


**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт горного дела и строительства
Кафедра «Санитарно-технические системы»

Утверждено на заседании кафедры
«Санитарно-технические системы»
«20» января 2022 г., протокол № 5

Зав. кафедрой

 Р.А. Ковалев

Регистрационный номер:

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К КУРСОВОЙ РАБОТЕ**

по дисциплине

«Наружные сети водоснабжения и водоотведения»

Уровень профессионального образования: *высшее образование –
бакалавриат*

Направление (*специальность*) подготовки: *08.03.01 «Строительство»*

Профиль (*специализация*) подготовки: *«Теплогазоснабжение и
вентиляция»*

Квалификация выпускника: *бакалавр*

Форма обучения: *очная, очно-заочная*

Тула 2022 год

Методические указания к курсовой работе составлены доцентом С.С. Соколовой и обсуждены на заседании кафедры «Санитарно-технические системы» института горного дела и строительства

протокол № 5 от «20» 01 2022 г.

Зав. кафедрой _____ Р.А.Ковалев

1 Цели и задачи курсовой работы

Курсовая работа выполняется с целью закрепления знаний по дисциплине «Наружные сети водоснабжения и водоотведения» и развития навыков самостоятельного проектирования системы холодного водоснабжения населенного пункта.

Задачами курсовой работы являются:

- практическое овладение методикой проектирования системы водоснабжения населенного пункта ;
- анализ вариантов схематических решений прокладки трубопроводов и выбор оптимального решения;
- получение элементарных навыков конструкторского проектирования систем водоснабжения и водоотведения;
- выполнение гидравлических расчетов трубопроводов наружного водопровода;
- приобретение практических навыков оформления и выпуска конструкторской документации в соответствии с ГОСТ.

Для решения перечисленных задач необходимо знание не только курса «Водоснабжение и водоотведение II», но и ряда смежных дисциплин, изучаемых в 1-6 семестрах, а также умение пользоваться действующими нормативными документами и справочной литературой

2.1. Тематика курсовой работы

В соответствии с вариантом задания необходимо запроектировать систему водоснабжения населенного пункта. Основное внимание должно быть уделено выбору оптимального варианта схемы сети, технологии выполнения гидравлических расчетов трубопроводов и методике увязки кольцевой водопроводной сети, изложенной в действующих нормативных документах.

2.2. Исходные данные к курсовой работе

Исходные данные для выполнения курсовой работы содержатся в задании на курсовое проектирование.

2.3. Объем курсовой работы

Работа состоит из пояснительной записки и графической части.

Графическая часть работы выполняется на одном листе формата А1 и должна содержать:

- 1) генплан и принципиальную схему наружного водопровода населенного пункта;
- 2) детализовку водопроводной сети;
- 3) элементы системы водоснабжения (по заданию руководителя работы).

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

- 1) расчет водопотребления города и составление сводной таблицы водопотребления.
- 2) построение графиков водопотребления города и работы насосной станции второго подъема (Н.С.- II).
- 3) определение емкости и размеров бака водонапорной башни.
- 4) подготовка сети к гидравлическому расчету.
- 5) гидравлический расчет (увязка) водопроводной сети города.
- 6) определение диаметров водоводов, напора насосов и высоты водонапорной башни.

Каждый подраздел в обязательном порядке должен содержать необходимые таблицы, графики и рисунки.

2.4. Защита курсовой работы

Курсовая работа подписывается руководителем к защите, если ее объем и содержание соответствуют настоящим указаниям. После этого работа отдается на рецензирование одному из преподавателей кафедры.

Защита курсовой работы студентом производится в назначенные сроки перед комиссией. В процессе защиты студент должен кратко доложить результаты каждого из этапов выполненной им работы и ответить на

вопросы членов комиссии. Оценка курсовой работы производится в соответствии с уровнем знаний, выявленным в процессе защиты и качеством выполненной работы.

В случае неудовлетворительной оценки студенту выдается новое задание на проектирование.

3. Методические указания по выполнению курсовой работы

1. Расчет водопотребления города и составление сводной таблицы водопотребления

Цель расчета сводится к определению расходов воды:

на хозяйственно-питьевые нужды населения (а), на поливку территорий (б), на нужды местной промышленности (в) и промышленных предприятий (г).

