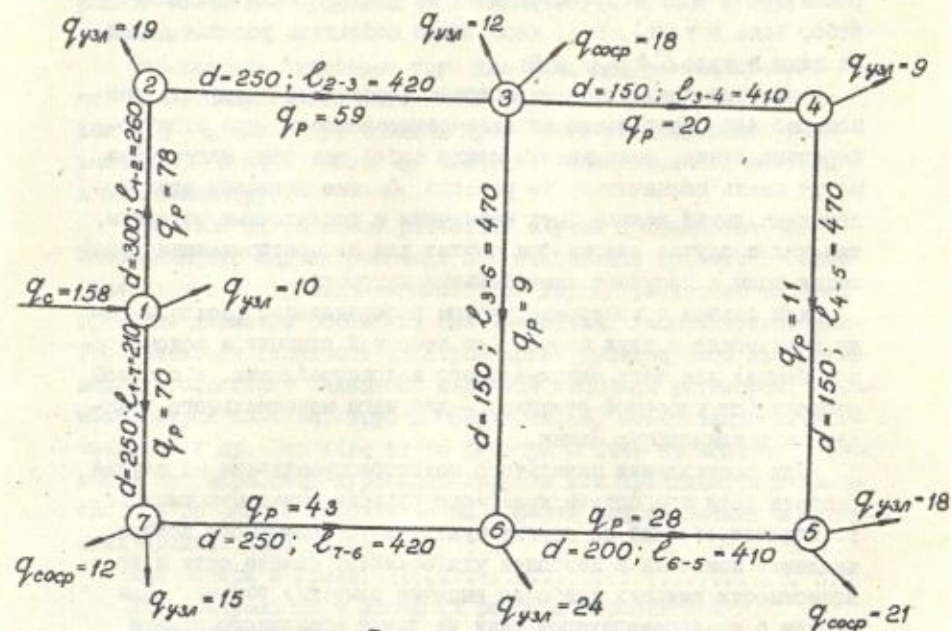


Рис. 2

После нанесения на схему узловых и сосредоточенных расходов производят предварительное потокораспределение, в результате которого намечают по всем участкам сети расчетные расходы q_p как по величине, так и по направлению. Следует отметить, что в кольцевых сетях при заданной величине отбора воды в каждом узле распределения потоков по сети имеется бесчисленное количество вариантов. Поэтому выбор варианта, наиболее близкого к действительному потокораспределению, представляет собой очень ответственную задачу, так как именно по величине расчетных расходов этого варианта назначают диаметры труб всех участков сети.

При распределении расходов по участкам сети необходимо руководствоваться следующими правилами:

сумма расходов, притекающих к данному узлу, должна быть равна сумме расходов, вытекающих из данного узла (включая отбор воды в узле), т.е. необходимо соблюдать условие баланса воды в узле $\sum Q_{узл} = 0$;

основные транзитные магистрали необходимо нагружать равномерно для обеспечения их взаимозаменяемости, при этом поперечные линии, связывающие между собой основные магистрали, могут иметь незначительные расходы. Однако диаметры этих поперечных линий должны быть назначены с достаточным резервом, так как в случае аварии они служат для перераспределения расходов воды и получают значительные нагрузки;

для систем с контррезервуаром распределение расходов воды производят с двух сторон (от насосной станции и водонапорной башни) для часа максимального водопотребления, и с одной стороны (от насосной станции) — для часа максимального транзита в водонапорную башню.

При составлении начального потокораспределения на случай расчета сети при подаче пожарного расхода в час максимального водопотребления на другие нужды место возможного пожара надлежит намечать в наиболее удаленных (от начала сети и по возможности имеющих наиболее высокие отметки) точках. Для систем с контррезервуаром одну из точек возможного пожара принимают вблизи башни.

Намеченное таким образом предварительное потокораспределение расходов наносится на расчетную схему сети (см. рис.2).

