

Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Уральский государственный университет путей сообщения
Кафедра «Мосты и транспортные тоннели»

Ю. В. Горелов
Л. С. Горелова
Т. Н. Ткачева

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ
КОЛЬЦЕВЫХ ВОДОПРОВОДНЫХ
СЕТЕЙ**

Екатеринбург
Издательство УрГУПС
2013

Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Уральский государственный университет путей сообщения
Кафедра «Мосты и транспортные тоннели»

Ю.В. Горелов
Л.С. Горелова
Т.Н. Ткачева

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОЛЬЦЕВЫХ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Методические указания
к выполнению курсовой работы
и практическим занятиям
для студентов специальностей
271501 – «Строительство железных дорог,
мостов и транспортных тоннелей»,
270800 – «Строительство»
дневной и заочной форм обучения

Екатеринбург
Издательство УрГУПС
2013

УДК 532
Г58

Горелов, Ю. В.

Г58 Гидравлический расчет кольцевых водопроводных сетей : метод. указания / Ю. В. Горелов, Л. С. Горелова, Т. Н. Ткачева. – Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2013. – 31, [1] с.

В настоящих методических указаниях приведены методы расчета кольцевых систем водоснабжения и необходимые справочные данные для выполнения курсовой работы.

Данные методические указания предназначены для студентов дневного и заочного обучения специальностей 271501 – «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей», 270800 – «Строительство»

УДК 532

*Печатается по решению
редакционно-издательского совета университета*

Авторы: Ю. В. Горелов, доцент кафедры «Мосты и транспортные тоннели», канд. техн. наук, УрГУПС

Л. С. Горелова, старший преподаватель кафедры «Проектирование и эксплуатация автомобилей», УрГУПС

Т. Н. Ткачева, старший преподаватель кафедры «Мосты и транспортные тоннели», УрГУПС

Рецензент: Г. В. Десятых, зав. кафедрой «Мосты и транспортные тоннели», канд. техн. наук, УрГУПС

© Уральский государственный университет
путей сообщения (УрГУПС), 2013

Оглавление

Введение.....	4
1. Задание на контрольную работу.....	5
1.1 Описание расчетной схемы водоснабжения.....	5
1.2 Исходные данные для расчета.....	6
1.3 Содержание контрольной работы.....	7
2. Обоснование принятых норм водопотребления и свободных напоров, определение расчетных суточных расходов воды.....	7
3. Определение расчетных секундных расходов воды.....	10
4. Подготовка разводящей магистральной сети к гидравлическому расчету.....	12
4.1 Определение путевых расходов.....	12
4.2 Определение узловых расходов.....	13
4.3 Предварительное распределение потоков воды по линиям разводящей сети.....	15
4.4 Определение диаметров участков сети.....	16
5. Гидравлический расчет магистральной разводящей сети.....	19
6. Определение высоты водонапорной башни и ёмкости напорного бака.....	21
7. Гидравлический расчет напорного водовода.....	23
8. Определение потребной производительности и напора водопроводных насосов, подбор типа насоса, определение отметки оси насоса и соображения по сооружению насосной станции.....	24
9. Параметры регулировки центробежных насосов.....	26
Библиографический список.....	27
Приложение 1.....	28
Приложение 2.....	29
Приложение 3.....	29
Приложение 4.....	30

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания помогут студентам овладеть методикой расчета систем водоснабжения и более глубоко детально проработать некоторые вопросы проектирования этих систем для небольших населенных пунктов или отдельных районов крупных городов.

Данные методические указания рекомендуется использовать студентам дневного обучения специальности «Строительство железных дорог» на практических занятиях и при выполнении курсовой работы по курсу «Инженерные сети и оборудование», а также студентам заочного обучения той же специальности, при выполнении контрольных заданий по этому же курсу.

Методические указания снабжены необходимыми справочными данными, которые позволяют проводить расчет систем водоснабжения без обращения к другим литературным источникам.

Методические указания помогут студентам в изучении курса «Инженерные сети и оборудование».

1. ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

1.1. Описание расчетной схемы водоснабжения

Необходимо произвести расчет систем водоснабжения населенного пункта и железнодорожной станции (рис.1).

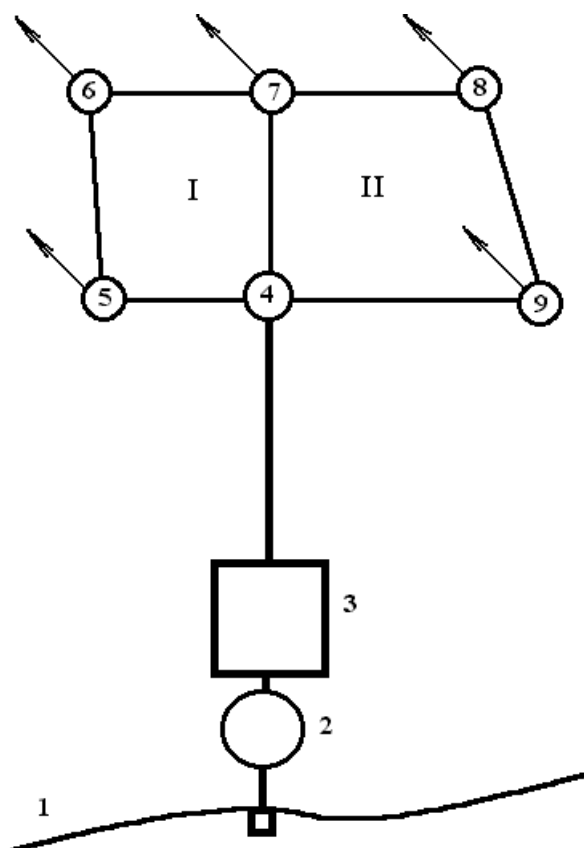


Рис. 1. Схема водоснабжения.

Водоснабжение железнодорожного поселка осуществляется подземными водами. Вода из водосборной галереи I поступает в приемный резервуар 2 и от туда насосной станцией 3 по напорному водоводу подается в водонапорную башню 4, из которой потом поступает в кольцевую водопроводную сеть 4–5–6–7–8–9, снабжающую водой населенный пункт и следующие промышленные и хозяйственные водопотребители:

- 5 – станционное здание и краны для заправки пассажирских вагонов;
- 6 – локомотивное депо;
- 7 – промышленное предприятие № 1;
- 8 – промышленное предприятие № 2;
- 9 – промышленное предприятие № 3.

Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды и поливку улиц и зеленых насаждений равномерно распределен по длине кольцевой разводящей сети.

1.2. Исходные данные для расчета

Исходные данные для расчета выбираются студентом в соответствии с его шифром (Ш). Шифр студенту дневного факультета назначает его преподаватель в виде трехзначной цифры. У студента заочного факультета он уже имеется и может быть представлен любым числом. Если число содержит более 3 знаков, то в этом случае шифром для выбора исходных данных будут являться последние 3 цифры (например, шифр студента 86-С-1320, то шифром для выбора исходных данных будет – 320). Если число шифра содержит менее 3 знаков, то в этом случае шифром будет являться это число плюс один или два нуля, подставленные после числа.

