



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Водоснабжение и водоотведение»

Методические указания
к курсовой работе
по дисциплине

«Водоснабжение»
Часть 1

Авторы
Щуцкая Е.Е.,
Яковлева Е.В.

Ростов-на-Дону, 2016

Аннотация

Методические указания к практическим занятиям для выполнения курсового проекта по дисциплине «Водоснабжение ч.1» (для бакалавров всех форм обучения и иностранных студентов) по направлению 08.03.01 «Строительство» профиль подготовки «Водоснабжение и водоотведение».

В ходе изучения данной дисциплины в методических указаниях отражены следующие компетенции: ПСК-8, ПК-20, ПСК-21, ПСК-2. Приводится методика гидравлического расчета водопроводной сети. Даются рекомендации по использованию результатов гидравлического расчета (определению пьезометрических и свободных напоров, высоты водопроводной башни и напоров насосов).

Авторы

к.т.н. Е.Е. Щуцкая
ассист. Е.В. Яковлева



Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОБЪЕМ И СОСТАВ ПРОЕКТА	4
2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА.....	5
3. РАСЧЕТ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ	5
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖИМА ПОДАЧИ ВОДЫ НАСОСАМИ В СЕТЬ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ БАКА ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ И РЕЗЕРВУАРОВ ЧИСТОЙ ВОДЫ.....	10
5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЩЕЙ СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ	13
6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СЕТИ.....	13
7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЬЕЗОМЕТРИЧЕСКИХ И СВОБОДНЫХ НАПОРОВ	17
ЛИТЕРАТУРА.....	19

ВВЕДЕНИЕ

Курсовой проект № 1 "Проектирование и расчет водопроводной сети" выполняется в соответствии с учебным планом.

Цель выполнения проекта: привить необходимые навыки по проектированию и расчету водопроводных сетей и сооружений.

1. ОБЪЕМ И СОСТАВ ПРОЕКТА

Курсовой проект по расчету водопроводной сети разрабатывается как проектное задание и содержит 1 – 2 листа чертежей.

На чертежах приводится следующий графический материал:

1. Планы города в масштабе 1:5000 или 1:1000 с горизонталями и изображениями всех элементов водоснабжения (водозаборных сооружений, насосных станций, очистных сооружений, водопроводов, водонапорной башни, резервуаров и магистральных трубопроводов водопроводной сети) с указанием их длин, диаметров и номеров узлов.

2. Продольный профиль от насосной станции II подъема до наиболее удаленной (диктующей) точки сети с пьезометрическими линиями для всех расчетных случаев потребления.

На профиле схематично показываются водонапорная башня, насосная станция и резервуар чистой воды с указанием отметок его дна, верхнего уровня (неприкосновенного и максимального) запаса воды.

Масштаб профиля: горизонтальный – 1:5000 или 1:1000; вертикальный – 1:100 или 1:200.

3. Безмасштабные расчетные схемы для всех расчетных случаев потребления с нанесением на них номеров узлов, колодцев, длин расчетных участков, сосредоточенных, узловых, пожарных и расчетных расходов, диаметров труб, скоростей, потерь напора, направления потоков и величин невязки.

4. Безмасштабная схема свободных и пьезометрических напоров при различных режимах работы сети (пьезометрическая карта).

5. Детализировка кольца или линии сети.

6. План и разрез колодца (по согласованию с руководителем).

Чертежи могут быть представлены в карандаше или на плоттере. Надписи – по стандарту.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА

Выполнение проекта необходимо производить в следующей последовательности:

1. По исходным данным задания произвести расчет водопотребления (расчетные, суточные, часовые и секундные расходы) города и составить таблицу расхода воды по часам суток.

2. Соответственно водопотреблению города составить график подачи воды насосами в городскую сеть. По ориентировочным значениям потребной производительности и напора насосов подобрать насосное оборудование.

3. Определить емкость бака водонапорной башни и резервуаров чистой воды.

4. Выбрать общую схему водоснабжения, наметить места расположения основных сооружений водопровода, произвести трассировку трубопроводов и магистральных линий городской сети.