9. ВЫБОР МАТЕРИАЛА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРОВ ТРУБ УЧАСТКОВ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Выбор материала труб следует производить в соответствии с требованиями СНиП 2.04.02-84 (п.8.21). Для водопроводных сетей, как правило, необходимо применять неметаллические трубы (железобетонные, асбестоцементные, пластмассовые и др.).

Для сетей в пределах населенных пунктов, территорий промышленных предприятий и железнодорожной станции допускается применение чугунных напорных труб.

При разработке курсового проекта для устройства водопроводной сети рекомендуется применять: в пределах населенного пункта — асбестоцементные трубы; на территории железнодорожной станции — чугунные; при укладке труб под путями — стальные.

Определение диаметров труб для каждого участка производят по предварительно намеченным величинам расчетных расходов Q_p , используя таблиц предельных экономических расходов [3] в зависимости от значения экономического фактора Z и материала труб.

При этом за основной расчетный случай принимается час максимального водопотребления или наибольший транзит в башню (для схем с контррезервуарами), при других расчетных случаях принятые диаметры оставляют без изменений. Экономический фактор учитывает стоимость электроэнергии, расходуемой на подъем воды, коэффициент полезного действия насосных установок, стоимость строительства, труб и оборудования, амортизационные отчисления и др. Значение этого фактора обычно приводится в задании на разработку курсового проекта или принимается в зависимости от района строительства объекта водоснабжения в следующих средних пределах:

Для Сибири и Урала.....	0,5
Для центральных и западных районов европейской части СССР.....	0,75
Для южных районов.....	1,0
Для подбора диаметров труб при значении экономического фактора $Z = 0,75$ можно пользоваться прил.10 методических указаний.	

При определении диаметров труб отдельных участков (особенно перемычек) следует учитывать условия взаимозаменяемости линий во время аварий. Диаметры труб таких участков назначают по конструктивным соображениям.

Диаметр труб водопровода, объединенного с противопожарным, в населенных пунктах, на промышленных предприятиях и на территории железнодорожной станции должен быть не менее 100 мм.

Определенные таким образом диаметры труб всех расчетных участков наносят на схему сети.

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ НАПОРА НА УЧАСТКАХ СЕТИ

Потери напора в трубопроводах на участках сети длиной l следует определять в м по величине гидравлического уклона i , приведенного в таблицах [3], по формуле

$$h = i l. \quad (15)$$

При расчете сети по методу проф. В.Г. Лобачева величину потерь напора на расчетных участках рекомендуется вычислять по удельному сопротивлению λ трубопровода по формуле

$$h = K \lambda l q_p^2 = S q_p^2, \text{ где } S = K \lambda l. \quad (16)$$

Значения λ для чугунных и стальных труб при $v \geq 1,2$ м/с указаны в табл. 2 [3], для асбестоцементных труб при $v = 1$ м/с - на с. 14 [3], для железобетонных труб при $v = 1$ м/с - в табл. 8 [3]. Для этих значений скоростей коэффициент $K = 1$. При других значениях скоростей в формулу (16) вводят поправки в виде коэффициентов K , значения которых также приводятся в таблицах [3].

11. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОЛЬЦЕВОЙ ВОДОВОДНОЙ СЕТИ

Задачей гидравлического расчета водопроводной сети является установление действительного потокораспределения воды по всем ее участкам и определение потерь напора в них при принятых диаметрах труб.

Для решения этой задачи необходимо прежде всего для каждого расчетного случая составить схему сети без масштаба, на которой должны быть указаны узловые расходы $q_{узл}$, сосредоточенные расходы $q_{соср}$, общий расход сети q_c , длины расчетных участков $l_{чч}$, предварительное потокораспределение q_p и принятые диаметры труб d (см. рис. 2). Далее определяют на всех участках потери напора h в алгебраическую сумму потерь напора в каждом кольце $\sum h_k$, которая должна быть равна нулю, т.е. $\sum h_k = 0$. При вычислении $\sum h_k$ считают потери напора для участков с движением воды по ходу часовой стрелки положительными, а для участков с движением воды против часовой стрелки - отрицательными. При этом практически $\sum h_k = \pm \Delta h$, т.е. имеет место невязка величиной Δh , отличная от нуля. Это означает, что принятое потокораспределение

расходов отличается от действительного (искомого).