Исходными данными являются:

1. Расчетное число жителей в поселке – $20000+10Ш$.
2. Этажность застройки – сумма трех цифр шифра.
3. Здания населенного пункта оборудованы:
 - а) внутренним водопроводом и канализацией без ванн, если число, выражающее шифр студента четное;
 - б) внутренним водопроводом и канализацией с ваннами и местными нагревателями, если число, выражающее шифр студента, четное;
 - в) внутренним водопроводом и канализацией с ваннами и централизованным горячим водоснабжением, если число, выражающее шифр студента, делится на три.
4. На станции ежедневно заправляется водой $100+Ш$ вагонов.
5. Максимальные суточные расходы воды промпредприятиями:
 - №1 – $1000+10Ш$, м³/сутки;
 - №2 – $1500+10Ш$, м³/сутки;
 - №3 – $2000+10Ш$, м³/сутки.Локомотивное депо – $300+Ш$, м³/сутки
6. Длина участков труб
 - участок 3 – 4 – $2000+10Ш$, м
 - участок 4 – 5 – $800+Ш$, м
 - участок 5 – 6 – $1100+Ш$, м
 - участок 6 – 7 – $600+Ш$, м
 - участок 7 – 8 – $800+Ш$, м
 - участок 8 – 9 – $1100+Ш$, м
 - участок 4 – 9 – $600+Ш$, м
 - участок 4 – 7 – $1100+Ш$, м
7. Отметки земли:
 - в месте расположения насосной станции $47+Ш$, м;
 - в точках 5, 4 – $65+Ш$, м;
 - в точке 8 – $57+Ш$, м;

– в точке 6 – 61+Ш, м.

8. Отметки воды в приемном резервуаре – 41+Ш, м.

1.3. Содержание контрольной работы

Контрольная работа состоит из пояснительной записки и чертежей и схем, выполняемых на миллиметровой бумаге формата А4 для пояснения расчета и принятых решений.

В состав работы должны входить следующие разделы:

1. Исходные данные для расчета.
2. Определение расчетных суточных расходов воды.
3. Определение расчетных секундных расходов воды.
4. Подготовка магистральной разводящей сети к гидравлическому расчету.
5. Определение диаметров разводящей сети.
6. Гидравлический расчет магистральной разводящей сети на случай максимального водозабора.
7. Определение высоты водонапорной башни и ёмкости напорного бака.
8. Определение потребной производительности и напора водопроводных насосов.
9. Определение параметров обточки центробежных насосов.
10. Определение отметки оси насоса и соображения по сооружению насосной станции.

2. ОБОСНОВАНИЕ ПРИНЯТЫХ НОРМ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И СВОБОДНЫХ НАПОРОВ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ СУТОЧНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ

2.1. Основной категорией водопотребления в поселках и городах являются хозяйственные и питьевые нужды населения. Количество воды для этих нужд зависит от степени санитарно-технического оборудования жилых домов, развития сети предприятий общественного обслуживания и общего благоустройства города.

Нормы хозяйственно-питьевого потребления воды на одного жителя в сутки в зависимости от характера санитарно-технического оборудования жилищ [1] приведены в табл. 1.

Приведенные значения q дают вероятные пределы потребления воды на одного жителя в сутки, в среднем за год. Норма дает верхний и нижний пределы. Верхний предел – это норма для южных районов, нижний предел – это норма для северных районов. В пределах каждого года происходят циклические колебания суточного расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды: сезонные (в связи с временем года) и недельные (обусловленные днями недели).

Нормы потребления воды на одного жителя в сутки в зависимости от санитарно-технического оборудования жилищ

Характеристика санитарно-технического оборудования жилищ	q , л/сутки
Внутренний водопровод и канализация без ванн	125-160
Ванны с местными нагревателями	160-230
Централизованное горячее водоснабжение	250-350

Эти колебания учитываются коэффициентом неравномерности суточного расхода. СНиП 2.04.02.84 дает следующие значения коэффициентов суточной неравномерности (т. е. отношение наибольшего суточного расхода и наименьшего суточного расхода к среднему)

- коэффициент наибольшего суточного расхода $K_{\text{макс}}$ от 1,1 до 1,3;
- коэффициент наименьшего суточного расхода $K_{\text{мин}}$ от 0,7 до 0,9.

Таким образом, зная число жителей поселка N_i , норму водопотребления, коэффициент суточного расхода, можно определить величину суточного расхода воды:

$$Q_{\text{макс}}^{\text{сут}} = N_i q_i K_{\text{макс}} 10^{-3}, \text{ м}^3 \quad (1)$$

$$Q_{\text{ср}}^{\text{сут}} = N_i q_i 10^{-3}, \text{ м}^3 \quad (2)$$

$$Q_{\text{мин}}^{\text{сут}} = N_i q_i K_{\text{мин}} 10^{-3}, \text{ м}^3 \quad (3)$$

Наибольший расчетный суточный расход является основой для расчета большинства сооружений систем водоснабжения.

2.2. Вторую категорию потребления воды составляют промышленные предприятия поселка, города. Вода на них расходуется как на технологические нужды, так и на бытовые потребности. Расход воды на нужды производства, как правило, задается технологами предприятия.

Количество воды, которое нужно для снабжения промышленных предприятий, студент берет из задания.

2.3. Следующую категорию потребления воды определяет поливка улиц и зеленых насаждений. Расчетные расходы воды на эти нужды определяют в зависимости от размеров поливаемых площадей и «удельной нормы» расхода воды на единицу площади по СНиП 2.04.02.84.

При отсутствии данных о площадях по видам благоустройства (зеленые насаждения, проезды и т. п.) суммарный расход воды на поливку в перерасчете на одного жителя следует принимать в пределах 50 – 90 л/сутки в зависимости от природно-климатических условий.

Таким образом, расчетный расход на полив можно определить по формуле

$$Q_{\text{пол}}^{\text{сут}} = N_i q_{\text{пол}}, \quad (4)$$

где N_i – число жителей в поселке;

$q_{\text{пол}}$ – норма воды на полив, приходящаяся на одного жителя

2.4. Расчет воды на пожаротушение носит специфический характер. Система водоснабжения должна обеспечить возможность подачи требуемых количеств воды к месту пожара в любой момент.

Согласно СНиП 2.04.02.84 расход воды на тушение одного пожара в городах и поселках определяется в зависимости от числа жителей и характера застройки (табл. 2). Расчетная продолжительность тушения пожара – 3 часа.

Таблица 2

Расход воды на тушение одного пожара

Число жителей в населенном пункте (тыс.чел.)	Расчетное число одно-временных пожаров	Расход воды на наружное пожаротушение в населенном пункте на один пожар, л/с.	
		застройка зданиями высотой до двух этажей включительно, независимо от степени их огнестойкости	застройка зданиями высотой три этажа и выше, независимо от степени их огнестойкости
до 1	1	5	10
св. 1 до 5	1	10	10
5 – 10	1	10	15
10 – 25	2	10	15
25 – 50	2	20	25
50 – 100	2	25	35
100 – 200	3	-	40
200 – 300	3	-	55
300 – 400	3	-	70
400 – 500	3	-	80
500 – 600	3	-	85
600 – 700	3	-	90
700 – 800	3	-	95
800 – 1000	3	-	100

В водопроводах населенных мест для пожаротушения используется питьевая вода из магистральной разводящей сети. Поэтому при проектировании во-

допроводной башни должна предусматриваться дополнительная емкость для пожарного запаса воды.