5. Рассчитать водопроводную сеть на следующие случаи питания:

а) максимальный хозяйственно-питьевой расход воды ;

б) максимальный хозяйственно-питьевой расход воды и расход воды на пожаротушение;

в) случай максимальной подачи воды транзитом в бак водонапорной башни (при наличии контррезервуара).

6. Определить пьезометрические и свободные напоры в узлах сети при различных режимах ее работы, высоту башни, потребные напоры насосов. Уточнить правильность подбора насосного оборудования.

3. РАСЧЕТ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

Расчет хозяйственно-питьевого, производственного и противопожарного водопотребления города сводится в основном к определению расчетных расходов – суточного, часового и секундного.

При расчете водопотребления следует пользоваться действующими нормами и правилами с учетом перспективного развития города и промпредприятий.

В соответствии с [1] производительность проектируемого водопровода должна быть достаточной для обеспечения:

а) расхода на хозяйственно-бытовые нужды в жилых зданиях;

б) расхода на хозяйственно-бытовые нужды в общественных зданиях;

в) расхода на поливку и мойку городской территории (улиц, площадей и др.);

г) расхода на поливку садов и огородов;

д) хозяйственно-питьевого снабжения на предприятиях;

ж) расхода воды на производственные нужды;

з) прочих расходов (местная промышленность, собственные нужды водопровода и т.п.).

Расчетные расходы воды на хозяйственно-бытовые нужды в жилых и общественных зданиях принимаются по принятым нормам водопотребления и расчетному количеству жителей.

Расчетное количество жителей определяется с учетом перспективного развития города по формуле:

$$N_{\text{ж}} = rF, \quad (3.1)$$

где F – площадь населенного пункта в га;

r – расчетная площадь населения, указанная в задании, в чел/га.

Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления населенных мест принимаются согласно [1] в зависимости от благоустройства зданий и климатических условий.

Верхние пределы норм относятся к районам с теплым, а нижние – к районам с холодным климатом.

Общие средние суточные расходы воды $Q_{\text{сут. ср.}}$, м³/сут. на хозяйственно-питьевые и бытовые нужды можно определить по формуле:

$$Q_{\text{сут. ср.}} = \sum \frac{q_{\text{жс}} \cdot N_{\text{жс}}}{1000}, \quad (3.2)$$

где $q_{\text{ж}}$ – средний (за год) расчетный расход воды на одного жителя;

$N_{\text{ж}}$ – расчетное число жителей.

Расчетный суточный расход воды на эти нужды:

наибольший

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

наименьший

$$Q_{\text{сут. min}} = K_{\text{сут. min}} Q_{\text{сут. ср.}}, \quad (3.4)$$

где $K_{\text{max}} = 1,1 \div 1,3$; $K_{\text{min}} = 0,7 \div 0,9$.

Наибольшие и наименьшие расчетные часовые расходы воды (r_{max} и r_{min}) в сутки наибольшего и наименьшего водопотребления на хозяйственно-питьевые нужды населения могут быть получены из следующих формул:

$$q_{\text{ч max}} = K_{\text{ч max}} Q_{\text{сут. max}}/24, \quad (3.5)$$

$$Q_{ч \text{ min}} = K_{ч \text{ min}} Q_{\text{сут. min}} / 24, \quad (3.6)$$

где $K_{ч \text{ min}}$ и $K_{ч \text{ max}}$ – коэффициент неравномерности часового водопотребления в течение суток.

Их значения определяются по формулам:

$$K_{ч \text{ max}} = \alpha_{\text{max}} \beta_{\text{max}},$$

$$K_{ч \text{ min}} = \alpha_{\text{min}} \beta_{\text{min}},$$

где α – коэффициент, учитывающий степень благоустройства зданий, режим работы, предприятий и др. местные условия;
 β – коэффициент, учитывающий количество жителей в населенном пункте. Принимаются по таблицам [1].