Для нахождения действительного потокораспределения по участкам сети производят перераспределение ранее намечанных расходов, увеличив расходы недогруженных участков за счет уменьшения расходов на такую же величину перегруженных участков. По исправленным расходам участков вновь определяют потери напора и $\sum h_k$. Исправление расходов производят до тех пор, пока невязка в каждом кольце Δh будет меньше 0,3 - 0,5 м (для объемлющего контура невязка Δh допускается до 1-1,5 м).

Такой вычислительный процесс, называемый увязкой сети, может быть произведен по методу М.М. Андрияшева или по методу В.Г. Лобачева.

Метод увязки водопроводной сети, предложенный М.М. Андрияшевым, проиллюстрирован на конкретном примере.

Все операции по расчету сети записываются непосредственно на схеме (рис. 3).

В этом случае после первоначального потокораспределения и назначения диаметров труб определяют потери напора h на каждом участке по формуле (15). Затем устанавливают величины невязок Δh в каждом кольце. На схеме сети невязки указывают под стрелкой, которая показывает знак невязки. Например, в кольце I $\Delta h_I = 1,94$ м написана под стрелкой, указывающей направление по движению часовой стрелки. Следовательно, поправочный расход Δq должен быть пропущен в другом направлении (против часовой стрелки). Полученные значения и направления невязок в каждом кольце, после их анализа, позволяют наметить контуры, по которым следует провести поправочные расходы.

Величину поправочного расхода можно приближенно определять по формуле

$$\Delta q = q_{cp} \frac{\Delta h}{2 \sum h}, \quad (17)$$

где q_{cp} - средняя величина расхода для всех входящих в контур (кольцо) участков;
 Δh - невязка по контуру (кольцу);
 $\sum h$ - сумма абсолютных величин потерь напора по контуру (кольцу).

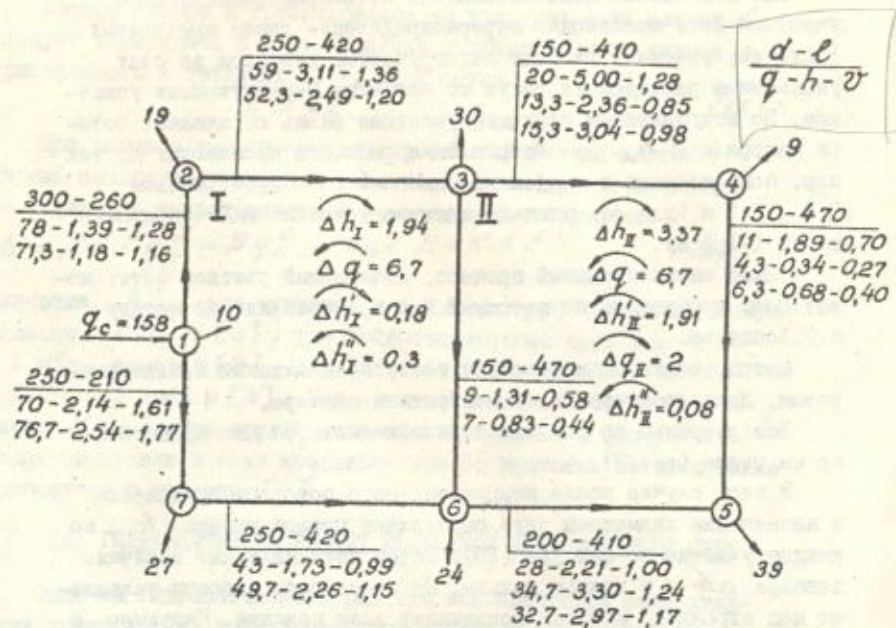


Рис. 3

В рассматриваемом примере первый поправочный расход Δq определен для контура, охватывающего оба кольца:

$$\Delta q = \frac{44,14 \cdot 5,31}{2 \cdot 17,47} = 6,7 \text{ л/с,}$$

где средний расход по участкам контура составил:

$$q_{cp} = \frac{78 + 59 + 20 + 11 + 28 + 43 + 70}{7} = 44,14 \text{ л/с;}$$

величина невязки по контуру равна:

$$\Delta h = (1,39+3,11+5,0+1,89) - (2,14+1,73+2,21) = 5,31 \text{ м,}$$

сумма абсолютных величин потерь напора по контуру составляет

$$\Sigma h = 1,39+3,11+5,0+1,89+2,14+1,73+2,21 = 17,47 \text{ м.}$$

Пропустив этот поправочный расход $\Delta q = 6,7 \text{ л/с}$ по обоим кольцам в направлении против движения часовой стрелки и определив новые потери напора на каждом участке сети, получаем новую невязку в кольце I: $\Delta h'_I = 0,18 \text{ м}$, а в кольце II: $\Delta h''_II = 1,91 \text{ м}$.

Так как невязка в кольце II превышает допустимую величину, то подсчитываем поправочный расход только для этого кольца

$$\Delta q_{II} = \frac{(13,3+4,3+34,7+9) \cdot 1,91}{4 \cdot 2 \cdot \Sigma (2,36+0,34+3,30+1,31)} = 2 \text{ л/с.}$$

Пропуская этот поправочный расход $\Delta q_{II} = 2 \text{ л/с}$ только по кольцу II в направлении движения часовой стрелки, получаем невязку $\Delta h''''_{II} = 0,08 \text{ м}$. Из-за изменения расхода на смежном участке 3-6 изменится невязка и в кольце I, которая в последнем случае должна быть определена и составит $\Delta h''''_I = 0,3 \text{ м}$, что удовлетворяет указанным требованиям.

Увязка водопроводной сети по методу В.Г.Лобачева ведется в табличной форме (табл. II). Первые пять граф заполняются данными, полученными при составлении расчетной схемы. Значения скорости v , удельного сопротивления λ и коэффициента K (графы 6, 7, 8) принимаются по таблицам [3]. В графе II записываются потери напора, подсчитанные на каждом участке. При этом в зависимости от направления движения воды потери напора по участкам будут иметь знак "+" или "-". Например, для кольца I на участках 1-2, 2-3 и 3-6 движение воды идет по часовой стрелке - ставится знак "+", а на участках 6-7 и 7-1 движение воды идет против часовой стрелки - знак "-". Определив потери напора на каждом участке, подсчитывают алгебраическую сумму потерь напора в каждом кольце и получают невязку Δh (в рассматриваемом примере для I кольца $\Delta h_I = -0,77 \text{ м}$, для II кольца $\Delta h_{II} = +4,91 \text{ м}$). При выполнении расчета требуется, чтобы невязка по отдельным кольцам не превышала $\pm 0,5 \text{ м}$. Поэтому в данном случае невязка в каждом кольце получается больше указанного предела; необходимо продолжить расчет, перераспределяя расходы воды по участкам и таким образом добиваясь снижения невязок.

Пример гидравлического расчета сети по методу проф. В.Г. Лобачева
Таблица II

Номер кольца	Номер участка	Длина участка l , м	Первоначальное распределение расходов							
			расход q , л/с	диаметр d , мм	скорость v , м/с	$A \cdot 10^6$	K	$S = AK$	Sq	$h-Sq^2$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II
I	I-2	260	82	300	1,34	0,914	0,959	0,0002279	0,01869	+1,53
	2-3	420	63	250	1,45	2,227	0,948	0,0008867	0,05586	+3,52
	3-6	470	5	150	0,32	31,55	1,202	0,01782	0,08910	+0,45
	6-7	420	59	250	1,36	2,227	0,957	0,000895	0,0528	-3,12
	7-I	210	86	250	1,98	2,227	0,911	0,000426	0,0366	-3,15
<i>сома к Дел.</i>										
<i>нотация</i>										
<i>законно</i>										
$\Delta q_I = - \frac{-0,77}{2 \cdot 0,2530} = +1,5$										
$\Delta q_{II} = - \frac{4,91}{2 \cdot 0,6047} = -4$										
$\Sigma(Sq)_{I} = \Delta h_I = -0,2530$										
$\Sigma(Sq)_{II} = \Delta h_{II} = -0,6047$										