2.5. Для пассажирского здания суточный расход воды на хозяйственно-питьевые нужды принимается от 15 до 25 м³/сутки

2.6. Свободные напоры для хозяйственно-питьевого водоснабжения определяют по формуле [3]

$$H_{св} = 10 + 4(n - 1), \text{ м.вод.ст.}, \quad (5)$$

где n – количество этажей застройки

Свободный напор в наружной сети хозяйственно-питьевого водопровода у потребителей не должен превышать 60 м [1].

2.7. Суточный расход воды населенного пункта определяется как сумма расходов на хозяйственно-питьевые нужды и производственные нужды.

Расход воды на пожаротушение является случайным и при определении суточного расхода на учитывается.

Вычисление суточных расходов рекомендуется вести в табличной форме (табл. 3).

Таблица 3

Расчетные суточные расходы воды

№№ п/п	Наименование потребителей	Единица измерения	Число потребителей	Норма водопотока м/сутки		Суточный расход воды, м/сутки	
				Среднесуточное	В сутки наибольшего водопотребления	Среднесуточное	В сутки наибольшего водопотребления

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ СЕКУНДНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ

Расчетные секундные расходы воды определяют в л/сутки для отдельных категорий водопотребления. При этом нужно учесть, что одни пункты водопотребления работают круглосуточно (поселок, промпредприятия, железнодорожная станция, депо), а другие неполные сутки (поливка улиц и зеленых насаждений, заправка вагонов на станции).

Секундный расход круглосуточно работающих объектов водопотребления могут быть определены по формуле

$$q_{сек} = \frac{K_{час} Q_{макс}^{сут}}{86400} \quad (6)$$

где $K_{час}$ – коэффициент часовой неравномерности

$Q_{макс}^{сут}$ – суточный расход в сутки наибольшего водопотребления

86400 – количество секунд в сутках

Коэффициент часовой неравномерности следует принимать, как рекомендует СНиП 2.04.02.84, по формуле

$$K_{\text{час}} = \alpha_{\text{макс}} \beta_{\text{макс}}, \quad (7)$$

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

$\beta_{\text{макс}}$ – коэффициент, учитывающий количество жителей в населенном пункте, принимаемый по таблице 4 [1].

Таблица 4

Значение коэффициента $\beta_{\text{макс}}$ в зависимости от количества жителей

Колич. жителей в тыс. чел.	до 1	1,5	2,5	4	6	10	20	50	100	300	1000 и более
$\beta_{\text{макс}}$	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1,0

Расчетные секундные расходы периодически действующих пунктов водопотребления определяются по формуле

$$q^{\text{сек}} = \frac{Q_{\text{макс}}^{\text{сут}}}{60 \cdot 60 \cdot T_{\text{пот}}}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (8)$$

где $Q_{\text{макс}}^{\text{сут}}$ – максимальный суточный расход воды пунктом водопотребления, м^3 ;

$T_{\text{пот}}$ – период работы объекта водопотребления, в часах.

Продолжительность работы поливочных кранов в сутки принимаем равным 6 часам.

Продолжительность заправки всех вагонов находят из следующих соображений: продолжительность заправки одного пассажирского поезда принимается от 0,2 до 0,5 часа, а число заправляемых поездов на станции нам известно из задания, тогда

$$T_{\text{пот(поезда)}} = n_{\text{поездов}} t_{\text{поезда}}, \quad (9)$$

где $n_{\text{поездов}}$ – количество поездов заправляемых на станции;

$t_{\text{поезда}}$ – время заправки одного поезда.

4. ПОДГОТОВКА МАГИСТРАЛЬНОЙ РАЗВОДЯЩЕЙ СЕТИ К ГИДРАВЛИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ

Подготовка магистральной разводящей сети к гидравлическому расчету заключается в составлении расчетной схемы подачи воды сетью и предварительном распределении потоков воды по ее разводящим линиям. В кольцевых сетях заданные отборы воды могут быть обеспечены при неограниченном числе вариантов распределения воды по участкам сети.

Начальное потокораспределение служит основой для определения диаметров труб сети и должно быть одновременно намечено для всех расчетных случаев, которые могут быть встречены при эксплуатации водопроводной сети.

Характер распределения потоков воды по сети зависит от ее конфигурации, расположения водопитателей и напорных емкостей.

При распределении потоков воды по разводящей сети руководствуются тремя правилами [2]:

1. Сумма линейных расходов, подходящих к любому узлу, равна сумме линейных расходов, уходящих от этого узла, т. е.

$$\sum q_i = 0. \quad (10)$$

2. В каждом замкнутом контуре сети (кольце) сумма потерь напора на участках, где движение воды совершается по часовой стрелке (+) по отношению к данному контуру, равна сумме потерь напора на участках, на которых вода движется против часовой стрелки (–), т. е.

$$\sum h_i = 0. \quad (11)$$

3. Магистральные линии должны быть загружены равномерно.

Практически задачу подготовки кольцевой сети для гидравлического расчета решают следующим образом:

- определяют путевые расходы на всех участках сети;
- определяют узловые расходы;
- предварительно намечают направление потоков воды по линиям разводящей сети;
- по предварительно намеченным линейным расходам определяют диаметры всех участков сети.

Теперь рассмотрим, как выполняется каждый пункт нашей программы подготовки водопроводной сети для гидравлического расчета.

4.1. Определение путевых расходов

Прежде чем определять путевые расходы, необходимо установить наиболее близкую к действительности картину отдачи воды. Из городской водопроводной сети вода подается потребителям через весьма многочисленные ответвления, присоединяемые на различных расстояниях друг от друга к трубам разводящей сети.

При такой фактической картине отбора воды из городской сети учет всех действительных сосредоточенных расходов воды (незначительных по величине и часто меняющихся) во всех ответвлениях представляет задачу, практически неосуществимую. Поэтому в городских водопроводах принимают условную расчетную схему отдачи воды, допуская, что подаваемая в магистральную разводящую сеть вода расходуется равномерно по всей длине водопровода и количество воды, отдаваемой каждым участком, пропорционально его длине.

Расход, приходящийся на один погонный метр разводящей сети, называют удельным расходом [3].

$$q_{уд} = \frac{q_{хпн}^{сек} + q_{пол}^{сек}}{\sum L}, \quad (12)$$

где $q_{хпн}^{сек}, q_{пол}^{сек}$ – суммарный секундный расход соответственно на хозяйственно-питьевые нужды, поливку улиц и зеленых насаждений;

$\sum L$ – суммарная длина линий, отдающих воду

Расход воды, отдаваемый каждым участком $q_{путi}$, определяется по формуле [3].

$$q_{путi} = q_{уд} \cdot l_i, \quad (13)$$

где l_i - длина рассматриваемого участка сети.

Расчет путевых расходов проще вести в табличной форме.

