

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

**РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ
РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Методические указания
к расчетно-графической работе по курсу
«ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ГИДРОМЕХАНИКИ»
для студентов направления подготовки
270800.62 «Строительство»,
профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Казань
2012

УДК 532.5
ББК 38.776-02
К59

К59 Расчет трубопроводных сетей различного назначения. Методические указания к расчетно-графической работе по курсу «Основы технической гидромеханики», для студентов направления подготовки 270800.62 «Строительство» профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция» / Сост. Т.С. Козырева. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2012. – 19 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

В методических указаниях даны разъяснения к выполнению расчетно-графической работы по дисциплине «Основы технической гидромеханики», приведены основные расчетные зависимости, даны ссылки на справочную литературу. Часть справочных данных содержится в приложении.

Табл. 5; рис. 8; библиогр. 2 наимен.

Рецензент
Кандидат технических наук, доцент кафедры теплоэнергетики КГАСУ
Л.Л. Сулейманова

УДК 532.5
ББК 38.776-02

© Казанский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2012

© Козырева Т.С., 2012

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В современной технике применяются сети различного назначения, служащие для перемещения разнообразных жидкостей (вода, нефть, воздух, газы, пароводяная смесь, смеси воздуха и пыли, пульпа и т.д.) В зависимости от назначения, для перемещения жидкостей и газов применяются трубопроводы, изготовленные из разных материалов (сталь, чугун, бетон, пластмассы, асбестоцемент, дерево и др.). Наряду с трубопроводами незначительных размеров (капилляры), используемых в лабораторной технике и контрольно-измерительной аппаратуре, применяются трубопроводы протяженностью в сотни километров (магистральные нефтепроводы) и диаметрами в несколько метров (трубопроводы гидротехнических сооружений).

Для снабжения потребителей рабочей жидкостью применяются простые, последовательно соединенные трубопроводы, так называемые одноточные, и сложные, тупиковые и кольцевые. Несмотря на различное назначение, основа методики расчета таких сетей имеет много общего.

Работа содержит задание по расчету тупиковой водопроводной сети. Студенту необходимо рассчитать одну из пяти схем с заданными параметрами одного из двадцати пяти вариантов. Работа оформляется в виде пояснительной записи на стандартных листах формата А 4.

Задание № 1

Для данной конфигурации тупиковой сети определить:

- 1) линейные расходы на всех участках между узлами и расход источника питания Q_1 ;
- 2) диаметры всех участков между узлами;
- 3) потери напора на каждом участке сети;
- 4) напоры в узловых точках сети.