2084

Продолжение табл. II

I-е исправление					2-е исправление							
Δq , л/с	q , л/с	Sq	$h-Sq^2$	Δq , л/с	q , л/с	Sq	$h-Sq^2$	Δq , л/с	q , л/с	Sq	$h-Sq^2$	Δh_I , м/с
I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	I12	I13	I14
+1,5	83,5	0,01903	+1,59	-1,7	81,8	0,01864	+1,52					1,34
+1,5	64,5	0,05592	+3,61	-1,7	62,8	0,05568	+3,50					1,45
+1,5+4	10,5	0,1871	+1,96	-1,7-0,2	8,5	0,1532	+1,32					0,55
-1,5	57,5	0,05146	-2,96	+1,7	59,2	0,0520	-3,14					1,36
-1,5	84,5	0,0360	-3,04	+1,7	86,2	0,03672	-3,16					1,99
$\Sigma(Sq)_{I} = \Delta h_I = +0,3495$												
$\Delta q_I = - \frac{1,16}{2 \cdot 0,3495} = -1,7$												
-4	24	0,2865	+6,88	+0,2	24,2	0,2869	+6,99					1,55
-4	0	0	0	+0,2	0,2	0,00370	+0,01					0,01
-4	44	0,1184	-5,21	-0,2	43,8	0,1178	-5,16					1,56
+1,5+4	10,5	0,1871	-1,96	-1,7-0,2	8,6	0,1532	-3,12					0,55
$\Sigma(Sq)_{II} = \Delta h_{II} = -0,5920$												
$\Delta h_{II} = +0,52$												

Поправочный расход определяют по формуле

$$\Delta q = \frac{\Delta h}{2 \sum S q} \quad (18)$$

где $\sum S q$ - сумма произведений сопротивлений, входящих в кольцо участков сети, на величину расходов.

Величина Δq всегда имеет противоположный знак невязки. Это означает, что найденный уязочный расход Δq необходимо пропустить по кольцу в направлении, обратном направлению невязки. Полученные поправочные расходы заносятся в графу I2 и далее определяют новые расчетные расходы (графа I3).

По участкам сети, являющимся смежным для двух колец (в примере участок 3-6), пойдут соответственно два поправочных расхода с учетом их знака.

По исправленным расчетным расходам определяют новые потери напора и невязки для каждого кольца. Если полученные результаты не удовлетворяют, то расчет продолжают. В рассмотренном примере требуемый результат получен после второго исправления.

После уязки сети окончательные значения Δh , h и q_p вписываются на расчетной схеме (рис.4).

12. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОЛЬЦЕВЫХ СЕТЕЙ НА ЭЕМ

В данном разделе представлен порядок ввода исходных данных для гидравлического расчета водопроводной сети по программе ХАБИИТа и по программе TRUST, разработанной в ЛИИТе проф.Н.У.Койдой.

В программе ХАБИИТа, предусматривающей расчет сети из 30 колец и 150 участков на ЭЕМ СМ, применено решение сети методом Красса - Лобачева с внесением поправочных расходов одновременно во все кольца. Программа позволяет найти значения расходов, скоростей и потерь напора в участках при известных значениях типов труб, их диаметров и длин участков. Начальное приближение расходов назначается расчетчиком.

При расчете сети на первый основной случай вводится вся предусмотренная программой информация. При последующих расчетах вводятся только расходы или, при изменении направлений по-

токов, - информация о геометрии и расходах.