Таблица 5

Путевые расходы разводящей сети

№ участка	Длина участка l_i , м	Удельный расход $q_{уд}$, м ³ /с на пог. м	Путевой расход $q_{пут}$, м ³ /с
-----------	----------------------------	--	---

Проверку правильности вычисления путевых расходов можно произвести по формуле

$$\sum q_{пут} = q_{хпн}^{сек} + q_{пол}^{сек} \quad (14)$$

4.2. Определение узловых расходов

Перейдем к определению узловых расходов воды. Когда мы рассматриваем сеть с небольшим количеством фиксированных отборов воды, то найти расчетный расход для каждого участка не представляет большого труда. Сложнее определение расчетного расхода сетей, рассчитываемых по удельному расходу. Если мы рассмотрим участок такой сети, то увидим, что на начальную точку участка подается расход, равный сумме путевого расхода данного участка $q_{пут}$

и расхода $q_{\text{тр}}$, идущего транзитом через данный участок, а через намеченную точку этого участка пройдет только транзитный расход. Следовательно, расход во всех промежуточных точках участка будет различен и находится в пределах между $q_{\text{пут}} + q_{\text{тр}}$ и $q_{\text{тр}}$. Для определения диаметра и потерь напора участка нужно принять некий расчетный расход, который будет давать ту же величину потери напора, какую дает переменный расход.

Этот расход может быть найден по формуле [2].

$$q_{\text{расч}} = q_{\text{тр}} + \alpha q_{\text{пут}}, \quad (15)$$

где α – коэффициент, зависящий от соотношения величин транзитного и путевого расходов и от степени равномерности (по длине) фактического отбора воды из линии. Коэффициент α колеблется в пределах от 0,5 до 0,58. Значения α увеличиваются с уменьшением относительной величины транзитного расхода $q_{\text{тр}}$ и уменьшаются при увеличении его.

Если рассмотрим нашу кольцевую сеть, то заметим следующее:

- большой удельный вес транзитные расходы будут иметь в головных участках сети, а также на участках с относительно малым $q_{\text{пут}}$ для этих участков $\alpha = 0,5$ или очень близко к этой величине;
- для кольцевых (обычно соединенных) участков транзитный расход относительно мал и поэтому α приближается к 0,58.

Для упрощения вычислений примем $\alpha = 0,5$, потому что потери напора в кольцевых участках незначительны по абсолютной величине, тогда формула (15) примет вид [2]

$$q_{\text{расч}} = q_{\text{тр}} + 0,5q_{\text{пут}}. \quad (16)$$

В практических расчетах путевые расходы приводят к так называемым "узловым" расходам

$$q_{\text{узл}} = 0,5 \sum q_{\text{пут}} + q_{\text{соср}}, \quad (17)$$

где $q_{\text{соср}}$ – сосредоточенный расход потребления предприятий присоединенных к узлу. (В нашем случае промпредприятия, депо, ж.-д. станции).

Первое слагаемое представляет собой полусумму путевых расходов участков, прилегающих к узлу.

Вычисление узловых расходов ведут в табличной форме.

Узловые расходы разводящей сети

№ узла	Номера прилегающих участков	Сумма путевых расходов на прилег. участках $q_{пут}$, м ³ /с	Полусумма путевых расходов $0,5 \sum q_{пут}$, м ³ /с	Сосредоточ., расход $q_{соср}$, м ³ /с	Узловой расход $q_{узн} = 0,5q_{пут} + q_{соср}$ м ³ /с
1	2	3	4	5	6

Вычисленные величины узловых расходов наносятся на расчетную схему водопроводной сети.

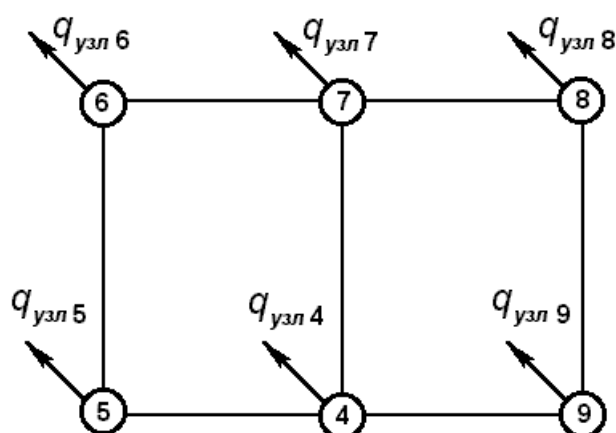


Рис. 2. Расчетная схема водопроводной сети с узловыми расходами

4.3. Предварительное распределение потоков воды по линиям разводящей сети

Предварительное потокораспределение должно быть произведено так, чтобы оно обеспечивало наиболее рациональные диаметры труб ее участков и удовлетворяло требованию надежности. Характер потокораспределения в сети в большой степени зависит от ее конфигурации, расположения водопитателей и напорных емкостей. На нашей разводящей сети (см.рис.2) в три дальних узла необходимо подать одновременно расход $q_{узн 6} + q_{узн 7} + q_{узн 8}$ по трем магистральным линиям 5 – 6, 4 – 7, 9 – 8. Руководствуясь третьим правилом распределения потоков, мы должны, по возможности, загрузить магистральные линии одинаково.

Отсюда расходы по линиям 5 – 6, 4 – 7, 9 – 8 будут равны:

$$\frac{q_{узн 6} + q_{узн 7} + q_{узн 8}}{3} = q_{\text{маг}}(56,47,98). \quad (18)$$

где \mathcal{E} – экономический фактор, зависящий от ряда экономических показателей сети, ее конфигурации и расхода, проходящего по трубам;

Q – расчетный расход, подаваемый в водовод;

q – расчетный расход данного участка;

y – показатель степени;

n – показатель степени (табл. 7).

В случае, если водовод имеет только один расход, сосредоточенный в его конце, то будем иметь [7]:

$$D_{\mathcal{E}} = \mathcal{E}^{1/\alpha+m} \quad (22)$$

Таблица 7

Значение коэффициентов и показателей степени для труб из различных материалов

Материал труб	η	k	m	α	$R, \%$	b
стальные	1,9	0,001790	5,1	1,4	4,6	53
чугунные	1,9	0,001790	5,1	1,6	3,3	107

В случае расчета кольцевой водопроводной сети формула экономического диаметра примет вид [7]:

$$D_{\mathcal{E}} = \mathcal{E}^{1/(\alpha+m)} (x_i Q)^{1/(\alpha+m)} q_i^{n/(\alpha+m)} = \mathcal{E}^y \cdot (x_i Q)^y \cdot q_i^{y \cdot n}, \quad (23)$$

где x_i – коэффициент, учитывающий роль участка в расходовании энергии на подачу воды.

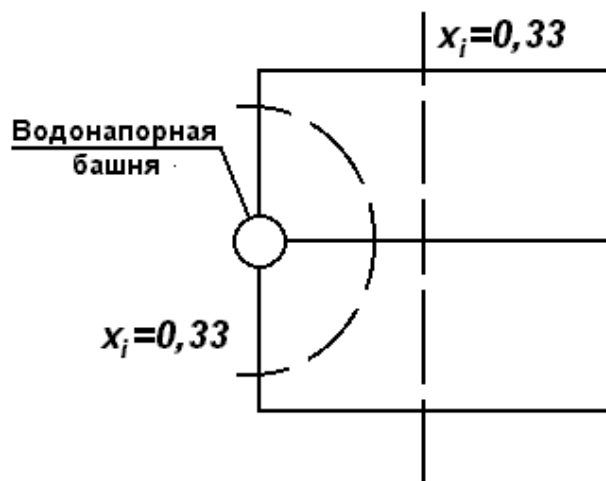


Рис. 4. Определение параметра x_i

При приближенных расчетах величина x_i для участков сети может быть определена как часть общего расхода воды, подаваемого магистралями в основных направлениях движения воды в сети, т. е.,

$$x_i = 1/n_i, \quad (24)$$

где n_i – число пересекаемых условными сечениями магистралей.

