



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
"Томский государственный архитектурно-строительный университет"

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ НА ПЭВМ

Методические указания для практических работ
и проектирования

Составитель Е.Ю. Осипова

Томск 2016

Гидравлический расчет водопроводной сети на ПЭВМ/
Сост. Е.Ю. Осипова. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит.
ун-та, 2016. – 17 с.

Рецензент: к.т.н., доцент кафедры Водоснабжения и водоотведения Е. П. Лашкинский

Редактор: к.т.н., доцент кафедры Водоснабжения и водоотведения В.К. Махлаев

Методические указания предназначены для выполнения практических работ, курсового и дипломного проектирования студентов дневной и заочной формы обучения направления 08.03.01. «Строительство».

Печатается по решению методического семинара кафедры Водоснабжения и водоотведения. Протокол № 11 от 23.03.2015 г.

Подписано в печать 23.03.2015 г.

Формат 60x84/16. Бумага офсет. Гарнитура

Тайсм. Печать офсет. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 10 экз. Заказ №

Изд-во ТГАСУ, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2.

Отпечатано с оригинал-макета в ООП ТГАСУ.

634003, г. Томск, ул. Партизанская, 15

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Подготовка к гидравлическому расчету	4
Определение диаметров труб	5
Определение потерь напора в сети	7
Методы увязки кольцевых водопроводных сетей	8
Порядок выполнения расчета	14
Список используемой литературы.....	17

Введение

Гидравлический расчет водопроводной сети позволяет определить диаметры труб, потери напора в них и требуемый напор насосов для обеспечения потребителя водой.

1. Подготовка к гидравлическому расчету

До начала гидравлического расчета должна быть выполнена: трассировка водопроводной сети, определено максимально-суточное водопотребление объекта, установлены режимы подачи и отбора воды на сети.

Дальнейшую работу по подготовке к гидравлическому расчету целесообразно производить в соответствии со схемой водопроводной сети, на которой указаны узловые расходы для всех расчетных случаев.

В зависимости от принятой схемы водопроводной сети и режима водопотребления, выбирают расчетные случаи, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Принятая схема	Расчетные случаи			
	Максимальное водопотребление	Транзит в бак	Пожар	Авария
С башней в начале сети	+	-	+	+
С башней в конце сети	+	+	+	+
Без башни	+	-	+	+

Основными расчетными случаями независимо от принятой схемы водоснабжения, следует считать случай максимального

водопотребления. А для системы с контррезервуаром, еще и случай максимального транзита воды в бак. Все остальные случаи – проверочные.

2. Определение диаметров труб

Диаметры труб на участках водопроводной сети следует выбирать по расходам принятого потокораспределения и сравнения технико-экономических показателей. Объем технико-экономических расчетов определяется особенностью рассматриваемой системы и должен быть достаточен для обоснования выбора оптимального (наиболее экономически выгодного) диаметра [1].

Для приближенных расчетов численное значение экономического фактора \mathcal{E}_T можно принимать 0,5; 0,75 или 1. Экономический фактор для определения диаметра труб приведен в табл. 2 [2].

Таблица 2

Экономический фактор для определения диаметра труб

Районы расположения системы водоснабжения	Значение экономического фактора \mathcal{E}_T
Центральные и западные	0,75
Сибирь, Урал	0,5
Южные	1,0

Предельные расходы для труб из разных материалов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Предельные расходы $q_{пр}$, л/с при значениях $\Xi = 0,5$ (Сибирь, Урал)

D , мм	Чугунные трубы	Стальные трубы	Асбесто-цементные трубы
75	3,9	6,6	-
80	6,6	9,3	-
100	10,6	13,4	11,7
125	16,8	19,0	-
150	28,3	25,0	25,4
175	-	33,4	-
200	51,2	53,0	48,7
250	82,2	82,0	78,2
300	121,0	118,0	114,0
350	167,0	161,0	160,0
400	220,0	211,0	240,0
450	286,0	268,0	-
500	394,0	360,0	791,0
600	581,0	507,0	-
700	808,0	676,0	-
800	1080,0	888,0	-
900	1396,0	1130,0	-
1000	1930,0	1528,0	-
1200	-	2197,0	-
1400	-	2810,0	-
1500	-	3248,0	-
1600	-	6774,0	-

Минимальный диаметр труб объединенного водопровода (хозяйственно-питьевого и противопожарного), в населенных пунк-

тах, должен быть не менее 150-200 мм, а в сельских населенных пунктах – не менее 75 мм.