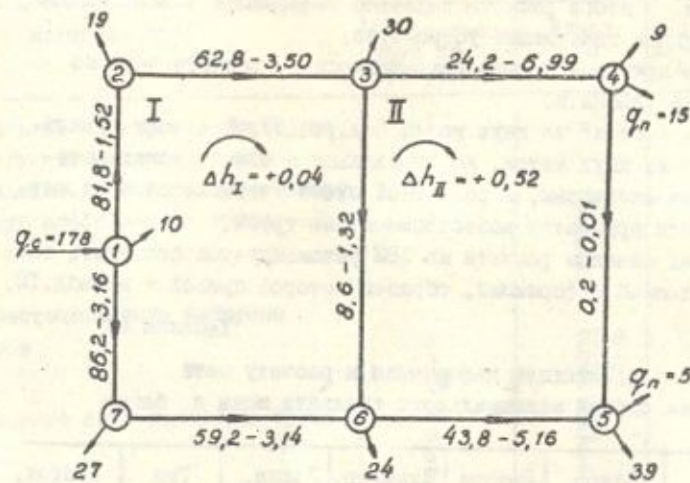


Рис.4

Перед расчетом в ЭЕМ вводится программа расчета. После ввода исполнение программы начинается командой RUN. Язык программы - БЕЙСИК.

Расчет кольцевых сетей производится в диалоговом режиме. Пользователь должен вводить исходную информацию, строго отвечая на запросы ЭЕМ. Вопросы ЭЕМ выводятся на дисплей. Результаты ввода информации также отображаются на дисплее.

При вводе информации в табличной форме после каждого числа нажимается клавиша "пробел" или "IT". После ввода последнего числа в строке - "BK". После ввода одиночных чисел нажимается "BK". До нажатия клавиши "BK" вводимую информацию можно изменить, возвратив курсор на место ошибки. Некоторые ошибки ввода программа обнаруживает, об этих ошибках выводится информация на дисплей и на дисплее же дается информация о пути их исправления. При необходимости аварийной остановки ЭЕМ следует

до этой стр
и нажать

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления
в населенных пунктах

Степень благоустройства районов жилой застройки	Удельное среднесуточное хозяйственно-питьевое водопотребление в населенных пунктах на одного жителя (за год), л/сут
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией:	
без ванн	125 - 160
с ванными и местными водонагревателями	160 - 230
с централизованным горячим водоснабжением	230-350

П р и м е ч а н и я : 1. Для районов застройки зданиями с водопользованием из водоразборных колонок удельное среднесуточное водопотребление на одного жителя следует принимать 30-50 л/сут;
2. При централизованной системе горячего водоснабжения с непосредственным отбором воды из тепловых сетей до 40% общего расхода воды подается из сетей теплоснабжения, в этом случае норму водопотребления следует принимать с коэффициентом 0,6.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Нормы водопотребления на технические нужды
различных потребителей железнодорожной станции

Наименование потребителей воды	Измеритель	Норма водопотребления, м ³ /сут		Коэффициент часовой неравномерности, K _ч
		средняя	максимальная	
1	2	3	4	5
Локомотивное депо:				

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5
на один подъемный ремонт тепловоза	Тепловоз	1,3	1,6	1,0
то же, электровоза	Электровоз	1,5	2,4	1,4
на пополнение расходов воды в системе охлаждения дизеля тепловоза	Тепловоз	0,3	1,0	1,0
Обмывка локомотива	Локомотив	4	7	1,0
Ремонтно-экипировочное депо (РЭД): РЭД, совмещенное с прачечной	10 шестнадцативагонных составов	1000	1290	2,8
РЭД без прачечной	То же	500	610	3,4
Тяговая подстанция	Подстанция	28	32	1,2
Промывка четырехосных вагонов (пассажирских)	Вагон	2,5	2,5	-
Наружная и внутренняя обмывка грузовых вагонов	Вагон	4,0	4,0	-
Обмывка мотор-вагонных составов	Состав	10,4	10,4	-
Заправка пассажирских вагонов:				
купейных	Вагон	0,85	0,85	-
некупейных	То же	0,63	0,63	-
Пассажирское здание (в зависимости от размеров станции)	Здание	5-25	5-25	1,5
Дом отдыха локомотивных бригад (дополнительно необходимо учесть расход воды в душевых из расчета круглосуточной работы одной-двух сеток)	1 место	0,035	0,035	1,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Расчетное количество человек на одну душевую сетку