Расчетные расходы воды на хозяйственно-бытовые нужды в производственных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий принимаются по нормам водопотребления на одного человека в смену из числа работающих и принимающих душ.

Часовой расход воды на одну душевую сетку следует принимать 500 л.

Продолжительность действия душевой принимается 45 мин. после окончания каждой смены.

Расчетные расходы на полив улиц, проездов и зеленых насаждений, в поселках и промышленных предприятиях определяют с учетом типа покрытия, типа насаждения, климатических условий и др. местных условий по [1].

Расчетные расходы воды на производственные нужды промышленных предприятий следует принимать по данным технологий, приведенных в задании. Можно использовать также укрупненные нормы.

Общий суточный расход воды города и промпредприятий определяется как сумма расходов на хозяйственно-бытовые, поливочные и производственные нужды.

Расход воды на пожаротушение является временным, обеспечивается в виде неприкосновенного запаса в баке водонапорной башни, запасных резервуарах и в суточном расходе не учитывается.

Расчетные расходы воды на наружное пожаротушение для населенных мест принимаются в зависимости от количества жителей и характера застройки по таблицам [1].

Расчетная продолжительность тушения пожаров в населенных местах и промышленных предприятиях принимается равной 3 часам.

Расчетное количество одновременных пожаров принимается в зависимости от площади промышленных предприятий и чис-

Водоснабжение

ла жителей в населенном месте по [1].

Водопроводная сеть должна рассчитываться на **максимальный часовой расход в сутки наибольшего водопотребления**.

Все вычисления по определению максимального часового расхода обычно ведут в таблице (табл. 1).

Таблица 1

Часы суток	Город (поселок)					Промышленное предприятие					Всего	
	I район		II район		Полив, м ³	хоз.быт. расходы		Душ, м ³	Технологич. нуж-бы, м ³	Местные промышл. и коммунальн. нужды, м ³	М ³	В % от суточного расхода
	В % от суточного расхода	М ³	В % от суточного расхода	М ³		В % от полного расхода за сутки, %	М ³					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

ВСЕГО:

В графе 1 табл. 1 записывают часы суток от 0 до 24 ч в последовательности 0-1, 1-2 и т.д.

В графах 2 и 4 показывают распределение расходов воды на хозяйственно-питьевые нужды населения по часам суток в процентах от суточного расхода. Данные для заполнения этой графы можно принять по табл. 2 [2], в соответствии с принятым коэффициентом часовой неравномерности водопотребления.

Таблица 2

Примеры распределения расходов воды по часам суток на хозяйственно-питьевые нужды населения города

Часы суток	Часовой расход, % от суточного, при $K_{ч\max}$, равно											
	1,2 0	1,2 5	1,3 0	1,3 5	1,4 0	1,4 5	1,5 0	1,8 0	1,9 0	2,0	2,5 0	
0-1	3,5	3,3 5	3,2	3	2,5	2	1,5	0,9	0,8 5	0,7 5	0,6	
1-2	3,4 5	3,2 5	3,2 5	3,2	2,6 5	2,1	1,5	0,9	0,8 5	0,7 5	0,6	
2-3	3,4 5	3,3	2,9	2,5	2,2	1,8 5	1,5	0,9	0,8 5	1	1,2	
3-4	3,4	3,2	2,9	2,6	2,2 5	1,9	1,5	1,0	1	1	2	