3. Определение потерь напора в сети

Определение потерь напора в трубопроводах сети является составной частью задачи по определению требуемых напоров насосов, подающих воду в сеть, высоты водонапорных башен и расходования энергии на подачу воды потребителям [3].

Для облегчения и ускорения определения потерь напора по длине трубопровода на практике широко используют специальные таблицы, графики и номограммы, в частности таблицы, составленные Ф.А. Шевелевым [4]. При расчете кольцевых водопроводных сетей методами, предусматривающими аналитическое определение поправочных (увязочных) расходов для каждого контура, целесообразней использовать формулу потерь напора:

$$H=A l q^2 =S q^2$$

где A – удельное сопротивление трубопровода, включающее все факторы, характеризующие гидравлическое сопротивление на единицу длины; S – полное сопротивление трубопровода..

Для определения удельных сопротивлений удобно пользоваться таблицами, составленными для различных типов труб всех стандартных диаметров. Удельное сопротивление новых стальных, чугунных и асбестоцементных труб приведены в табл. 4 [2,4].

Таблица 4.

Удельное сопротивление неновых стальных и чугунных и новых асбестоцементных труб*

Диаметр условного прохода, мм	Стальные электросварные трубы	Чугунные напорные трубы	Асбестоцементные трубы
100	172,9	311,7	187,7
125	76,36	96,72	67,08
150	30,65	37,11	31,55
175	20,79	-	-
200	6,959	8,092	6,898
250	2,187	2,528	2,227
300	0,8466	0,9485	0,914
350	0,3731	0,4365	-
400	0,1907	0,2189	0,2171
450	0,09928	0,1186	-
500	0,05784	0,06778	0,7138
600	0,02262	0,02596	0,02123
700	0,010098	0,01154	0,00954
800	0,005514	0,005669	0,00477
900	0,002962	0,003047	0,00259
1000	0,001699	0,001750	0,00151

- Примечание: для расчетов целесообразно использовать параметры неновых труб стальных и чугунных.

4. Методы увязки кольцевых водопроводных сетей

Задачей увязки кольцевой водопроводной сети является нахождение действительного распределения подаваемой воды по участкам при принятых наиболее выгодных диаметрах и расчетных режимах ее работы.

Поскольку действительное распределение расходов воды по участкам сети будет сопровождаться соответствующими (действительными) потерями напора при обязательном удовлетворении первого и второго закона Кирхгофа, задача внутренней увязки кольцевой сети практически сводится к решению системы n нелинейных (контурных) уравнений баланса потерь напора в элементарных кольцах сети, которые имеют вид:

$$\sum h_i * k = \sum S_i * k * g_{ik} = 0,$$

где k – поправочный коэффициент.

Увязочные расчеты многокольцевых сетей представляют собой трудоемкую и громоздкую работу даже при допускаемых невязках: для колец $\Delta h_{\text{доп.}} \leq 0,5$ м и для контура сети $\Delta h_{\text{доп.}} \leq 1,0$ м при самостоятельном (вручную) расчете.

Для учета скорости движения воды в трубах, потери напора в линиях определяют по формуле, включающей поправочный коэффициент (табл. 5).

$$h = A l q^2_{i-k} \delta,$$

где δ , - поправочный коэффициент, учитывающий неквадратичность движения воды в случае средней скорости движения воды менее 1,2 м/с.

Метод Лобачева-Кросса является наиболее распространенным способом увязки кольцевых водопроводных сетей. Суть этого метода заключается в последовательном исправлении расходов первоначального потокораспределения по всем участкам сети с доведением их в конечном итоге до действительных по значениям невязки потерь Δh в каждом кольце при каждом приближении, до нужной величины. При этом исправление расходов на участках производится уменьшением расходов на перегруженных участках и увеличением на недогруженных, считая потери напора на участках с движением воды по часовой

стрелке со знаком плюс «+» и против часовой стрелки со знаком минус «-».