Перемычки в транспортировании воды не участвуют и поэтому не влияют на расход энергии. Диаметры их назначают по конструктивным соображениям для пропуска пожарного расхода и для аварийного случая на порядок ниже основных магистралей.

Величину найденного диаметра сравниваем с величинами, указанными в ГОСТе, и принимаем из двух ближайших диаметров больший. Экономический фактор \mathcal{E} определяем по формуле [7]:

$$\mathcal{E} = \frac{m}{\alpha + b}, \quad (25)$$

где m – показатель степени в формуле

$$i = k \frac{q^r}{d^m}, \quad (26)$$

определяющий гидравлический уклон линии диаметром d при транспортировании по ней расхода q (принимается по табл. 7):

b – коэффициент (см. табл. 7);

α – показатель степени в формуле

$$C = (q_0 + d^\alpha b), \quad (27)$$

определяющей строительную стоимость C в руб. за 1 погонный метр водопроводной линии диаметром d (см. табл. 7):

$$\beta = \frac{24 \cdot 365}{102} \cdot 10^3 \frac{k\gamma\sigma}{\eta(\frac{1}{T} + R)}, \quad (28)$$

где k – коэффициент (принимается по табл. 7);

γ – коэффициент неравномерности расходования энергии, зависящий от коэффициента неравномерности потребления и подачи воды (в среднем можно принять равным 0,7);

η – КПД насосных агрегатов, подающих воду (можно принять $\eta = 0,7$)

T – срок окупаемости (для систем водоснабжения $T = 7$ лет);

R – сумма амортизационных отчислений, затрат на капитальный и текущий ремонты в % от строительной стоимости (см. табл. 7);

σ – стоимость электроэнергии в руб/квт ч для различных районов России (в среднем 1 – 4 коп. за 1 квт·ч в ценах 1987 года).

Диаметры труб можно также определить с помощью так называемого «приведенного» расхода [7] по таблицам предельных расходов (Приложение 1)

$$q_{\text{пр}} = q(\mathcal{E}/\mathcal{E}_T)^{\frac{1}{(n+1)}} (x/q)^{\frac{1}{(n+1)}}, \quad (29)$$

где \mathcal{E} и \mathcal{E}_T – значение экономического фактора соответственно для рассматриваемых условий и для условий, которым отвечает используемая таблица придельных расходов;

q – расход воды, транспортируемой по данной линии;

$x = x \cdot Q$ – фиктивный расход по линии при поступлении расхода Q от одной точки питания;

x – коэффициент, учитывающий роль участка в подаче воды.

5. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МАГИСТРАЛЬНОЙ РАЗВОДЯЩЕЙ СЕТИ

Гидравлический расчет производится после начального потокораспределения экономически наиболее выгодных диаметров линий сети. Задачи гидравлического расчета – «увязка» разводящей сети, т.е. нахождение действительных расходов воды по линиям сети и нахождение потерь напора в них.

Гидравлический расчет кольцевой сети ведем по методу Лобачева В.Г. [4]. Алгоритм расчета кольцевой сети может иметь вид:

5.1. Определяем и наносим на расчетную схему исходные данные (рис.5):

- номера узлов,
- номера участков,
- длины участков,
- диаметры участков,
- установленные расходы воды участков сети,
- удельные сопротивления участков сети

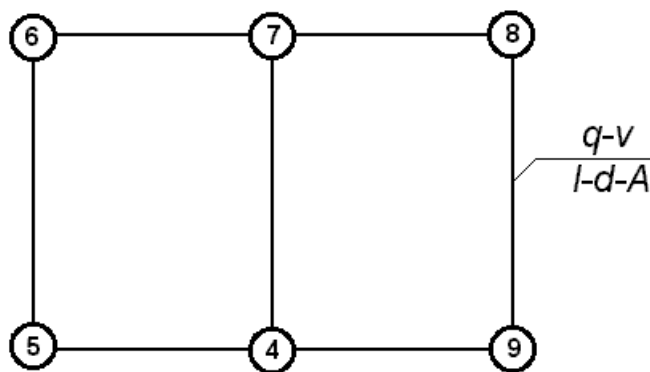


Рис. 5. Расчетная схема разводящей сети

5.2. Определяем потери напора во всех участках сети [4].

$$h_i = \delta \cdot A_{0i} \cdot l_i \cdot q_i^2, \quad (30)$$

где q_i – расход i -го участка сети;

l_i – длина этого же участка сети;

A_{oi} – удельное сопротивление рассматриваемого участка сети (см. приложение 1);

δ – коэффициент, учитывающий, что трубопровод работает не в квадратичной зоне сопротивлений, зависит от скорости движения воды и материала труб (см. приложение 2).

5.3. Определяем алгебраическую сумму потерь напора для каждого кольца. $\sum h = \Delta h$. Если $\Delta h = 0$, то действительное распределение расходов совпадает с намеченным нами распределением. Если $\Delta h \neq 0$, то действительное распределение расходов отличается от принятого.

Величину Δh , отличную от нуля называют невязкой. Если величина невязки не превосходит 0,5 м, т. е. $\Delta h \leq 0,5$ м, то распределение считают удовлетворительным и дальнейшие расчеты можно прекратить.

5.4. Если невязка больше 0,5 м, то нужно произвести увязку расходов, идущих по кольцевой сети. Произвести увязку – значит увеличить расход на недогруженных линиях и уменьшить расход на перегруженных на какой-то поправочный расход Δq , который называется увязочным расходом. Он находится для каждого k -го кольца по формулам [4] для неквадратичной области сопротивления:

$$\Delta q_k = - \frac{\Delta h_k}{\delta \sum A_{ik} \cdot q_{ik}^{\delta-1}}, \quad (31)$$

где Δq_k – поправочный расход k -го кольца;

Δh_k – невязка k -го кольца;

A_{ik} – сопротивление i -го участка k -го кольца:

$$A_{ik} = A_{oi} \cdot l_i, \quad (32)$$

$\sum A_{ik} \cdot q_{ik}^{\delta-1}$ – сумма произведений сопротивлений трубопровода на расход k -го кольца для квадратичной области сопротивления [4]

$$\Delta q_k = - \frac{\Delta h_k}{2 \sum (A_i \cdot q_i)_k}. \quad (33)$$

Расчет продолжаем до тех пор, пока невязка Δh не будет меньше 0,5 м.

Для смежной линии магистральной разводящей сети (т. е. принадлежащей двум кольцам) увязочный расход равен алгебраической сумме поправочных расходов обоих колец.

Весь гидравлический расчет предлагается вести в форме табл. 8.