а). Определение расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды населения

Численность населения города рассчитывается по формуле:

$$N = S \times \rho \text{ (чел.)},$$

где ρ - плотность населения, чел. /га (принимается по заданию);

S - площадь города, га (принимается по расчету).

Среднесуточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды определяется по формуле:

$$Q_{\text{ср.сут.}} = q \times N / 1000 (\text{м}^3/\text{сут}),$$

где q - удельное водопотребление, л/сут. на 1 чел. (принимается по заданию);

N - численность населения города, чел.

Максимальный суточный расход воды определяется по формуле:

$$Q_{\text{сут. макс.}} = K_{\text{сут. макс.}} \times Q_{\text{ср.сут.}} (\text{м}^3/\text{сут}),$$

где $K_{\text{сут. макс.}}$ - коэффициент суточной неравномерности (см. СНИП, стр. 2); коэффициент учитывает уклад жизни населения, режим работы промышленных предприятий, степень благоустройства зданий и т.д. (согласно СНИП $K_{\text{сут макс}}$ рекомендуется принимать равным 1,1-1,3).

Максимальный часовой расход воды определяется по формуле:

$$Q_{\text{ч. макс.}} = K_{\text{ч. макс.}} \times Q_{\text{сут. макс.}} / 24,$$

где $K_{\text{ч. макс.}}$ — коэффициент часовой неравномерности; согласно СНИП

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

где $\alpha_{\text{макс.}}$ - коэффициент, учитывающий те же обстоятельства, что и $K_{\text{сут. макс.}}$; согласно СНИП $\alpha_{\text{макс}}$ рекомендуется принимать равным 1,2-1,4;

$\beta_{\text{макс}}$ - коэффициент, который учитывает количество жителей в населенном пункте (принимается по СНИП, табл. 2, стр. 3) или по табл. 1 настоящих методических указаний.

Таблица 1

Значения $\beta_{\text{макс.}}$ в зависимости от количества жителей

	Количество жителей в городе, тыс. чел.:				
	6	10	20	50	100
$\beta_{\text{макс.}}$	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1

Таблица 2

Величины расходов по часам суток при разных коэффициентах часовой неравномерности $K_{ч.макс.} \%$	
Часы суток	$K_{ч.макс.}, \%$
	1,38
0-1	3.2
1-2	3,25
2-3	2,9
3-4	2,9
4-5	3,35
5-6	3.75
6-7	4,15
7-8	4,65
8-9	5,05
9-10	5,4
10-11	4,85
11-12	4,6
12-13	4,5
13-14	4,3
14-15	4.4
15-16	4,55
16-17	4,5
17-18	4.25
18-19	4,45
19-20	4.4
20-21	4,4
21-22	4,5
22-23	4,2
23-24	3,5

б). Определение расхода воды на поливку территорий

Цель расчета - определение часового поливочного расхода воды в городе. Поливка осуществляется дворниками (вручную) и (или) поливочными машинами.

Площадь территории поливки в городе Π (%) указывается в задании, а площадь территории S (га) поливаемой машинами (дворниками)

определяется по формуле:

$$S_{\text{маш.}} = S_{\text{дв.}} = S \times \Pi / 100,$$

Нормы расхода воды на поливку машинами и дворниками составляют:

$$q_{\text{п.маш.}} = 1,2-1,5 \text{ л/м}^2 \text{ и } q_{\text{п.дв.}} = 0,4-0,5 \text{ л/м}^2 \text{ (СНиП табл. 3, стр. 3).}$$

Количество воды, идущее на поливку машинами и дворниками определяется по следующим формулам:

$$W_{\text{маш.}} = S_{\text{маш.}} \times q_{\text{п.маш.}} \text{ (м}^3\text{)}$$

Продолжительность поливки $t_{\text{маш.}}$ и $t_{\text{дв.}}$, указывается в задании.