Варианты схем

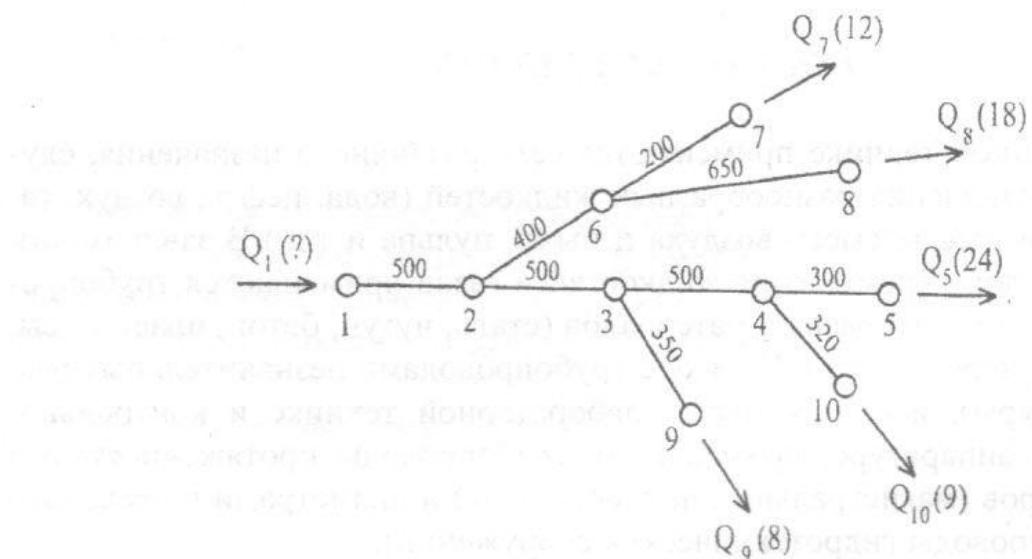


Рис. 1. Схема I

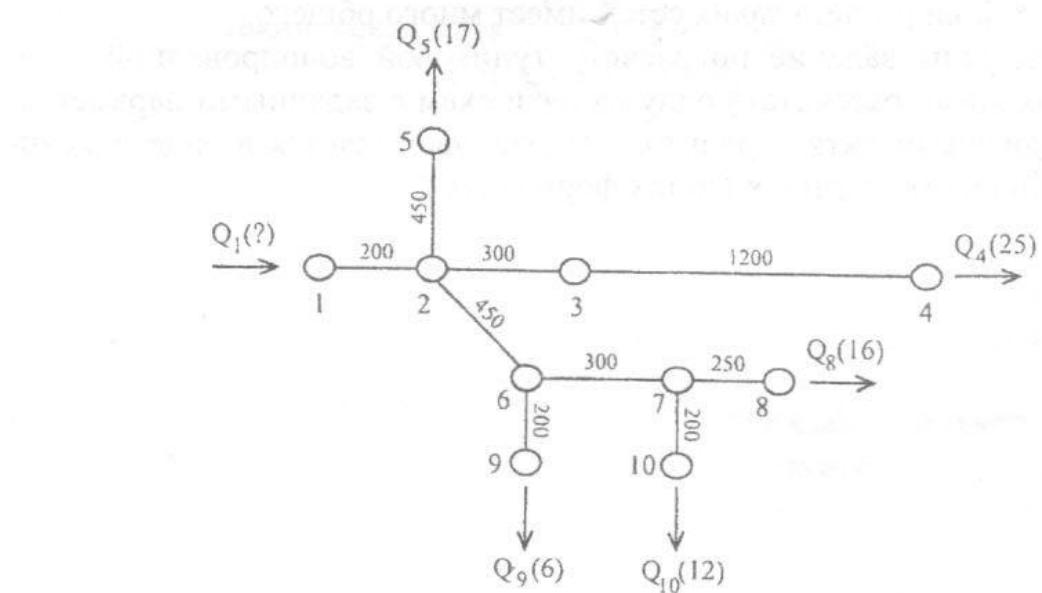


Рис. 2. Схема II

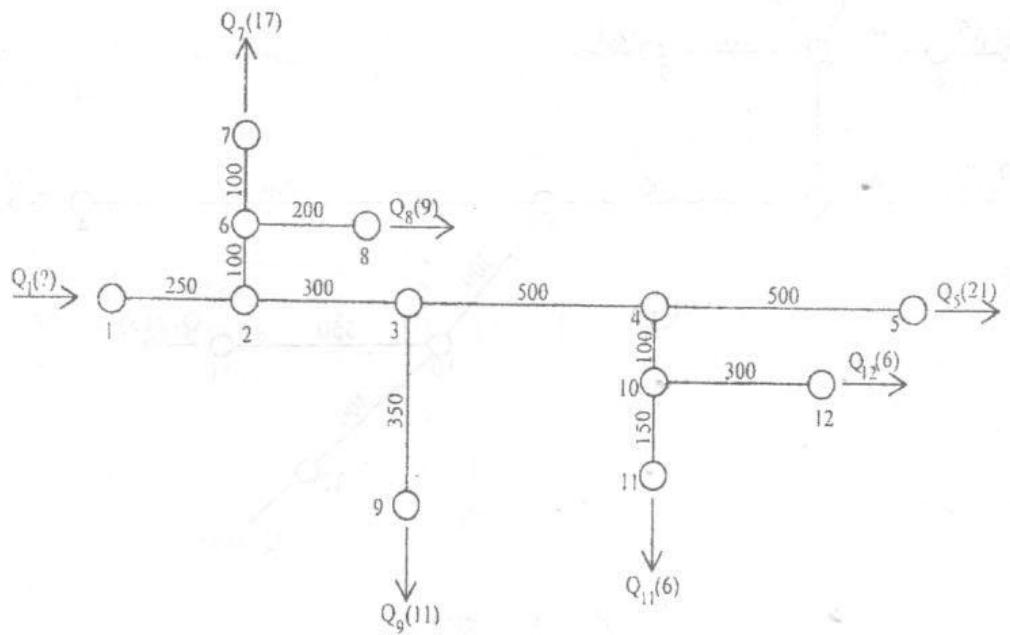


Рис. 3. Схема III

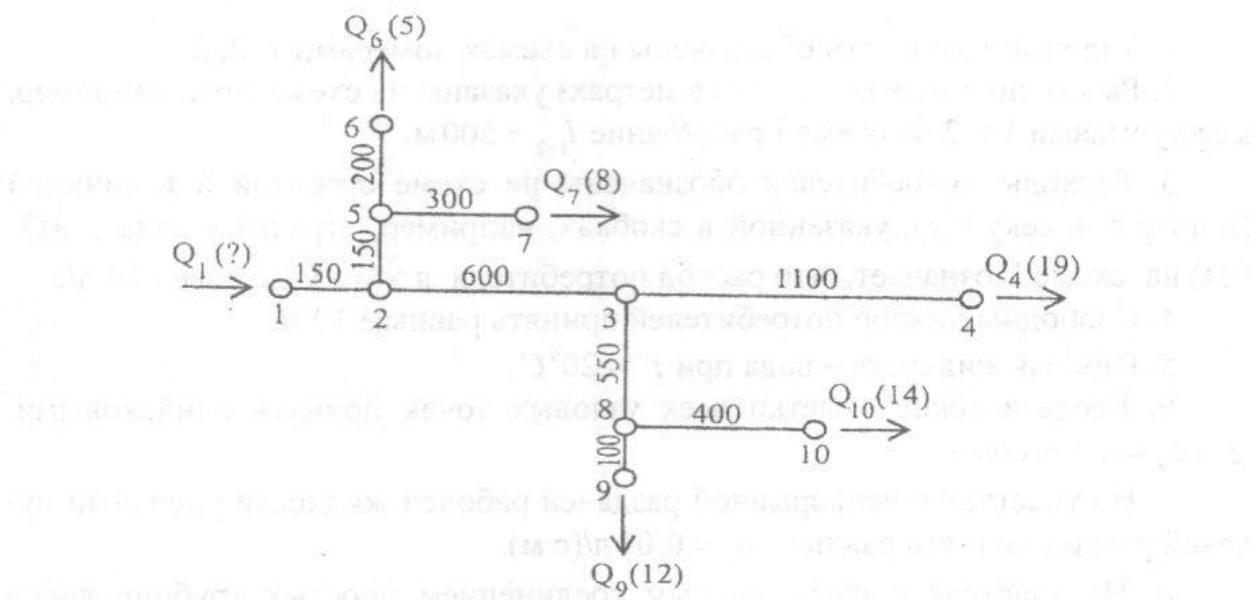


Рис. 4. Схема IV

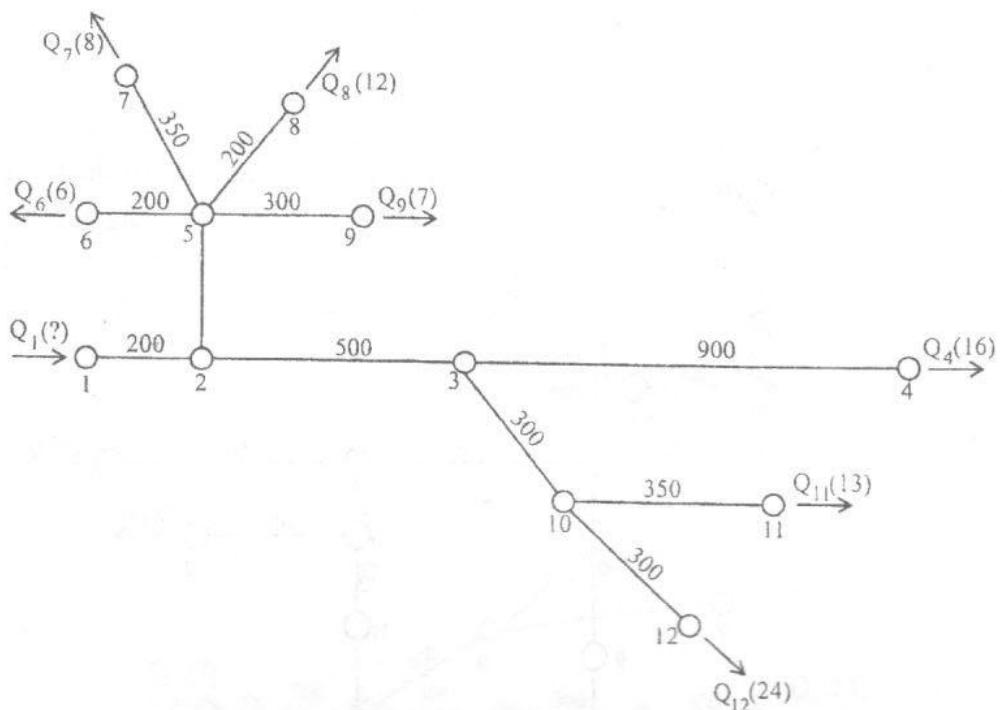


Рис. 5. Схема V

Исходные данные

- Узловые точки сети обозначены на схемах номерами 1, 2, 3...
- Расстояние между узлами (в метрах) указаны на схеме сети, например, между узлами 1 и 2 на схеме I расстояние $l_{1-2} = 500$ м.
- Расходы потребителей обозначены на схеме стрелкой и величиной (в литрах в секунду), указанной в скобках, например, стрелка у узла 5 и Q_5 (24) на схеме I означает, что расход потребителя в этом узле равен 24 л/с.
- Свободный напор потребителей принять равным 10 м.
- Рабочая жидкость – вода при $t^\circ = 20^\circ C$.
- Геодезические отметки всех узловых точек принять одинаковыми: $z_1 = z_2 = \dots z_i = const$.