Водоснабжение

4-5	3,4	3,2 5	3,3 5	3,5	3,2	2,8 5	2,5	2,3 5	2,7	3	3,5
5-6	3,5 5	3,4	3,7 5	4,1	3,9	3,7	3,5	3,8 5	4,7	5,5	3,5
6-7	4	3,8 5	4,1 5	4,5	4,5	4,5	4,5	5,2 5	5,3 5	5,5	4,5
7-8	4,4	4,4 5	4,6 5	4,9	5,1	5,3	5,5	6,2 5	5,8 5	5,5	10, 2
8-9	5	5,2	5,0 5	4,9	5,3 5	5,8	6,2 5	5,5	4,5	3,5	8,8
9-10	4,8	5,0 5	5,4	5,6	5,8 5	6,0 5	6,2 5	4,8 5	4,2	3,5	6,5
10-11	4,7	4,8 5	4,8 5	4,9	5,3 5	5,8	6,2 5	5	5,5	6,0	4,1
11-12	4,5 5	4,6	4,6	4,7	5,2 5	5,7	6,2 5	6,5	7,5	8,5	4,1
12-13	4,5 5	4,6	4,5	4,4	4,6	4,8	5	7,5	7,9	8,5	3,5
13-14	4,4 5	4,5 5	4,3	4,1	4,4	4,7	5	6,7	6,3 5	6	3,5
14-15	4,6	4,7	4,4	4,1	4,6	5,0 5	5,5	5,3 5	5,2	5	2
15-16	4,6	4,7	4,5 5	4,4	4,6	5,3	6	4,6 5	4,8	5	6,2
16-17	4,6	4,6 5	4,5	4,3	4,9	5,4 5	6	4,5	4	3,5	10, 4
17-18	4,3	4,3 5	4,2 5	4,1	4,8	5,0 5	5,5	5,5	4,5	3,5	9,4
18-19	4,3 5	4,4	4,4 5	4,5	4,7	4,8 5	5	6,3	6,2	6	7,3
19-20	4,2 5	4,3	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5	5,3 5	5,7	6	1,6
20-21	4,2 5	4,3	4,4	4,5	4,4	4,2	4	5	5,5	6	1,6
21-22	4,1 5	4,2	4,5	4,8	4,2	3,6	3	3	3	3	1
22-23	3,9	3,7 5	4,2	4,6	3,7	2,8 5	2	2	2	2	0,6
23-24	3,8	3,7	3,5	3,3	2,7	2,1	1,5	1	1	1	0,6

Все- го	10 0										
------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

В графе 3 и 5 приводятся абсолютные значения расходов каждого часа суток в м³.

Поливочные расходы вносят в графу 6. Продолжительность периода поливки рекомендуется принимать в расчетах от 4 до 6 ч в сутки (утро и вечер). В целях уменьшения диаметров труб сети количество и режим полива в течение суток желательно установить с таким расчетом, чтобы часы ее не совпадали с часами максимального расходования воды по городу в целом.

Графы 7 и 8 заполняют по данным производства в зависимости от количества смен и принятого графика водопотребления [2].

Расход воды на душ принимаются в течение 45 минут после окончания смены.

Заполнение табл. 1 графы 10 следует производить по данным задания, принимая равномерное в течение смены (или суток) расходование воды.

В графе 11 приводятся данные расходов местной промышленности и неучтенных расходов, которые принимаются по данным задания в соответствии с [1].

Общие расходы воды города и предприятий за каждый час суток вычисляются путем суммирования соответствующих расходов отдельных потребителей и вносятся в графу 12 в м³/ч, а в графу 13 – в % от полного максимального суточного расхода.

Далее, анализируя данные графы 12 табл. 1, определяют максимальный часовой и секундный расходы воды городом и промышленными предприятиями. Для удобства вычисления секундных расходов час максимального водопотребления следует выделить из таблицы, подчеркнув всю горизонтальную строку намеченного часа.

По данным графы 13 табл. 1 строят ступенчатый или интегральный график водопотребления.

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖИМА ПОДАЧИ ВОДЫ НАСОСАМИ В СЕТЬ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ БАКА ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ И РЕЗЕРВУАРОВ ЧИСТОЙ ВОДЫ

Проектирование режима подачи воды насосами сводится к построению ступенчатого или интегрального графиков их работы и графика водопотребления города.

Водоснабжение

Построив эти графики, вычисляют регулируемую емкость бака водонапорной башни.

Примеры построения графиков водопотребления и подачи воды насосами (равномерной и ступенчатой) приведены в литературе [2, 3, 4].

Все вычисления по определению регулирующей емкости бака можно вести в табл. 3.