Часовой поливочный расход определяется по формулам:

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

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

в). Определение расхода воды на нужды местной промышленности

Цель расчета - определение часового расхода воды, потребляемой местной промышленностью города (магазины, рынки, предприятия общественного питания, прачечные, парикмахерские и т.д.). Местная промышленность потребляет от 10 до 15% $Q_{\text{сут.мак.}}$ с учетом расхода на полив

$$Q_{\text{м.пром.}} = (Q_{\text{сут.мак.}} + W_{\text{маш.}} + W_{\text{дв.}}) \times (0,1 \dots 0,15),$$

Предприятия местной промышленности работают в среднем 16 часов в сутки, т.е. часовой расход определится по формуле:

$$q_{\text{ч.м.пром.}} = Q_{\text{м.пром.}} / 16 \text{ (м}^3\text{/ч)}$$

г). Определение расхода воды на промышленных предприятиях

Цель расчета - определение часового технологического расхода $q_{\text{ч.техн.}}$, а также расходов воды в холодных и горячих цехах (на хозяйственно-питьевые нужды и прием душа в конце смены).

Определение технологического расхода воды

Данные о величине секундного расхода воды на технологические нужды предприятия $q_{с.техн.}$, (л/с) и регламенте работы предприятия (I, II или III смены) приводятся в задании.

Часовой технологический расход определяется по формуле:

$$q_{ч.техн.} = 3,6 \times q_{с.техн.} \text{ (м}^3\text{/ч)}.$$

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

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

где t — количество часов работы предприятия в сутки.

Определение расходов воды в холодном цехе

Количество работников цеха N_x определяется по заданию.

Норма водопотребления составляет $q_x = 25$ л/чел. ($0,025 \text{ м}^3\text{/чел.}$).

Тогда в смену на хозяйственно-питьевые нужды потребляется

$$q_{х.х-п} = N_x \times q_x \text{ (м}^3\text{/смен)}.$$

За n смен (т.е. в сутки) будет потребляться

$$Q_{сут.х.х-п.} = q_{х.х-п.} \times n \text{ (м}^3\text{/сут)},$$

а ежечасно

$$q_{ч.х.х-п.} = Q_{сут.х.х-п.} / t \text{ (м}^3\text{/ч)}.$$

Количество работников цеха, пользующихся душем, $N_{х.д.}$ определяется по заданию.

Нормативное количество работников, пользующихся одной душевой сеткой в цехе составляет 15 чел. Отсюда количество потребных душевых сеток n_c составит

$$n_c = N_{х.д.} / 15 \text{ (шт.)}.$$

При норме расхода воды на одну душевую сетку $0,5 \text{ м}^3$ душевой расход составит

$$q_{х.д.} = n_c \times 0,5 \text{ (м}^3\text{/смен)}.$$

За n смен (т.е. в сутки) будет потребляться

$$Q_{\text{сут.х.д.}} = q_{\text{х.д.}} \times n \text{ (м}^3\text{/сут.)}.$$

Определение расходов воды в горячем цехе

Количество работников цеха $N_{\text{г.}}$, определяется по заданию.

Норма водопотребления составляет $q_{\text{г.}} = 45$ л/чел. ($0,045$ м³/чел).

В смену на хозяйственно-питьевые нужды потребляется

$$q_{\text{г.х-п.}} = N_{\text{г.}} \times q_{\text{г.}} \text{ (м}^3\text{/смен.)}.$$

За n смен (т.е. в сутки) будет потребляться

$$Q_{\text{сут.г.х-п.}} = q_{\text{г.х-п.}} \times n \text{ (м}^3\text{/сут.)},$$

а ежечасно

$$q_{\text{ч.г.х-п.}} = Q_{\text{сут.г.х-п.}} / t \text{ (м}^3\text{/ч.)}.$$

Количество работников цеха, пользующихся душем, $N_{\text{г.д.}}$ определяется по заданию. Нормативное количество работников, пользующихся одной душевой сеткой в цехе, составляет 7 чел. Отсюда количество потребных сеток $n_{\text{с.}}$ составит

$$n_{\text{с.}} = N_{\text{г.д.}} / 7 \text{ (шт.)}.$$

При норме расхода воды на одну душевую сетку $0,5$ м³ душевой расход составит

$$q_{\text{г.д.}} = n_{\text{с.}} \times 0,5 \text{ (м}^3\text{/смен.)}.$$

За n смен (т.е. в сутки) будет потребляться

$$Q_{\text{сут.г.д.}} = q_{\text{г.д.}} \times n \text{ (м}^3\text{/сут.)}.$$

Определив все необходимые расходы воды (пункты а-г), расчетные данные сводятся в табл. 3 (*приведенные в табл. 3 и последующих таблицах конкретные численные данные представлены в качестве наглядного примера заполнения соответствующих строк и столбцов*). В сводной табл. 3 данные по часовым расходам воды на принятие душа $q_{\text{х.д.}}$ и $q_{\text{г.д.}}$ заносятся в

строку, соответствующую последнему часу работы каждой смены.