Гидравлический расчет разводящей сети

Номер кольца	Номер участка	Длина участка, м	Диаметр, м	Удельное сопротивление труботивления $\lambda_{0i} \cdot c^2 / M^6$	Сопротивление трубопровода $A_b \cdot c^2 / M^5$	Предварительное распределение расходов			I исправление			
						$q_i, M^3/c$	$A_i q_i$	$h_i = A_i q_i^2, M$	$\Delta q_k, M^3/c$	$q_{il} = q_i + \Delta q_k$	$A_i q_{il}$	$h_i = A_i q_{il}^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Данные гидравлического расчета наносятся на схему водораспределения (рис. 6).

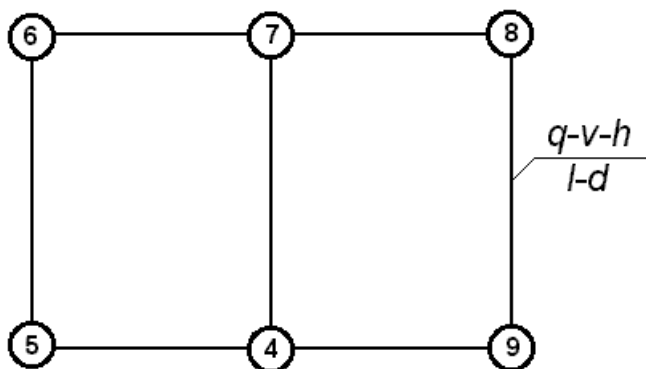


Рис. 6. Окончательная схема водоснабжения

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ И ЕМКОСТИ НАПОРНОГО БАКА

Высоту водонапорной башни (рис. 7) (до низа напорного бака) определяем по формуле [2]

$$H_B = z_{ДТ} + H_{СВ} + \sum h_W - z_B, \quad (34)$$

где $z_{ДТ}$ – отметка земли в диктующей точке, м;

$H_{СВ}$ – необходимый свободный напор в диктующей точке;

$\sum h_W$ – сумма потерь напора от водонапорной башни до диктующей точки разводящей сети;

z_B – отметка земли в месте установки башни.

Округляем высоту водонапорной башни до целых метров. При определении емкости бака водонапорной башни исходим из следующего:

- расход воды из бака объектами водопотребления неравномерен и зависит от времени суток, а подача воды насосами в бак равномерна;
- распределение расходов воды по часам принимаем в зависимости от коэффициента часовой неравномерности, установленного СНиП, и характера объекта водоснабжения (населенный пункт, промпредприятие, здание специального назначения и т.п.).

График почасовых расходов можно построить исходя из таблицы распределения расходов по часам суток, при равных коэффициентах часовой неравномерности (приложение 3 [3]).

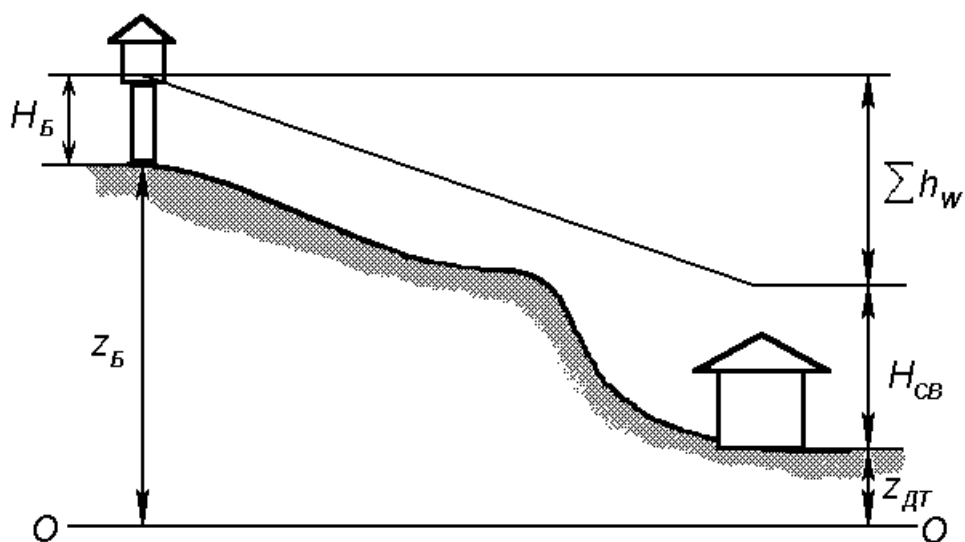


Рис. 7. Слагаемые высоты напорной башни.

Регулирующая емкость бака определяется количеством воды, находящейся каждый час суток в нем. Количество воды, поступающей в бак, характеризуем знаком «плюс» (+), а потребляемой из бака «минус» (-). Суммируя или вычитая количество воды соответственно их знакам, определяем наличие воды в баке. Расчет необходимо вести в табличной форме (табл. 9).

Наибольший остаток воды в баке и будет объем бака (регулирующий объем), и к этому объему необходимо прибавить объем для противопожарного расхода (на 10 мин), для выпадающего осадка и строительный объем, образуемый повышением бортов бака над уровнем регулирующего объема воды.

Нахождение емкости бака водонапорной башни

Часы суток	Водопотребление		Подача насосов		Поступление воды в бак, %	Поступление воды из бака, %	Остаток, %
	м ³ /с	%	м ³ /с	%			
0 – 1							
2 – 1							
2 – 3							
3 – 4							
...							
...							
23 – 24							

По полученному суммарному объему воды можно определить объем бака. Для этого следует использовать соотношение высоты бака h_B и его диаметра D :

$$h_B / D = 0,7 \text{ или } h_B = 0,7 \cdot D \quad (35)$$

Тогда при цилиндрической форме бака

$$W = \omega \cdot h_B = 0,785 \cdot D^2 \cdot 0,7D = 0,55D^3 \quad (36)$$

7. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОНАПОРНОГО ВОДОВОДА

Напорный водовод подает воду от источника до водонапорной башни. Для обеспечения бесперебойной работы водовода прокладывают несколько ниток (но не менее 2). Расчет ведется на пропуск максимального суточного расхода. Секундный расход воды определяется по формуле

$$q_{\text{водовода}} = \frac{Q_{\text{макс}}^{\text{сут}}}{3600 \cdot T \cdot n}, \quad (37)$$

где $Q_{\text{макс}}^{\text{сут}}$ – максимальный суточный расход, м/сутки;

T – продолжительность работы насосов в сутки, ч (обычно $T=22-23$ часа);

n – число линий водовода.

Диаметр водовода определяется технико-экономическим расчетом. Потери напора определяют для каждой нити водовода.

8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И НАПОРА ВОДОВОДНЫХ НАСОСОВ, ПОДБОР ТИПА НАСОСОВ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТМЕТКИ ОСИ НАСОСА И СООБРАЖЕНИЕ ПО СООРУЖЕНИЮ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Рабочий напор насоса (рис. 8) можно определить по формуле [2]

$$H_{\text{ТР}} = z_{\text{Б}} + H_{\text{Б}} + h_{\text{Б}} + \sum h - z_{\text{И}}, \text{ м}, \quad (38)$$

где $z_{\text{Б}}$ – отметка земли у башни, м;

$H_{\text{Б}}$ – высота башни в, м;

$h_{\text{Б}}$ – высота бака башни, м;

$z_{\text{И}}$ – отметка воды в источнике, м;

$\sum h$ – суммарные потери напора в водоводе, м.