Таблица 3

Часы суток	Водопотребление в % от суточного	Подача воды насосами, %	Поступление воды в бак, %	Расход воды из бака, %	Остаток воды в баке, %
1	2	3	4	5	6

В графах 1 и 2 указывают часы суток и водопотребление, принимаемое в табл. 1.

В графе 3 отмечают подачу воды насосами по часам суток в % от суточного расхода воды. Данные графы 4 получаются как разность данных граф 3 и 2 и выражают повышение подачи воды насосами над расходом. В графе 5 указываются расходы воды из бака.

Для определения емкости бака намечают час, когда бак будет пуст, и отмечают в графе 6 остаток воды в баке в этот час 0. Далее, суммируют нарастающим итогом все часовые поступления в бак или вычитают часовые расходы из бака и получают для каждого часа остаток воды в баке к концу каждого часового промежутка. Наибольшая цифра графы 6 и дает **требуемую регулируемую емкость бака в % от максимального суточного расхода воды**.

Подобным образом определяют и регулируемую емкость резервуаров чистой воды.

Баки водонапорных башен должны содержать кроме **регулирующего объема** неприкосновенный пожарный запас воды, рассчитанный на

10-минутную продолжительность тушения одного внутреннего и одного наружного пожаров при одновременном наибольшем расходе воды на другие нужды, т.е.

$$W_6 = W_{\text{рег}} + W_{\text{пож}}, \quad (4.1)$$

где $W_{\text{рег}}$ – регулируемый объем бака, м³;

$W_{\text{пож}}$ – противопожарный запас, м³.

Водоснабжение

Применительно к населенному пункту

$$W_{\text{пож}} = \frac{(q_{\text{max.хоз}} + q_{\text{пож}} + q'_{\text{пож}}) \cdot 60 \cdot 10}{1000} \text{ м}^3,$$

где $q_{\text{max.хоз}}$ – максимальный хозяйственный и производственный расходы (без учета расхода на полив, душ), л/с;

$q_{\text{пож}}$, $q'_{\text{пож}}$ – расход воды на тушение одного наружного и одного внутреннего пожаров, соответственно, л/с;

Емкость резервуаров чистой воды

$$W = W_{\text{рег}} + W_{\text{п}} + W_{\text{с}}, \quad (4.2)$$

где $W_{\text{рег}}$ – регулирующий объем резервуара, м³;

$W_{\text{п}}$ – противопожарный запас воды в резервуаре, м³;

$W_{\text{с}}$ – запас воды на собственные нужды водопровода, м³.

Объем противопожарного запаса в резервуарах чистой воды должен обеспечить подачу воды на тушение пожара одновременно с наибольшим водопотреблением на другие нужды и включать запас воды:

- на тушение пожара в течение 3 часов в соответствии с указаниями [1];
- на хозяйственно-питьевые и производственные нужды в течение трех смежных часов наибольшего расхода по графику водопотребления или из расчета двух максимальных и одного среднечасового расхода. При этом расходы воды на душ, полив территории завода и мойку технологического оборудования не учитывают.

В случае **гарантированной бесперебойности** подачи воды в резервуары допускается учитывать их пополнение водой во время пожара с соответственным уменьшением неприкосновенного пожарного запаса.

С учетом вышесказанного трехчасовой пожарный запас воды

$$W_{\text{п}} = \frac{3 \cdot 3600}{1000} \cdot Q_{\text{пож}} + W_{\text{нр}} - 3Q_{\text{н}}, \quad (4.3)$$

где $Q_{\text{пож}}$ – секундное количество воды для тушения одновременных пожаров, л/с;

$W_{\text{нр}}$ – наибольшее количество воды, потребляемое за 3 смежных часа для хозяйственных и производственных нужд (расход воды в душ, полив территории, мытье полов и т.п. в производственных помещениях не учитывается);

$Q_{\text{н}}$ – пополнение резервуара во время пожара (максималь-

ный срок восстановления пожарного запаса принимается в соответствии с указаниями [1] – 24 часа).

Запас воды на собственные нужды определяется с учетом типа и площади фильтров, типа водозаборных сооружений и др. факторов.