2. Построение графиков водопотребления города и работы насосов

Н. С.-II

График водопотребления и работы насосов как функция $Q = f(t)$ строится на миллиметровке (формат А 4).

Данные для построения графика водопотребления выбираются из табл. 3 (столбцы 1 и 13), а при построении графика работы Н.С.-II необходимо руководствоваться следующими положениями. В часы усиленного водоразбора в город подается вода, поступающая от Н.С.-II и водонапорной башни, причем на долю насосов приходится 75-90% подаваемой воды, а оставшиеся 10-15% поступают из бака башни.

Таблица 3.Сводные данные о водопотреблении в городе

Час Суток	Хоз.-пит.		Расход полив		Мест. про- мыш.,	Промышленные предприятия					Суммарн. расход,	
	%	м ³ ,ч	маши- ны,	двор- ники,		Хол. цех.	душ. хол.	гор. цех,	душ. гор.	техно- лог.	м ³ /ч	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0-1	3.20	486.08									486.08	1.68
1-2	3.25	493.675									493.675	1.7
2-3	2.90	440.51									440.51	1.52
3-4	2.90	440.51									440.51	1.52
4-5	3.35	508.865									508.865	1.76
5-6	3.75	569.625									569.625	1.97
6-7	4.15	630.385									630.385	2.18
7-8	4.65	706.335									706.335	2.44
8-9	5.05	767.095			104.68	1.95		478.125		270	1621.85	5.61
9-10	5.40	820.26			104.68	1.95		478.125		270	1675.015	5.79
10-11	4.85	736.715			104.68	1.95		478.125		270	1591.47	5.5
11-12	4.60	698.74			104.68	1.95		478.125		270	1553.495	5.37
12-13	4.50	683.55			104.68	1.95		478.125		270	1538.305	5.32
13-14	4.30	653.17			104.68	1.95		478.125		270	1507.925	5.21
14-15	4.40	668.36			104.68	1.95		478.125		270	1523.115	5.27
15-16	4.55	691.145			104.68	1.95	4	478.125	5.5	270	1555.4	5.38
16-17	4.50	683.55			104.68	1.95		478.125		270	1538.305	5.32
17-18	4.25	645.575			104.68	1.95		478.125		270	1500.33	5.19
18-19	4.45	675.955			104.68	1.95		478.125		270	1530.71	5.29
19-20	4.40	668.36			104.68	1.95		478.125		270	1523.115	5.27
20-21	4.40	668.36			104.68	1.95		478.125		270	1523.115	5.27
21-22	4.50	683.55			104.68	1.95		478.125		270	1538.305	5.32
22-23	4.20	637.98	15	5	104.68	1.95		478.125		270	1512.735	5.23

23-24	3.50	531.65	15	5	104.68	1.95	4	478.125	5.5	270	1415.905	4.97
Итого	100%	15190	30	10	1674,9	31,25	8	7650	11	4320	<u>28925,15</u>	100%
											28925,15	

3. Определение емкости и размеров бака водонапорной башни

Целью расчета является определение общей емкости бака $W_б$ водонапорной башни, включающего регулирующий объем воды $W_{рег.б.}$, а также пожарный запас $W_{п.б.}$.

$$W_б = W_{рег.б.} + W_{п.б.}$$

Регулирующий объем определяется по данным табл. 4 (столбец 6). Для нахождения величины $W_{рег.б.}$ необходимо сложить самое большое ($W_{ост.мак.}$) и самое малое значение ($W_{ост.мин.}$) остатка воды в баке в течение суток, выраженное в %. Тогда $W_{рег.б.}$ определится по формуле:

$$W_{рег.б.} = Q_{сут.сум.} \times (W_{ост.мак.} + W_{ост.мин.}) \times 0,01 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Пожарный объем $W_{п.б.}$ определяется из расчета тушения n количества одновременно возникающих пожаров в городе, насчитывающим определенное количество жителей (СНиП табл. 5 стр. 5). По данной таблице определяется расход воды, требуемый для тушения каждого пожара. Тогда $W_{п.б.}$ будет определяться по формуле:

$$W_{п.б.} = n \times q_{п.б.} \times 600 \times 0,001 \text{ (м}^3\text{)},$$

где n - количество одновременных пожаров;

q - расход воды на тушение каждого пожара, л/с;

600 - продолжительность тушения пожара, с;

0,001 - переводной коэффициент.