Группа санитарной характеристики производственных процессов	Расчетное количество человек на I душевую сетку
Иб, Иг, Ид, Ии	3
Ив, Иж, Ие, Иуа, Иуб	5
Иа	7
Иб	15

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Нормы расходов воды на поливку

Назначение воды	Измеритель	Расход воды на поливку, л/м ²
Механизированная мойка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	I мойка	1,2 - 1,5
Механизированная поливка усовершенствованных покрытий проездов и площадей	I поливка	0,3 - 0,4
Поливка вручную (из шлангов) усовершенствованных покрытий тротуаров и проездов	То же	0,4 - 0,5
Поливка городских зеленых насаждений	То же	3 - 4
Поливка газонов и цветников	То же	4 - 6

Примечание: При отсутствии данных о площадях по видам благоустройства (зеленые насаждения, проезды и т.д.) удельное среднесуточное за поливочный сезон потребление воды на поливку в расчете на одного жителя следует принимать 50-90 л/сут в зависимости от климатических условий.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Нормы расхода воды на наружное пожаротушение в населенных пунктах

Число жителей в населенном пункте, тыс.чел.	Расчетное количество одновременных пожаров	Расход воды на наружное пожаротушение в населенном пункте на один пожар, л/с	
		застройки зданиями высотой до двух этажей включительно	застройки зданиями высотой три этажа и выше
До I	I	5	10
От I до 5	I	10	10
" 5 до 10	I	10	15
" 10 до 25	2	10	15
" 25 до 50	2	20	25
" 50 до 100	2	25	35
" 100 до 200	3	-	40

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Нормы расхода воды на наружное пожаротушение на промышленных предприятиях

Степень огнестойкости зданий	Категория производства по пожарной опасности	Расход воды на наружное пожаротушение производственных зданий шириной до 60 м на один пожар, л/с, при объемах зданий, тыс м ³						
		до 3	3-5	5-20	20-50	50-200	200-400	400-600
I и II	Г, Д, Е	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	-	-
IУ и У	Г, Д	10	15	20	30	-	-	-
IУ и У	В	15	20	25	40	-	-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Примерное распределение расходов воды по часам суток в % от $Q_{сут}$ в зависимости от коэффициента часовой неравномерности водопотребления K_v

Часы суток	Число жителей, тыс. чел.						
	1,25	1,3	1,35	1,5	1,7	2	2,5
I	2	3	4	5	6	7	8
0-1	3,35	3,2	3	1,5	1	0,75	0,6
1-2	3,25	3,1	3,2	1,5	1	0,75	0,6
2-3	3,3	3,2	2,5	1,5	1	1	1,2
3-4	3,2	3,2	2,6	1,5	1	1	2
4-5	3,25	3,2	3,5	2,5	2	3	3,5
5-6	3,4	3,4	4,1	3,5	3	5,5	3,5
6-7	3,85	3,8	4,5	4,5	5	5,5	4,5
7-8	4,45	4,6	4,9	5,5	6,5	5,5	10,2
8-9	5,2	5,4	4,9	6,25	6,5	3,5	8,8
9-10	5,05	5	5,6	6,25	5,5	3,5	6,5
10-11	4,85	4,8	4,9	6,25	4,5	6	4,1
11-12	4,6	4,6	4,7	6,25	5,5	8,5	4,1
12-13	4,6	4,5	4,4	5	7	8,5	3,5
13-14	4,55	4,4	4,1	5	7	6	3,5
14-15	4,75	4,6	4,1	5,5	5,5	5	4,7
15-16	4,7	4,6	4,4	6	4,5	5	6,2
16-17	4,65	4,4	4,3	6	5	3,5	10,4
17-18	4,35	4,3	4,1	5,5	6,5	3,5	9,4
18-19	4,4	4,4	4,5	5	6,5	6	7,3
19-20	4,3	4,5	4,5	4,5	5	6	1,6
20-21	4,3	4,5	4,5	4	4,5	6	1,6
21-22	4,2	4,8	4,8	3	3	3	1
22-23	3,75	3,8	4,6	2	2	2	0,6
23-24	3,7	3,7	3,0	1,5	1	1	0,6
Итого	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Значения коэффициента β , учитывающего число жителей в населенном пункте