Таблица 5.

Значение поправочного коэффициента

V, м/с	Значение δ для труб		V, м/с	Значение δ для труб	
	стальных и чугу- нных	асбес- тоце- ментных		стальных и чугунных	асбес- тоце- ментных
0,2	1,4	1,308	1,1	1,015	0,986
0,25	1,33	1,257	1,2	1	0,974
0,3	1,28	1,217	1,3	-	0,953
0,35	1,24	1,85	1,4	-	0,953
0,4	1,2	1,158	1,5	-	0,944
0,45	1,75	1,135	1,6	-	0,936
0,5	1,15	1,115	1,7	-	0,928
0,55	1,13	1,098	1,8	-	0,922
0,6	1,115	1,082	1,9	-	0,916
0,65	1,1	1,069	2	-	0,91
0,7	1,085	1,086	2,2	-	0,9
0,75	1,07	1,045	2,4	-	0,891
0,8	1,08	1,034	2,6	-	0,883
0,85	1,05	1,025	2,8	-	0,876
0,9	1,04	1,016	3	-	0,87
1	1,03	1			

Поправочный коэффициент для участков j-го кольца определяется в зависимости от значения невязки по кольцу Δh_j по формуле:

$$\Delta q_j = \frac{\Delta h_j}{2 \sum (S_{i-k} q_{i-k} k_{i-k})},$$

где Δh_j – невязка, полученная при первоначальном распределении потоков воды. Значение невязки потерь напора по кольцу первоначально определяют по принятому расходу потокораспределения, по которому устанавливают диаметры труб, а затем для каждого приближения по исправленному расходу $q_{ik} \pm \Delta q_j$, соблюдая при этом требования первого закона Кирхгофа для всех узлов сети. При этом поправочные коэффициенты вносят во все кольца сети. Увязку сети обычно ведут в табличной форме.

Широкое распространение получил и метод, предложенный М.М. Андрияшевым. Автор метода рекомендует после первого определения невязок осуществлять выбор системы контуров (охватывающих одно кольцо или группу элементарных колец), по которым можно провести поправочные расходы для получения значительного снижения «невязок» в сети. Под элементарным кольцом понимается кольцо, в котором не имеется участков, пересекающих его площадь, и которое не делится на более мелкие кольца. Эти расходы могут проводиться как одновременно по нескольким выбранным контурам, так и последовательно с учетом результатов предыдущих операций. Результаты всех вычислений записывают непосредственно на схеме сети. После каждого цикла проведения поправочных расходов анализируют полученные результаты (значения и знак невязки), намечают группу контуров увязки и определяют новые поправочные расходы.

$$\Delta q = q_{cp} \Delta h / 2 \left(\sum h \right),$$

где $q_{cp} = \sum q_i / n$ – среднее арифметическое значение расхода воды в контуре, включающее в себя n участков; Δh – невязка в контуре; $\sum h$ – сумма абсолютных значений потерь напора по всему контуру.

Для решения указанной задачи применяется много методов, которые можно с успехом использовать, и в ручном счете, и с применением ПЭВМ.

Таблица 6.

Исходные данные для расчета в программе ПЭВМ

Узел	Узел	Длина, м	Расход, м ³ /с	Диаметр, м
1	2	500	0,065	0,3
2	3	700	0,0494	0,25
3	12	500	-0,007	0,2
1	12	700	-0,0763	0,3
0	0	0	0	0
3	12	500	0,007	0,2
3	4	600	0,0321	0,25
4	11	400	0,005	0,15
11	12	600	-0,0323	0,25
0	0	0	0	0
4	11	400	-0,005	0,15
4	5	500	0,0075	0,2
5	6	400	0,0043	0,15
6	11	500	-0,0175	0,2
0	0	0	0	0
1	10	500	-0,065	0,3
1	12	700	0,0763	0,3
9	12	500	0,007	0,2
9	10	700	-0,0494	0,25
0	0	0	0	0
9	12	500	-0,007	0,2
11	12	600	0,0323	0,25
8	11	400	-0,005	0,15
8	9	600	-0,0315	0,25
0	0	0	0	0
8	11	400	0,005	0,15
6	11	500	0,0175	0,2
6	7	400	0,0048	0,15
7	8	500	-0,0069	0,2
0	0	0	0	-1