После нахождения $W_{п.б.}$ и $W_{рег.б.}$ подсчитывается их сумма, т.е. определяется емкость бака водонапорной башни $W_б$.

Бак водонапорной башни выполняется в форме цилиндра высотой h и диаметром d . Как правило $h = (2/3) d$.

Объем бака подсчитывается по формуле:

$$W_{\text{б}} = F_{\text{осн}} \times h = (\pi d^2 / 4) \times [(2/3) d] = (\pi / 6) d^3.$$

Подставляя значения $W_{\text{б}}$ в данную формулу, определяется величина d , а затем h .

Таблица 4

Определение объема бака водонапорной башни

Часы суток	Водопо- требл. города, %	Работа Н.С.-II, %	Посту- пление в бак, %	Отвод из бака, %	Остаток в баке, W	
					в%	(при- вед. к
1	2	3	4	5	6	7
0-1	1,68	1,85	0,17		0,17	1,09
1-2	1,7	1,85	0,15		0,32	1,24
2-3	1,52	1,85	0,33		0,65	1,57
3-4	1,52	1,85	0,33		0,98	1,9
4-5	1,76	1,85	0,09		1,07	1,99
5-6	1,97	1,85		0,12	0,95	1,87
6-7	2,18	1,85		0,33	0,62	1,54
7-8	2,44	1,85		0,59	0,03	0,95
8-9	5,61	5,33		0,28	-0,25	0,67
9-10	5,79	5,33		0,46	-0,71	0,21
10-11	5,5	5,33		0,17	-0,88	0,04
11-12	5,37	5,33		0,04	-0,92	0
12-13	5,32	5,33	0,01		-0,91	0,01
13-14	5,21	5,33	0,12		-0,79	0,13
14-15	5,27	5,33	0,06		-0,73	0,19
15-16	5,38	5,33		0,05	-0,78	0,14
16-17	5,32	5,33	0,01		-0,77	0,15

17-18	5,19	5,33	0,14		-0,63	0,29
18-19	5,29	5,33	0,04		-0,59	0,33
19-20	5,27	5,33	0,06		-0,53	0,39
20-21	5,27	5,33	0,06		-0,47	0,45
21-22	5,32	5,33	0,01		-0,46	0,46
22-23	5,23	5,33	0,1		-0,36	0,56
23-24	4,97	5,33	0,36		0	0,92
Итого	100 %	100 %	-	-	-	-

4. Подготовка сети к гидравлическому расчету

Водопроводная сеть рассчитывается на максимальный секундный расход в час максимального водопотребления (см. строку 9-10 ч в табл. 3); в данный час город потребляет определенное количество воды (в % суточного расхода - столбец 13 или в м³/ч - столбец 12).

В час максимального водопотребления вода подается насосами Н.С.-II (см. табл. 4 - количество подаваемой воды в % в строке 9-10 ч столбца 3) и из бака водонапорной башни (см. табл. 4 - разница между значениями в столбцах 2 и 3 строки 9-10 ч).

Для расчета водопроводной сети необходимо предварительно выделить значения сосредоточенного расхода $q_{\text{соср.}}$, т.е. расхода воды для промышленного предприятия (см. табл. 3 - сумма величин расходов в строке 9-10 ч столбцах 7-11), а также равномерно распределенного расхода $q_{\text{р.р.}}$.

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

При определении указанных расходов необходимо подсчитать удельный $q_{\text{уд.}}$ и путевые расходы $q_{\text{пут.}}$.

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

где $\sum L$ — общая (суммарная) длина участков водопроводной сети, м ($\sum L$ и $q_{\text{р.р.}}$ заносятся в итоговую строку табл. 5).

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

где L_i -длина соответствующего участка водопроводной сети.