При отсутствии указанных выше данных этот запас можно принимать ориентировочно в % от общего расхода воды городом [1]. По данным расчета подбирают типовые резервуары.

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЩЕЙ СХЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Запроектированная система водоснабжения должна иметь наивыгоднейшее технико-экономическое решение всего комплекса сооружений.

Водозаборные сооружения необходимо располагать в соответствии с санитарными требованиями выше (по течению реки) населенного пункта.

Очистные сооружения, резервуары чистой воды и насосная станция II подъема располагаются вблизи города или непосредственно у водозаборных сооружений.

Трассировка водоводов производится по наикратчайшему пути, как правило, в две нитки.

Место расположения водонапорной башни выбирается в наиболее высокой точке местности, желательно в пределах застроенной части (не на проездах).

Для обеспечения бесперебойности водоснабжения прокладываются несколько магистральных линий по основному направлению (на расстоянии 300-600 м), работающих параллельно. Основные магистрали соединяются перемычками (на расстоянии 400-1000 м), образуя кольца.

Магистральную сеть обычно прокладывают по наиболее возвышенным точкам города, равномерно охватывая при этом всех наиболее крупных потребителей.

6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СЕТИ

Гидравлический расчет водонапорной сети сводится к определению характера распределения потоков воды по магистральным линиям сети и соответствующих потерь напора для них при экономически наивыгоднейших диаметрах труб.

В зависимости от принятой общей схемы водопроводов расчет сети производят на следующие режимы ее работы:

- а) максимальный хозяйственно-питьевой расход воды;

б) максимальный хозяйственно-питьевой расход и расход воды на пожар;

в) случай подачи воды транзитом в водонапорную башню в ночной период (случай с контррезервуаром).

В расчете фактическая картина водозабора заменяется упрощенной условной схемой отбора воды. При этом определяются сосредоточенные потребители и допускается, что оставшаяся вода расходуется равномерно по длине магистральной сети (путевые расходы). В дальнейшем этот равномерно-распределенный расход заменяется узловыми расходами, сосредоточенными на концах линий (в узлах).

Гидравлический расчет нужно вести в следующей последовательности.

1. Составляют исходную расчетную схему сети, на которой указывают длины расчетных участков сети, сосредоточенные расходы определенных потребителей, номера узлов, колец и общих расходов, подаваемые в сеть.

2. Определяют удельные, путевые и узловые расходы.

Путевые расходы вычисляют по формуле:

$$q_{\text{пут}} = q_0 l, \quad (6.1)$$

$$\text{где } q_0 = \frac{Q - \sum Q_c}{\sum l};$$

Q – общий расчетный расход, в л/с;

$\sum Q_c$ - сумма сосредоточенных расходов, л/с;

$\sum l$ - общая длина участков линий, м.

Вычисления путевых расходов удобно вести в табличной форме (табл. 4)

Таблица 4

Участок	Длина участка , м	Расход	
		удельный, л/с • м	путевой, л/с
1	2	3	4

Правильность вычисления проверяют по формуле:

$$\sum q_{\text{пут}} = Q - \sum Q_c. \quad (6.2)$$

Узловые расходы:

$$q_{узл} = \frac{(\sum q_{пут})_{узл}}{2}, \quad (6.3)$$

т.е. расход в каждом узле сети принимается равным полусумме путевых расходов участков, примыкающих к данному узлу.

Вычисление узловых расходов удобно вести в табл. 5.

Таблица 5

Узловые точки	Прилегающие к узлу участки	Сумма путевых расходов, л/с	Узловой расход, л/с
1	2	3	4

Правильность вычисления узловых расходов определяется по следующей формуле:

$$\sum q_{узл} = Q - \sum Q_c. \quad (6.4)$$

Вычисленные узловые расходы выписываются на расчетной схеме сети.

3. Намечают вероятное (наиболее желательное) распределение потоков воды по всем линиям сети, исходя из условий подачи транзитных расходов для питания удаленных районов и наиболее крупных потребителей кратчайшими путями; при этом параллельно работающие магистрали стремятся загружать примерно одинаково (для обеспечения взаимозаменяемости). Распределение потоков удобно начинать с наиболее удаленных от мест питания узловых точек.