5. Порядок выполнения расчета

1. Включить компьютер;
2. Для входа в программу, набрать пароль;
3. Найти курсором в каталоге название «RPKBC»;
4. Войти в программу – «enter»;
5. Найти курсором в подкаталоге файл «rpkbc.exe», «enter»;
6. Сформировать список, для чего дать команду «F3», затем «F2»;
7. Клавишей «enter» подтвердить любую команду и набранные цифры;
8. Присвоить имя файлу своих данных;
9. Ввести номер варианта – набрать цифру – 1;
10. Выбрать материал труб (сталь, чугун, асбестоцемент);
11. Ввести данные, т.е. заполнить страницу на экране ПЭВМ по форме (таблица 6), «enter»;
12. После последнего кольца набрать нулевую строку с последней цифрой «– 1»;
13. Проверить и при необходимости откорректировать введенные данные после нажатия клавиши «F4», «enter»;
14. Записать таблицу с исправленными данными –«F2»;
15. Вернуться в начало программы клавишей «Esc»;
16. Для выполнения расчетов нажать – «F9»;
17. Дать команду «Alt-C» для вывода результатов на экран и переписать результаты расчета;
18. Результаты расчета можно вывести на печать;
19. При необходимости проведения расчетов для других режимов работы сети, нужно вернуть данные (существующий файл) с помощью клавиши «F5» и назвать его новым именем. Провести работу согласно п.п. 13-19;
20. Выход из программы – «F10»;
21. Проанализировать результаты расчетов, сравнив рассчитанные расходы на участках для двух расчетных случаев с экономически выгодными расходами (табл. Шевелевых).

- В случае несоблюдения соответствия отредактировать исходные данные (изменить диаметры) и повторить расчеты;
22. При проведении проверочных расчетов для случая «аварии», величина узловых расходов должна быть умножена на коэффициент $\epsilon (0,7)$, учитывающий допустимое нормами снижение подачи воды при аварии водопроводной сети [3].

Таблица 7.

Результаты расчета

Узел	Узел	Результаты расчета		
		Расход, м ³ /с	Скорость, м/с	Потери, м
1	2	0,06002	0,849	1,943
2	3	0,04442	0,905	3,878
3	12	-0,00967	0,308	-0,524
1	12	-0,08592	1,216	-5,295
0	0	0	0	0
3	12	0,00967	0,308	0,524
3	4	0,02979	0,607	1,595
4	11	0,00208	0,118	0,113
11	12	-0,03575	0,728	-2,228
0	0	0	0	0
4	11	-0,00208	0,118	-0,113
4	5	0,00811	0,258	0,383
5	6	0,00491	0,278	0,507
6	11	-0,01204	0,383	-0,775
0	0	0	0	0
1	10	-0,06036	0,854	-1,963
1	12	0,08592	1,216	5,295
9	12	0,01049	0,334	0,605
9	10	-0,04476	0,912	-3,934
0	0	0	0	0
9	12	-0,01049	0,334	-0,605
11	12	0,03575	0,728	2,228
8	11	0,0012	0,056	0,031
8	9	-0,03035	0,618	-1,651
0	0	0	0	0
8	11	-0,0012	0,056	-0,031
6	11	0,01204	0,383	0,775
6	7	-0,0011	0,033	-0,064
7	8	-0,01005	0,374	-0,741
0	0	0	0	-1

Список источников литературы

1. Николадзе Г.И. Коммунальное водоснабжение и канализация.-М.: Стройиздат, 1983 –423 с.
2. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Том 3. – М.: Изд-во АСВ, 2004-256 с.
3. Тугай А.М., Терновцев В.Е. Водоснабжение. Курсовое проектирование: Учебное пособие для вузов.- Киев: Высшая школа, 1980- 208 с.
4. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. – М.: ООО "ИД "БАСТЕТ", 2014 – 384 с.