Таблица 5

Определение величин путевых расходов

Номер участка	Длина участка L_i , м	Расход воды $q_{пут}$, л/с
1	2	3
1-2	700	59,5
2-3	460	39,1
3-4	800	68,0
4-5	460	39,1
5-6	700	59,5
6-9	800	68,0
8-9	700	59,5
7-8	460	39,1
5-8	800	68,0
6-1	800	68,0
2-5	800	68,0
4-7	800	68,0
Итого	$\Sigma L = 8280$	$q_{в.в.} = 70,185$

Следующим этапом подготовки водопроводной сети к расчету является определение узловых расходов, которые представляют собой полусуммы приложенных расходов на смежных участках (т.е. участках, имеющих общий узел). Данные по расчету узловых расходов сводятся в табл. 6.

Таблица 6

Определение величин узловых расходов

Но- мер	Линии, при- легающие к	Полусумма приложенных расходов, л/с	Узловой расход,
1	1-2,1-6	$(59,5+68,0)/2$	63,75
2	1-2,2-5,2-3 пром.	$(59,5+68,0+39,1)/2+75$	158,3
3	2-3,3-4	$(39,1+68,0)/2$	53,55
4	3-4,4-5,4-7	$(68,0+39,1+68,0)/2$	87,55
5	4-5,5-6,5-8,2-5	$(39,1+59,5+68,0+68,0)/2$	117,3
6	5-6,6-1,6-9	$(59,5+68,0+68,0)/2$	97,75
7	4-7,7-8	$(68,0+39,1)/2$	53,55
8	7-8,8-9,5-8	$(39,1+59,5+68,0)/2$	83,3
9	8-9,6-9	$(59,5+68,0)/2$	63,75
Максимальный часовой расход			778,8

Этапом подготовки сети к гидравлическому расчету является назначение диаметров труб и предварительное распределение расходов по кольцевой водопроводной сети города. На рис. 2, иллюстрирующим водопроводную сеть, наносится следующая информация:

- номер кольца (римскими цифрами) в л/с;
- величины узловых расходов воды (на конце стрелки, отходящей от соответствующего узла);
- величины расходов воды в л/с от водонапорной башни и двух водоводов, питающих кольцевую сеть (в узле № 1);
- направления течения воды (в виде стрелок на участках (линиях);
- назначаемые расходы в л/с и диаметры труб в мм на участках (информация записывается вблизи участка в виде дроби "расход / диаметр".

Определение величин расходов воды на участках производится в строгой последовательности, начиная от узла № 1. Принцип определения расхода на участках состоит в вычитании из питающего узла расхода величины узлового расхода и распределения остатка по прилегающим к узлу участкам пропорционально их длинам и с учетом тяготения к крупному водопотребителю - промышленному предприятию, а также учитывая подпитку сети из бака водонапорной башни. При этом величина назначаемого расхода на каждом из участков должна превосходить величину узлового расхода в следующем по длине участка узле.

Например, для узла № 1: $282 - 24,52 = 257,48$ (л/с); далее вода поступает на две линии 1-2 и 1-8. Пусть на линию 1-2 будет поступать 74,5 л/с (т.е. более 32,22 л/с, что соответствует узловому расходу в узле №2). Тогда на линию 1-8 будет поступать $257,48 - 74,5 = 182,98$ (л/с).

Диаметр линии 1-2 и 1-8 устанавливается в зависимости от величин назначаемых расходов по табл. 7.

Таблица 7

Диапазоны расходов воды и значения удельного
сопротивления в трубопроводах соответствующего диаметра

Диаметр труб, мм *	Расходы, л/с	Удельное сопротивление. S ₀
200	0-35,5	7,399*10 ⁻⁶
250	35,5 - 57	2,299*10 ⁻⁶
300	57 - 83,8	0,8336*10 ⁻⁶
350	83,8- 116	0,4151*10 ⁻⁶
400	116-153	0,2085*10 ⁻⁶
450	153-197	0,1134*10 ⁻⁶
500	197-273	0,06479*10 ⁻⁶
600	273 - 402	0,02493*10 ⁻⁶
700	402 - 600	0.01111*10 ⁻⁶

*Диаметры линий можно также определять, используя две формулы:

$$d_{(мм)} = \mathfrak{E}^{0,145} \times q^{0,42} \text{ или } d_{(мм)} = 3,33 \times \sqrt{q}$$

Используя данные табл. 7, диаметр линии 1-2 составит 300мм, а 1-8-450 мм.