При наличии контррезервуаров вначале лучше распределить расход из башни и найти так называемые точки встречи потоков, а затем от них двигаться к точке примыкания водоводов.

4. По намеченным приближенным расходам каждого участка подбирают диаметры сети и определяют скорости движения воды в трубах.

Диаметры труб выбирают на основании технико-экономического расчета, учитывающего строительную стоимость труб, стоимость электроэнергии, неравномерность подачи воды, нормативный срок окупаемости и другие факторы.

Ввиду сложности полного технико-экономического расчета в практике широко используют приближенные способы определения диаметров.

При выполнении курсового проекта можно пользоваться таблицами для гидравлического расчета труб [5,6]. По расчетному расходу, задаваясь экономической скоростью (в рамке), определяют диаметр трубы.

При выборе материала труб надлежит руководствоваться указаниями [1].

При назначении диаметров водопроводных линий необходимо принимать во внимание существующий сортамент труб.

Диаметры отдельных участков магистральных линий могут быть конструктивно увеличены, исходя из условий взаимозаменяемости линий во время аварий.

Диаметры магистральных линий должны приниматься не менее 100-150 мм (по условиям пропускания пожарных расходов).

5. Определяют потери напора на участках сети по формулам:

$$h = i l ; \quad (6.5)$$

$$h = S q^2 , \quad (6.6)$$

где $S = S_0 l$ – сопротивление трубопровода;

S_0 – удельное сопротивление трубопровода для расхода, выраженного в м³/с;

i – потери напора на один погонный метр трубопровода.

6. Определяют величину невязки в отдельных кольцах :

$$\sum h = \Delta h .$$

(6.7)

При этом считают потери напора для расходов, направленных по ходу часовой стрелки, положительными (+), а для расходов, направленных против часовой стрелки, отрицательными (-).

7. Производят проверку (увязку) кольцевой сети, т.е. перераспределяют ранее намеченные потоки воды, увеличив расходы недогруженных линий за счет уменьшения перегруженных.

8. Увязку кольцевой сети рекомендуется производить по методу М.М. Андриашева, определяя увязочные расходы по замкнутым контурам, охватывающим группу колец.

Величина увязочного расхода

$$\Delta q = \frac{q_c \Delta h}{2 \sum h} , \quad (6.8)$$

где Δh - величина невязки рассматриваемого контура (или кольца);

$\sum h$ - арифметическая сумма (без учета знаков) потерь напора в участках рассматриваемого контура;

q_c - средняя величина расхода для входящих в контур участков.

Невязку и величину поправочного расхода определяют для

различных групп колец (контуров) до тех пор, пока невязки в кольцах Δh не станут допустимыми; последние принимаются равным 0,3-0,5 м для одного кольца и для объемлющего контура - 1,0 м.

Все операции по увязке сети записываются на расчетной схеме.

При значительном числе повторных расчетов схема составляется только для 2-3 последних вариантов расчета.

Далее проверяют возможность пропуска расчетных хозяйственных и пожарных расходов (второй случай) при тех же диаметрах и определяют потери напора в сети для выбора пожарных насосов.

Места пожаров намечают в наиболее неблагоприятных точках (наиболее удаленных, имеющих наиболее высокие отметки).

Увязку сети рекомендуется производить по методу М.М. Андриашева или В.С.Лобачева, по аналогии с первым случаем, до достижения величины невязки в кольцах менее 1,0 м.

При значительных потерях напора или скорости, превышающих

2,5-3,0 м, можно несколько увеличить диаметр отдельных участков сети и произвести ее перерасчет.

Запись операций по проверке пропуска пожарных расходов производится на расчетной схеме (аналогично первому случаю).

При наличии контррезервуаров (третий случай) проверяют возможности подачи воды транзитом в башню хозяйственными насосами в ночное время.