- На участках с непрерывной раздачей рабочей жидкости удельный путевой расход принять равным $q_o = 0,05$ л/(с·м).
- На участках с параллельным соединением простых трубопроводов принять распределение по ветвям как $Q_A = Q_B = 0,4Q_A + 0,6Q_A$, где $Q_A = Q_B$ – расчетный расход между заданными узлами A и B.

Варианты заданий

Таблица 1

№ за- дани- й	Схема	Материал трубопро- водов	Участок с непрерыв- ной разда- чей	Участок с па- раллельным соединением	Участок с по- следователь- ным соедине- нием
1	I	сталь	6...7	1...2	6...8
2	III	чугун	10...12	1...2	6...7
3	II	сталь	6...9	1...2	2...5
4	V	сталь	10...11	1...2	5...6
5	V	чугун	10...12	1...2	5...7
6	III	сталь	10...11	1...2	6...8
7	II	чугун	7...8	1...2	6...9
8	IV	чугун	3...4	1...2	5...6
9	IV	сталь	2...3	1...2	5...7
10	III	чугун	3...4	1...2	3...9
11	I	чугун	6...7	1...2	3...9
12	III	сталь	4...5	1...2	10...12
13	II	сталь	7...10	1...2	6...7
14	I	сталь	4...10	1...2	3...9
15	V	сталь	3...4	1...2	5...8
16	IV	чугун	2...3	1...2	8...10
17	II	чугун	7...10	1...2	7...8
18	IV	сталь	8...9	1...2	8...9
19	III	чугун	10...12	1...2	10...11
20	I	чугун	4...10	1...2	3...9
21	IV	чугун	5...7	1...2	5...6
22	V	сталь	2...3	1...2	5...9
23	V	чугун	5...9	1...2	10...11
24	II	сталь	3...4	1...2	6...9
25	I	сталь	4...5	1...2	6...8

ПОРЯДОК РАСЧЕТА ТУПИКОВОЙ СЕТИ

1. Выбор главной магистрали

Предварительно выбирают главную магистраль, соединяющую начальную точку сети 1 с той конечной точкой, в которую наиболее трудно подать рабочую жидкость с заданным расходом и свободным напором. Такой может быть точка, наиболее удаленная от начальной точки 1, с наибольшей геодезической отметкой z , и наибольшим расходом Q_i . Если для одной точки все эти условия не совпадают, то следует провести сравнительный анализ. Та конечная точка, которая потребует наибольший напор в точке 1, будет принята за конечную точку главной магистрали (расчет напоров см. п. 4.1).