Для других узлов и линий расходы составят следующие величины.

Узел № 8: 182,98 - 37,9 = 145,08 (л/с). Вода поступает на линии 7-8 и 8-9; расход на линии 7-8 - 22,08 л/с и диаметр 200 мм; тогда расход на линии 8-9 составит 145,08 - 22,08 == 123 (л/с), а диаметр 400 мм.

Узел № 3: 71,64 - 20,56 = 51,08 (л/с). Вода поступает на линии 3^4 и 2-3; расход на линии 3-4 - 30,08 л/с и диаметр 200 мм; тогда расход на линии 2-3 составит 51,08 - 30,08 == 21 (л/с), а диаметр 200 мм.

Узел № 2: (74,5 + 21) - 32,22 == 63,28 (л/с). Вода поступает на линию 2-7; расход на линии 2-7 составит 63,28 л/с, а диаметр 300 мм.

Узел № 7: (63,28 + 22,08) - 45,39 = 39.97 (л/с). Вода поступает па линии 4-7 и 6-7; расход на линии 4-7 - 18.47 л/си диаметр 200 мм; тогда расход на линии 6-7 составит 39,97 - 18,47 -= 21,5 (л/с), а диаметр 200

мм.

Узел № 4: $(30,08 + 18,47) - 33,9 - 14,65$ (л/с). Вода поступает на линию 4-5; расход на линии 4-5 составит 14,65 л/с, а диаметр 200 мм.

Узел № 6: $(16,77 + 21,5) - 32,38 - 5,89$ (л/с). Вода поступает на линию 5-6; расход на линии 5-6 составит 5,89 л/с, а диаметр 200 мм.

5. Гидравлический расчет (увязка) водопроводной сети города

Цель расчета (увязки) - определение истинных расходов и потерь напора на каждой линии кольцевой сети. По завершению расчета сети подбираются соответствующие насосы. Расчет сети сопровождается заполнением сводной табл. 8.

6. Определение диаметров водоводов, напора насосов и высоты башины

Длина водоводов, как правило, составляет 2000-3000 м, а их диаметр принимается равным наибольшему из диаметров участков кольцевой сети. В рассматриваемом примере длина водоводов принята равной $l_v = 2000$ м, а диаметр 450 мм. По двум водоводам к сети поступает 282 л/с. На каждый водовод приходится $282 / 2 = 141$ (л/с). По таблице Шевелева Ф.А. определяются потери напора i на единицу длины водоводов диаметром 450 мм для расхода 141 л/с. Величина i составляет 0,00211. Тогда потери напора в водоводе определяются по следующей формуле:

$$h_v = i \times l_v = 0,00211 \times 2000 = 4,22 \text{ (м)}.$$

Для определения напора насосов необходимо определить самую удаленную от места подвода водоводов точку на сети. Такой точкой является узел № 5. К нему вода может подходить по следующим направлениям:

1-8-9-6-5 (суммарная длина пути 2640 м);

1-8-7-6-5 (то же 2620 м);

1-.2-7-4-5 (то же 2660 м);

1 -2-7-6-5 (то же 2620 м);

1-.8-7-4- 5 (то же 2660 м).

Наиболее протяженным является путь движения воды 1 -2-7-4-5. Примем его -за диктующий.

Напор насосов определяется по следующей (формуле:

$$H_{\text{нас}} = Z_{\text{д}} - Z_{\text{нас}} + h_{\text{св}} + h_{\text{в}} + \sum h_{\text{с}},$$

где $Z_{\text{д}}$ и $Z_{\text{нас}}$ - соответственно геодезические отметки диктующей точки (учла № 5 у поверхности земли) и насоса; отметка оси насоса соответствует минимальному горизонту воды в источнике водоснабжения (для рассматриваемого примера согласно плану местности и исходным данным для проектирования $Z_{\text{д}} = 132.8$ м, $Z_{\text{нас}} = 124$ м):

$h_{\text{св}} = 10 + 4 (n - 1)$; n — этажность застройки (например, по заданию 6 этажей); $h_{\text{св}} = 10 + 4 (6 - 1) = 30$ (м);

$\sum h_{\text{с}}$ - суммарные потери напора по направлению I -2-7- 4 -5 (см. величины потерь напора на данных участках к итоговых графах табл. 8). Отсюда суммарные потери напора составят $\sum h_{\text{с}} = 3,1 - 2,32 + 1,21. + 1,37 = 8$ (м).