Коэф-фици-ент	Число жителей, тыс.чел.										
	до 0,1	0,15	0,2	0,3	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6
β_{max}	4,5	4	3,5	3	2,5	2,2	2	1,8	1,6	1,5	1,4
β_{min}	0,01	0,01	0,02	0,03	0,05	0,07	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25

Продолжение прил.8

Число жителей, тыс.чел.					
10	20	50	100	300	1000 и более
1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
0,4	0,5	0,6	0,7	0,85	1

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Распределение расходов воды на хозяйственно-питьевые нужды на предприятиях по часам смены

Часы смены	Водопотребление по часам смены в % от сменного расхода (8-часовая смена)				
	в горячих цехах ($K_v = 2,5$)	в холодных цехах ($K_v = 3$)	часы смены	в горячих цехах ($K_v = 2,5$)	в холодных цехах ($K_v = 3$)
0-1	0	0 13,3%	5-6	12,05	6,25
1-2	12,05	6,25	6-7	12,05	12,5
2-3	12,05	12,5	7-8	12,05	12,5
3-4	12,05	12,5	По окончанию смены	15,65	18,75
4-5	12,05	18,75		100%	100%

16,02
360,38

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Предельные экономические расходы, л/с, при $\xi = 0,75$

Условный диаметр, мм	Металлические трубы		Асбестоцементные трубы	Железобетонные трубы
	стальные	чугунные		
100	8,1-11,7	5,7-9,4	5,9-10,2	-
125	11,7-16,6	9,4-15,0	-	-
150	16,6-21,8	15,0-25,3	10,2-22,1	-
175	21,8-29,2	-	-	-
200	29,2-46,0	25,3-45,8	22,1-44,0	-
250	46,0-71,0	45,8-73,5	44,0-71,0	-
300	71,0-103	73,5-108	71,0-103	-
350	103-140	108-149	103-144	-
400	140-184	149-197	144-217	-
450	184-234	197-254	-	-
500	234-315	254-352	217-689	364
600	315-443	352-518	-	364-420
700	443-591	518-722	-	420-599
800	591-776	722-966	-	599-809
900	776-967	966-1250	-	809-1053
1000	967-1335	1250-1725	-	1053-1444
1200	1335-1919	-	-	1444-1896
1400	1919-2455	-	-	1896-2697
1500	2455-2838	-	-	-
1600	2838-5897	-	-	2697-6742

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.0402-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1985. 136 с.
2. СНиП 2.0401-85. Внутренний водопровод и канализация зданий. Госстрой СССР. М.: ЦИТИ Госстроя СССР, 1986. 56 с.
3. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справочное пособие. М.: Стройиздат, 1984. 116 с.
4. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. М.: Стройиздат, 1982. 440 с.
5. Расчет водопроводных сетей: Учебное пособие для вузов/ Н.Н. Абрамов, М.М. Поспелова, М.А. Сомов и др. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1983. 278 с.
6. Водоснабжение и канализация на железнодорожном транспорте/ Под ред. В.С. Дикаревского. М.: Транспорт, 1980. 279 с.

Канд. техн. наук, доц. П. П. ЯКУБЧИК,
канд. техн. наук, ст. преп. Д. А. СМЕРНОВ.

ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Задание и методические указания
к выполнению курсового проекта № 2

Редактор В. И. Чучева
Техн. редактор Н. Н. Соловьева
Корректор Т. А. Царикова

Тип. зак. 2084-89 Изд. зак. 103 Тираж 150
Подписано в печать 5.11.1980. Ротапринт. Беспла.
Печ. л. 4,25 Уч.-изд. л. 4,5 Формат 60×90.

Редакционно-издат. отдел, типография ВЗИИТа,
125808, Москва, ГСП-47, Часовая ул., 22/2