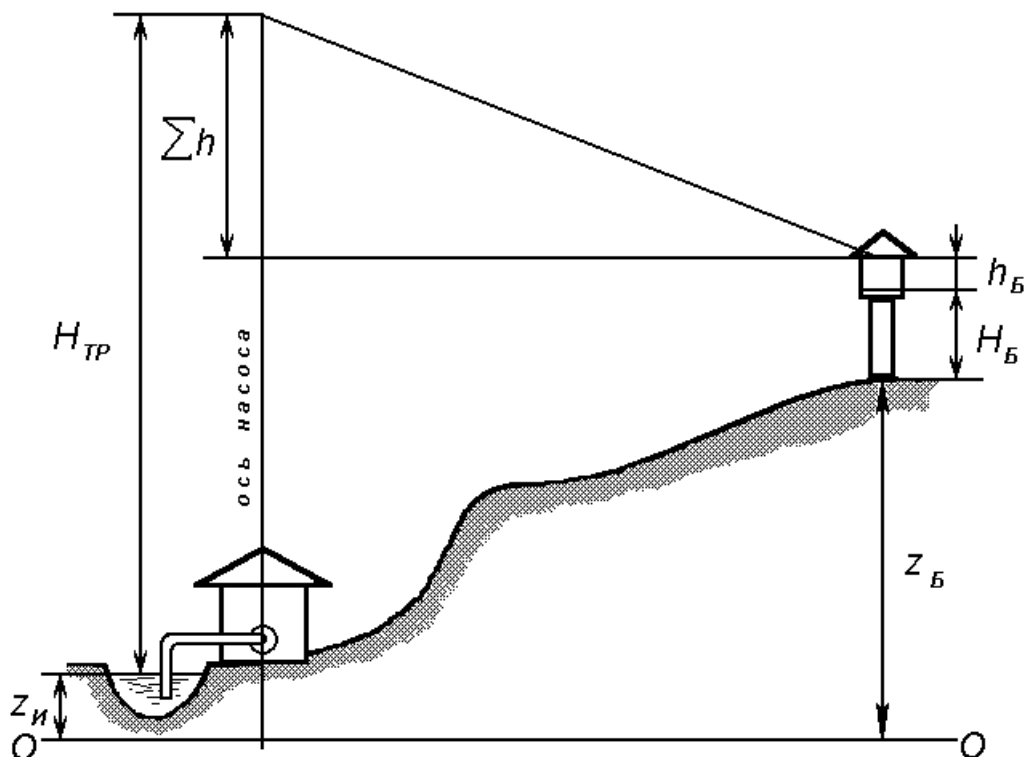


Рис. 8. Составляющие требуемого напора насоса

Полезная мощность насоса [6]:

$$N_{\text{П}} = \frac{QH_{\text{ТР}}\rho g}{\eta}, \text{ Вт} \quad (39)$$

где Q – производительность насоса, равная расходу, пропускаемому одной ниткой водовода, м³/с;

$H_{\text{ТР}}$ – требуемый напор насоса, м;

ρ – плотность перекачиваемой жидкости. Для воды $\rho=1000$ кг/м³;

g – ускорение свободного падения, $g=9,81$ м/с²;

η – КПД насоса, $\eta=0,7-0,9$ (нижний предел для малых насосов, верхний – для больших).

Зная потребный напор, мощность и принимая производительность насоса, равную пропускной способности одной нитки водовода, подбираем насос по каталогу [6] или по свободным графикам основных технических данных центробежных насосов (приложение 4)

Отметку оси насоса можно определить по формуле

$$z_H = z_{\text{И}} + h_{\Gamma}, \quad (40)$$

где z_H – отметка насоса, м;

$z_{\text{И}}$ – отметка воды в источнике;

h_{Γ} – геометрическая высота всасывания, которая определяется по формуле [2]

$$h_{\Gamma} = H_{\text{ВАК}}^{\text{ДОП}} - \sum h - \frac{V^2}{2g}, \quad (41)$$

где $H_{\text{ВАК}}^{\text{ДОП}}$ – допустимые вакуум для данного насоса, м;

$\sum h$ – потери напора во всасывающей линии, м/с;

V – скорость движения воды во всасывающей линии, м/с.

Далее по отметкам насоса и земли судим: какого типа должна быть насосная станция (заглубленная или незаглубленная). Выбранный тип станции изобразить схематически.

Для принятого насос по его эксплуатационным характеристикам для Q , H устанавливаем КПД и подсчитываем расход электроэнергии [6]

$$E = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H \cdot N_{\text{ДНЕЙ}} \cdot T_{\text{ЧАС}} \cdot n_{\text{АГР}} \cdot \sigma}{102 \cdot \eta}, \quad (42)$$

где $N_{\text{ДНЕЙ}}$ – число суток непрерывной работы в году насосов;

$T_{\text{ЧАС}}$ – число часов работы насосного агрегата в сутки;

$n_{\text{АГР}}$ – число одновременно работающих насосов;

η – КПД насоса;

σ – стоимость одного квт·ч израсходованной агрегатом электроэнергии, (в среднем 1 – 4 коп. за один квт·ч в ценах 1987 года).

9. ПАРАМЕТРЫ РЕГУЛИРОВКИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

В производственных условиях очень часто бывает невозможно подобрать насос из-за чрезвычайно разнообразных требований потребителей. Экономически целесообразно изготавливать насосы под каждый расчетный случай. Для увеличения области применения насосов срезают рабочее колесо по внешнему обводу. При срезке рабочего колеса КПД изменяется примерно на 1 % на каждые 10 % срезки колеса с коэффициентом быстроходности $n_s = 60 \div 200$ и на 1 % на каждые 4 % срезки при $n_s = 200 \div 300$ [6].

В зависимости коэффициента быстроходности рекомендуются следующие пределы срезки центробежных колес [6]:

$60 \leq n_s < 120$	20 – 15%
$120 \leq n_s < 200$	15 – 11%
$200 \leq n_s < 300$	11 – 7%

Коэффициент быстроходности колеса лопастного насоса определяем по формуле [6]

$$n_s = 3,56 \cdot n \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}, \quad (43)$$

где n – частота вращения рабочего колеса, с^{-1} ;

Q – подача насоса, $\text{м}^3/\text{с}$;

H – напор, развиваемый насосом, м.

Изменение подачи и напора центробежного насоса происходит по зависимостям [6]

$$\frac{Q_{\text{ОБ}}}{Q} = \frac{D_{\text{ОБ}}}{D_{\text{НОРМ}}}; \quad (44)$$

где Q и H – параметры насоса при нормальном диаметре насоса $D_{\text{НОРМ}}$;

$Q_{\text{ОБ}}$ и $H_{\text{ОБ}}$ – параметры насоса при обточенном колесе с диаметром $D_{\text{ОБ}}$.

После перерасчета центробежного насоса в записке необходимо указать его новые параметры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНИП 2.04.02.84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
2. Абрамов Н.Н. Водоснабжение: учебник для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1982. – 440 с.
3. Зацепин В.Н. Курсовое и дипломное проектирование водопроводных и канализационных сетей и сооружений. – Л.: Стройиздат, 1973. – 20 с.
4. Абрамов Н.Н., Поспелова М.М. и др. Расчет водопроводных сетей. – Изд. 4-е перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1983. – 278 с.
5. Справочник проектировщика. Водоснабжение населенных мест и промышленных мероприятий. – М.: Стройиздат, 1977. – 288 с.
6. Карелин В.Я., Минаев А.В. Насосы и насосные станции: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1986. – 320 с.
7. Курганов А.М., Федотов Н.Ф. Гидравлические расчеты систем водоснабжения и водоотведения: справочник / под общ. ред. А. М. Курганова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1986. – 344 с.