Тогда $H_{\text{нас}} = 132,8 - 124 + 30 + 4,22 + 8 = 51,02$. Принимается напор насосов $H_{\text{нас}} = 51,1$ м. По величинам расхода $Q_{\text{нас}} = 282$ л/с и напора $H_{\text{нас}} = 51,1$ м по каталогу подбирается насос типа Д 800-51.

Для определения высоты водонапорной башни выбирается кратчайший путь движения воды от узла, вблизи которого установлена башня до диктующего узла. Кратчайший путь в рассматриваемом примере 3-4-5. Тогда высота башни будет определяться по формуле:

$$H_6 = Z_d - Z_6 + h_{cb} + h_{в.б.} + \sum h_c + h,$$

где Z_6 - геодезическая отметка в месте установки в месте установки башни (определяется согласно плану местности по горизонталям); $h_{в.б.}$ - потери напора в водоводах башни; определяются аналогично потерям в водоводах по формуле $h_{в.б.} = i \times l_{в.б.}$ (для рассматриваемого примера расход по каждому водоводу от башни составляет $71,64 / 2 = 36$ (л/с); длина водоводов, как правило, составляет $h_{в.б.} = 150$ м, а диаметр принимается равным наибольшему в точке подвода водоводов к сети, т.е. 200 мм); отсюда $h_{в.б.} = i \times l_{в.б.} = 0,0092 \times 150 = 1,38$ (м);

$\sum h_c$ - суммарные потери напора на участках 3-4 и 4-5 (соответственно $4,97 + 1,37 = 6,34$ м);

h - высота бака башни (в рассматриваемом примере 8,33 м).

Тогда $H_6 = 132,8 - 134,75 + 30 + 1,38 + 6,34 + 8,33 = 44,1$ (м).

Литература:

- 1 Сайриддинов, С. Ш. Гидравлика систем водоснабжения и водоотведения : учеб. пособие для вузов / С. Ш. Сайриддинов .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : АСВ, 2008 .— 351 с. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-93093-247-8 (в пер.)
- 2 Воронов, Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод : учебник для вузов / Ю. В. Воронов ; под общ. ред. Ю. В. Воронова .— 5-е изд., перераб. и доп. — М. : АСВ, 2009 .— 760 с. : ил.
- 3 Гусаковский, В. Б. Водоснабжение промышленных предприятий : учеб. пособие для вузов / В. Б. Гусаковский, Е. Э. Вуглинская ; СПбГАСУ, Каф. водоснабжения .— СПб, 2003 .— 155 с. : ил. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-9227-0014-6 : 111,00

4 Водоснабжение : учебник для вузов : в 2 т. — М. : АСВ, 2008. Т. 1: Системы забора, подачи и распределения воды / М. А. Сомов .— 2008 .— 261 с. : ил. — На обл. авт.:М. А. Сомов, М.Г. Журба .— Библиогр. в конце ч. — ISBN 978-5-93093-565-3 ((в пер.)) : 348,00.

5 Белоконов, Е. Н. Водоотведение и водоснабжение : учеб. пособие для вузов / Е. Н. Белоконов, Т. Е. Попова, Г. Н. Пурас .— Ростов-н/Д : Феникс, 2009 .— 380 с. : ил. — На обл. авт.:М. А. Сомов, М.Г. Журба .— Библиогр. в конце ч. — ISBN 978-5-93093-565-3 ((в пер.)) : 348,00.

6 Бухаркин, Е.Н. Инженерные сети:Оборудование зданий и сооружений : Учебник для вузов / Е.Н.Бухаркин,В.В.Кушнiryк,В.М.Овсянников и др.;Под.ред.Ю.П.Соснина .— М. : Высш.шк., 2001 .— 415с. : ил. — Библиогр.в конце кн. — ISBN 5-06-003827-0 : /В пер./:84р.