Например, для сети (схема I) на конечную точку главной магистрали претендуют точка 5, поскольку там наибольший расход ($Q_5 = 24 \text{ л/с}$), и точка 10, так как она наиболее удалена от точки 1.

2. Определение линейных расходов и потерь напора на расчетных участках сети

2.1. Простой трубопровод

Простым называется трубопровод постоянного диаметра по длине участка.

Расчет необходимо начинать с участков, связанных с потребителями. Например, линейные расходы Q_{4-5} и Q_{4-10} на участках 4...5 и 4...10 (схема I) должны быть расходами потребителей

$$\begin{aligned} Q_{4-5} &= Q_5 = 24 \text{ л/с}, \\ Q_{4-10} &= Q_{10} = 9 \text{ л/с}. \end{aligned} \tag{2.1}$$

Для того, чтобы обеспечить такие расходы на этих участках, на участке 2...4 линейный расход должен быть равен сумме этих расходов

$$Q_{3-4} = Q_{4-5} + Q_{4-10} = 24 + 9 = 33 \text{ л/с}, \tag{2.2}$$

а на участке 2...3 (схема I)

$$Q_{2-3} = Q_{3-4} + Q_{3-9} = 33 + 8 = 41 \text{ л/с}. \tag{2.3}$$

Аналогично рассуждая, определяются линейные расходы на всех участках, включая расчетный участок 1...2, который определит искомый расход источника Q_1 .

Потери напора для напорных трубопроводов определяются по упрощенной формуле

$$h_l = \frac{Q^2}{K^2} l. \quad (2.4)$$

Здесь h_l – потеря напора на участке, Q – линейный расход на участке, K – расходная характеристика (модуль расхода). Величина K определяется по таблицам и зависит от диаметра трубопровода и состояния внутренней поверхности трубопровода. Пример определения K см. п. 4.

Для участков 4...5 и 4...10 потери напора могут быть определены как

$$h_{4-5} = \frac{Q_{4-5}^2}{K_{4-5}^2} l_{4-5}; \quad h_{4-10} = \frac{Q_{4-10}^2}{K_{4-10}^2} l_{4-10}. \quad (2.5)$$

2.2. Трубопровод с непрерывной раздачей рабочей жидкости по пути

Пусть на участке 4...10 (схема I) трубопровод с непрерывной раздачей рабочей жидкости по пути. Такой элемент характерен тем, что на каждой единице длины l участка забирается часть q_o общего расхода и поэтому в конце участка расход Q_{10} будет меньше, чем поступающий в узел 4.

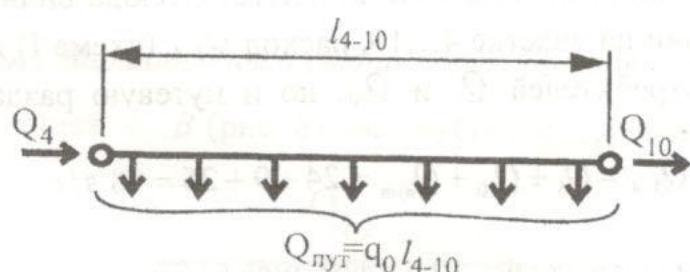


Рис. 6. Трубопровод с непрерывной раздачей рабочей жидкости по пути

Расход, распределяемый по длине l в виде непрерывной раздачи, называется путевым расходом и вычисляется

$$Q_{\text{путь}} = q_o l. \quad (2.6)$$

Расход, оставшийся после непрерывной раздачи на участке в конечной точке этого участка, называется транзитным расходом:

$$Q_{транз(4-10)} = Q_{10} = Q_4 - Q_{пум(4-10)}. \quad (2.7)$$

Для упрощения расчета на участках с непрерывной раздачей Дюпюи ввел понятие расчетного расхода:

$$Q_{расч} = Q_{транз} + 0,55Q_{пум}. \quad (2.8)$$

Расчетный расход – это фиктивный расход, вычисленный по формуле (2.8), постоянный по всей длине участка, и обеспечивающий на этом участке те же потери напора h_i , что и действительный непрерывно меняющийся расход на этом участке.