В этом случае распределение потоков на расчетной схеме лучше начинать от точки примыкания башни.

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЬЕЗОМЕТРИЧЕСКИХ И СВОБОДНЫХ НАПОРОВ

В зависимости от масштаба расчетных схем и насыщенности ее другими записями величины пьезометрических и свободных напоров (а также отметки поверхности земли в узлах сети) наносят на тех же расчетных или отдельных схемах.

Пьезометрический напор в данном узле

$$H_n = H_n^c + h, \quad (7.1)$$

где H_n^c - пьезометрический напор в смежном узле;

h – потери напора на данном участке сети.

Свободный напор в данном узле

$$H_{св} = H_n - Z, \quad (7.2)$$

где Z – отметка поверхности земли в данном узле.

Определение пьезометрических и свободных напоров производится от точек, принятых за диктующие. Напор в этих точках должен быть равен расчетному напору, который назначается по этажности застройки (в час максимального водопотребления), или принимается равным 10 м вод.ст. (в час тушения пожара).

Далее на листе ватмана строится продольный профиль напоров по основной магистрали, проходящей по наиболее высоким отметкам, от насосной станции до наиболее удаленной точки питания сети. На профиле указываются отметки на поверхности земли в узлах, длины участков, диаметры труб, пьезометрические и свободные напоры при расчетных расходах.

Если в отдельных точках свободные напоры получаются меньше допустимых, то вполне очевидно, что диктующей является одна из промежуточных точек, а не наиболее удаленная. В этом случае следует увеличить все отметки пьезометрического напора до необходимых величин, и исходя из этого, определить высоту водонапорной башни.

Высота водонапорной башни определяется как разность отметок действительного пьезометрического напора и поверхности земли в месте расположения башни, т.е.

$$H_б = Z_{пн} - Z_{пз}. \quad (7.3)$$

Отметка пьезометрического напора при пожаре в месте расположения водонапорной башни принимается равной отметке пьезометрического напора при максимальном водозаборе.

Если во время пожара в отдельных точках свободный напор окажется меньше 10 м, то нужно свободные (и пьезометрические) напоры во всех узлах увеличить до необходимых величин, увеличить высоту водонапорной башни или выключить ее из работы на период пожара.

Определенную таким образом высоту водонапорной башни (до низа бака) надлежит увеличить на 1-1,5 м за счет потерь напора в трубах самой башни и на соединениях ее с сетью.

Далее определяем необходимые напоры насосов.

По расходу и наибольшему напору в двух первых расчетных случаях подбираем насосное оборудование. Затем проверяется возможность подачи этими же насосами воды в час пожара. Если напор насосов достаточен для случая пожара, но рабочие насосы не могут обеспечить подачу расчетного расхода, то число их увеличивается. Если при пожаре необходимые напоры получились намного больше, чем напоры для первых двух режимов, то в этом

случае подбирают специальные пожарные насосы с большим напором, которые будут включаться при возникновении пожара взамен хозяйственных. Число резервных насосов принимается в соответствии с рекомендациями [1].

Далее на листе ватмана строятся пьезометрические карты равных давлений при пропуске хозяйственного пожарного расходов воды или план и разрез водопроводного колодца. При детализации сети кольца или участка сети нумеруются колодцы, представляются позиции труб фасонных частей и арматуры. Фасонные части и арматура одинаковых размеров имеют одинаковую позицию. На основании детализации составляют спецификацию на фасонные части, трубы и арматуру, требуемые для устройства сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Строительные нормы и правила СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение, наружные сети и сооружения.

2. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения: - справочник. – М.: Высш. шк., 1995.

3. Николадзе Г.Н., Сомов М.А. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1995.

4. Сомов М.А. Водопроводные системы и сооружения. – М., 1988.

5. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных и асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных труб. – М.: Стройиздат, 1973 (ВНИИВОДГЕО).

6. Журба М.Г., Соколов М.И., Говоров Ж.М. Водоснабжение систем и сооружений в 3-х томах: учеб. пособие, 2-е изд. – М.: АВС, 2003.