**Предельные экономические расходы и удельные сопротивления
для стальных и чугунных труб**

Условный проход, мм	Расчетный внутренний диаметр, мм	Площадь живого сечения, мм ²	Предельные экономические расходы, м ³ /с			Расчетные удельные сопротивления при V>1,2 м/с (q в м ³ /с)
			Э=0,5	Э=0,75	Э=1,0	
Стальные трубы						
125	133	0,0139	0,013-0,019	0,011-0,016	0,010-0,015	76,26
150	156	0,0196	0,019-0,025	0,016-0,022	0,015-0,020	30,65
175	170	0,0227	0,025-0,033	0,022-0,029	0,020-0,026	20,79
200	209	0,0343	0,033-0,053	0,029-0,046	0,026-0,042	6,959
250	260	0,0531	0,053-0,082	0,046-0,071	0,042-0,065	2,187
300	311	0,0759	0,082-0,118	0,071-0,103	0,065-0,093	0,8466
350	363	0,1035	0,118-0,161	0,103-0,140	0,093-0,128	0,3731
400	414	0,1346	0,161-0,211	0,140-0,184	0,128-0,167	0,1859
450	466	0,1706	0,211-0,268	0,184-0,234	0,167-0,213	0,09928
500	516	0,2091	0,268-0,360	0,234-0,315	0,213-0,286	0,05784
600	616	0,2980	0,360-0,507	0,315-0,443	0,286-0,402	0,02262
700	706	0,3915	0,507-0,676	0,443-0,591	0,402-0,537	0,01098
800	804	0,5077	0,676-0,888	0,591-0,776	0,537-0,705	0,005514
900	904	0,6418	0,888-1,130	0,776-0,987	0,705-0,896	0,002962
1000	1004	0,7917	1,130-1,528	0,987-1,335	0,896-1,213	0,001699
1200	1202	1,1347	1,528-2,197	1,335-1,919	1,213-1,744	0,0006543
1400	1400	1,5394	2,197-2,810	1,919-2,455	1,744-2,231	0,0002916
Чугунные трубы						
125	127,0	0,01266	0,008-0,013	0,007-0,011	0,006-0,010	96,72
150	152,4	0,0182	0,013-0,023	0,011-0,019	0,010-0,018	37,11
200	202,6	0,0322	0,023-0,041	0,019-0,036	0,018-0,032	8,092
250	253,0	0,0503	0,041-0,065	0,036-0,057	0,032-0,052	2,528
300	304,4	0,0727	0,065-0,096	0,057-0,084	0,052-0,076	0,9485
350	352,4	0,0975	0,096-0,132	0,084-0,116	0,076-0,105	0,4365
400	401,4	0,1265	0,132-0,175	0,116-0,153	0,105-0,139	0,2189
450	450,6	0,1594	0,175-0,225	0,153-0,197	0,139-0,179	0,1186
500	500,8	0,1969	0,225-0,312	0,197-0,273	0,179-0,248	0,06778
600	600,2	0,2829	0,312-0,460	0,273-0,402	0,248-0,365	0,02596
700	699,2	0,3839	0,460-0,641	0,402-0,560	0,365-0,509	0,01154
800	799,8	0,5024	0,641-0,858	0,560-0,749	0,509-0,681	0,005669
900	899,2	0,6350	0,858-1,100	0,749-0,970	0,681-0,800	0,003074
1000	998,4	0,7828	1,100-1,532	0,970-1,338	0,800-1,216	0,001750

**Значения поправочных коэффициентов δ
к расчетным значениям A для стальных и чугунных труб**

Скорость течения жидкости, м/с	δ	Скорость течения жидкости, м/с	δ
0,20	1,41	0,65	1,100
0,25	1,33	0,70	1,085
0,30	1,28	0,75	1,070
0,35	1,24	0,80	1,060
0,40	1,20	0,85	1,050
0,45	1,175	0,90	1,040
0,50	1,15	1,00	1,030
0,55	1,13	1,10	1,015
0,60	1,115	1,20	1,000

Таблица распределения расходов по часам суток при различных коэффициентах часовой неравномерности

Часы суток	Населенные пункты					Промпредприятия	
	K=1,25	K=1,35	K=1,5	K=1,7	K=2,0	Холод- ные цехи K=3,0	Горя- чие це- хи K=2,5
1	2	3	4	5	6	7	8
0-1	3,35	3,0	1,5	1	0,75	12,5	12,5
1-2	3,35	3,2	1,5	1	0,75	6,25	8,12
2-3	3,20	2,5	1,5	1	1	6,25	8,12
3-4	3,20	2,6	1,5	1	1	6,25	8,12
4-5	3,25	3,5	2,5	2	3	18,75	15,65
5-6	3,40	4,1	3,5	3	5,5	37,50	31,25
6-7	3,85	4,4	4,5	5	5,5	6,25	8,12
7-8	4,45	4,9	5,5	6,5	5,5	6,25	8,12
8-9	5,2	4,0	6,25	6,5	3,5	12,5	12,5
9-10	5,05	5,6	6,25	5,5	3,5	6,25	8,12
10-11	4,85	4,90	6,25	4,5	6,25	8,12	8,12
11-12	4,60	4,70	6,25	5,5	5,5	6,25	8,12
12-13	4,60	4,4	5,0	1,1	8,5	18,75	15,65
13-14	4,55	4,1	5,0	1,0	6	37,50	31,25
14-15	4,75	4,1	5,50	5,5	5	6,25	8,12
15-16	4,70	4,4	6,0	4,5	5	6,25	8,12
16-17	4,65	4,3	6,0	5	3,5	12,5	12,5
17-18	4,35	4,1	5,5	6,5	3,5	6,25	8,12
18-19	4,40	4,5	5,0	6,5	6	6,25	8,12
19-20	4,3	4,5	4,5	5	6	6,25	8,12
20-21	4,3	4,5	4,0	4,5	6	18,75	15,65
21-22	4,2	4,8	3,0	3	3	37,50	31,25
22-23	3,75	4,6	2,0	2	2	6,25	8,12
23-24	3,7	3,3	1,5	1,5	2	6,25	8,12
	100	100	100	100	100	300	300

Примечание: Данные граф 7 и 8 выражены в % от сменного расхода, выраженного в м³/смену.

Учебное издание

Горелов Юрий Викторович
Горелова Людмила Сергеевна
Ткачева Татьяна Николаевна

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОЛЬЦЕВЫХ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Методические указания
к выполнению курсовой работы
и практическим занятиям
для студентов специальностей
271501 – «Строительство железных дорог,
мостов и транспортных тоннелей»,
270800 – «Строительство»
дневной и заочной форм обучения

Редактор *С. И. Семухина*

Подписано в печать 16.04.2013. Формат 60х84/16.
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 1,9.
Тираж 100 экз. Заказ 56.

Издательство УрГУПС
620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66