Для всех заданий удельный путевой расход: $q_o = 0,05 \text{ л/(с·м)}$. Тогда

$$Q_{пум(4-10)} = q_o l = 0,05 \cdot 320 = 16 \text{ л/с.} \quad (2.9)$$

Транзитный расход задан расходом потребителя $Q_{транз} = Q_{10} = 9 \text{ л/с.}$ Тогда в начале этого расчетного участка расход должен быть равным (формула 2.7):

$$Q_4 = Q_{10} + Q_{пум(4-10)} = 9 + 16 = 25 \text{ л/с.} \quad (2.10)$$

Здесь Q_4 – начальный расход на участке 4...10. Отсюда видно, что в случае непрерывной раздачи на участке 4...10, расход Q_{3-4} (схема I) должен обеспечить не только потребителей Q_5 и Q_{10} , но и путевую раздачу на участке 4...10, поэтому:

$$Q_{3-4} = Q_5 + Q_{10} + Q_{пум} = 24 + 9 + 25 = 58 \text{ л/с.} \quad (2.11)$$

Расчетный расход на участке 4...10 по формуле (2.8):

$$Q_{расч(4-10)} = Q_{транз(4-10)} + 0,55Q_{пум(4-10)} = 9 + 0,55 \cdot 16 = 17,8 \text{ л/с.} \quad (2.12)$$

Тогда потери напора на участке 4...10, исходя из определения расчетного расхода,

$$h_i = \frac{Q_{расч}^2}{K^2} l = h_{4-10} = \frac{Q_{расч(4-10)}^2}{K_{(4-10)}^2} l_{(4-10)}. \quad (2.13)$$

2.3. Участок с последовательным соединением простых трубопроводов

Пусть на участке 6...8 (схема I) два трубопровода соединены последовательно.

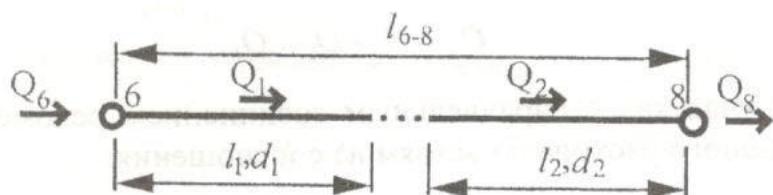


Рис. 7. Участок с последовательным соединением простых трубопроводов

На последовательно соединенных участках с длинами l_1 и l_2 и диаметрами d_1 и d_2 линейные расходы Q_1 и Q_2 одинаковы и равны расходам в узлах сети:

$$Q_1 = Q_2 = Q_6 = Q_8 = 18 \text{ л/с.} \quad (2.14)$$

Потери напора на каждом из этих участков суммируются, создавая потери напора между узлами 6 и 8:

$$h_{6-8} = \frac{Q_1^2}{K_1^2} l_1 + \frac{Q_2^2}{K_2^2} l_2. \quad (2.15)$$

Из равенства (2.14) и (2.15) имеем:

$$h_{6-8} = Q_8^2 \left(\frac{l_1}{K_1^2} + \frac{l_2}{K_2^2} \right). \quad (2.16)$$

2.4. Участок с параллельным соединением простых трубопроводов

Пусть на участке A...B (рис. 8) два трубопровода соединены параллельно.

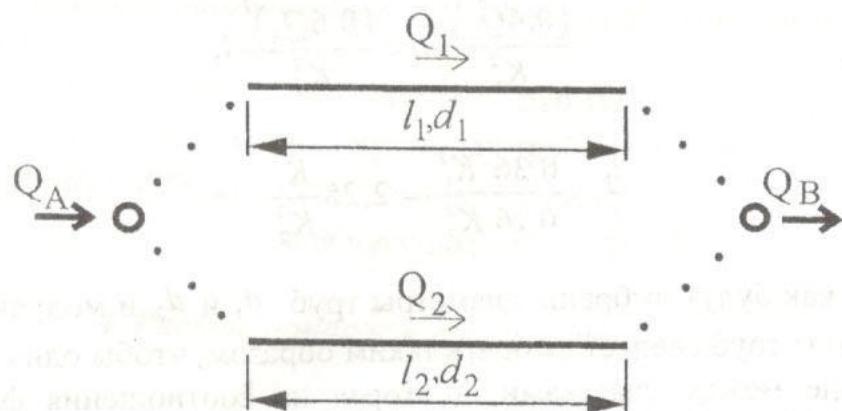


Рис.8. Участок с параллельным соединением простых трубопроводов

Такое соединение обеспечивает повышенную надежность сети, так как в случае выхода из строя одного участка рабочая жидкость будет поступать по другому. В установившемся режиме расход, поступающий в узел A и прошедший по параллельным ветвям, вновь соединяется в узле B и будет равным:

$$Q_A = Q_1 + Q_2 = Q_B. \quad (2.17)$$

По заданию на участках с параллельным соединением рекомендуется распределение основного расхода по ветвям из соотношения:

$$Q_1 = 0,4Q_A; \quad Q_2 = 0,6Q_A. \quad (2.18)$$

Пусть участок $A \dots B$ присоединен к источнику, а расчет показал, что для обеспечения всех потребителей расход в источнике $Q_A = Q_B = 71$ л/с, тогда на параллельных ветвях расход будет вычисляться как:

$$\begin{aligned} Q_1 &= 0,4Q_A = 0,4 \cdot 71 = 28,4 \text{ л/с.} \\ Q_2 &= 0,6Q_A = 0,6 \cdot 71 = 42,6 \text{ л/с.} \\ Q_A &= Q_1 + Q_2 = 28,4 + 42,6 = 71 \text{ л/с.} \end{aligned} \quad (2.19)$$

В точке A разветвления трубопроводов для параллельных участков напор H_A будет одинаковый, так как в одной точке давление одинаково по всем направлениям. В точке B для параллельных трубопроводов напор H_B также одинаковый. Поэтому потери напора на параллельных участках будут одинаковыми:

$$h_{A-B} = H_A - H_B = \frac{Q_1^2}{K_1^2} l_1 = \frac{Q_2^2}{K_2^2} l_2. \quad (2.20)$$

С учетом формулы (2.18), получим:

$$\frac{(0,4Q_A)^2}{K_1^2} l_1 = \frac{(0,6Q_A)^2}{K_2^2} l_2. \quad (2.21)$$

Отсюда,

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{0,36}{0,16} \frac{K_1^2}{K_2^2} = 2,25 \frac{K_1^2}{K_2^2} \quad (2.22)$$

После того, как будут выбраны диаметры труб d_1 и d_2 и модули расходов K_1 и K_2 , длины труб следует выбрать таким образом, чтобы одна из длин была равна длине между участками, а вторая из соотношения формулы (2.22). Пусть $K_1 = 303$ л/с, $K_2 = 421$ л/с. Тогда расчет по формуле (2.22):

$$\frac{l_1}{l_2} = 2,25 \frac{303^2}{421^2} = 1,165. \quad (2.23)$$

Пусть длина l_2 между узлами 1-2 $l_{1-2} = l_2 = 500$ м, тогда длина параллельного участка с меньшим расходом должна иметь длину l_1 :

$$l_1 = l_2 \cdot 1,165 = 582,5 \text{ м}, \quad (2.24)$$

3. Подбор диаметров участков сети

При подборе диаметра следует иметь в виду, что с увеличением диаметра трубопровода увеличивается стоимость строительства трубопровода. С другой стороны, с увеличением диаметра уменьшаются потери напора в трубопроводе, что требует меньшей мощности источника для подачи рабочей жидкости и, соответственно, меньшей стоимости на эксплуатационные расходы. Оптимальное решение может быть найдено при совместном решении задач гидравлики и экономики. Поэтому для двух соседних по сортаменту диаметров труб существуют предельный расход Q_{np} и предельная скорость V_{np} , при которых этих диаметры являются экономически равносочетанными.

В приложении (табл. 1) приведены предельные расходы для экономических диаметров труб различных материалов. Если расходы на всех участках сети известны, то можно подобрать экономически выгодные диаметры.

Например, на участке между узлами 4 и 5 (схема I) $Q_{4-5} = Q_5 = 24 \text{ л/с}$. Тогда из приложения табл. 1 получим:

$$d_{4-5} = 145 \text{ мм} - \text{для стальных труб};$$

$$d_{4-5} = 200 \text{ мм} - \text{для чугунных труб}. \quad (3.1)$$

Для расходов на параллельных ветвях между узлами А и В вычисленные по формуле (2.19):

$$\begin{aligned} d_1 &= 175 \text{ мм} - \text{для стальных труб } (Q = 28,4 \text{ л/с}); \\ d_1 &= 200 \text{ мм} - \text{для чугунных труб } (Q = 28,4 \text{ л/с}); \\ d_2 &= 200 \text{ мм} - \text{для стальных труб } (Q = 42,6 \text{ л/с}); \\ d_2 &= 250 \text{ мм} - \text{для чугунных труб } (Q = 42,6 \text{ л/с}). \end{aligned} \quad (3.2)$$

4. Расчет напоров в узловых точках сети

4.1. Главная магистраль

Расчет напоров необходимо начинать с концевых участков сети. Сначала необходимо рассчитать напор в узловых точках главной магистрали. Для

напорных трубопроводов потеря напора между узлами A и B вычисляется по упрощенной формуле:

$$H_A - H_B = h_{A-B} = \frac{Q_{A-B}^2}{K_{A-B}^2} l_{A-B}. \quad (4.1)$$

Здесь H_A и H_B - соответственно, напоры в узле A и B ; h_{A-B} - потеря напора на участке $A \dots B$; Q_{A-B} - линейный расход на участке $A \dots B$; l_{A-B} - длина участка $A \dots B$; K_{A-B} - расходная характеристика (модуль расхода). Модуль расхода K показывает пропускную способность трубопровода, зависит от шероховатости внутренней поверхности и диаметра. Для трубопроводов различного назначения K - величина табличная. В приложении (табл. 2) приведены значения модулей расхода K для стальных, а в табл. 3 для чугунных водопроводных труб.

Для сети (схема I) на конечную точку главной магистрали претендуют точка 5, поскольку там наибольший расход ($Q_5 = 24 \text{ л/с}$), и точка 10, так как она наиболее удалена от точки 1. Чтобы определить конечный участок главной магистрали, необходимо определить какой из участков 4-5 или 4-10 потребует большего напора в узле 4.

Для участка 4-5:

$$H_4 = H_5 + \frac{Q_{4-5}^2}{K_{4-5}^2} l_{4-5}. \quad (4.2)$$

Для участка 4-10:

$$H_4 = H_{10} + \frac{Q_{4-10}^2}{K_{4-10}^2} l_{4-10}. \quad (4.3)$$

Расходы и диаметры труб определены на предыдущем этапе, тогда по табл. 2 или 3 приложения можно определить модули расхода на расчетных участках.

Пусть трубопроводы стальные.

Участок 4-5: $Q_{4-5} = 24 \text{ л/с}$; $l_{4-5} = 300 \text{ м}$; $H_5 = 10 \text{ м}$; $d_{4-5} = 175 \text{ мм}$ (из табл. 1 приложения); $K_{4-5} = 303 \text{ л/с}$ (из табл. 2 приложения).

Участок 4-10: $Q_{4-10} = 9 \text{ л/с}$; $l_{4-10} = 320 \text{ м}$; $H_{10} = 10 \text{ м}$; $d_{4-10} = 100 \text{ мм}$ (из таблицы П1); $K_{4-10} = 68,5 \text{ л/с}$ (из таблицы П2).

Подставляя эти данные в формулы (4.3) и (4.4), получим:

для участка 4-5:

$$H_4 = 10 + \frac{24^2}{303^2} 300 = 11,88 \text{ м}, \quad (4.4)$$

для участка 4-10:

$$H_4 = 10 + \frac{9^2}{68,5^2} 320 = 15,52 \text{ м.} \quad (4.5)$$

Таким образом, узел 4, являющийся общим для ветвей 4...5 и 4...10, по расчету должен иметь больший напор H_4 для обеспечения потребителя 10, чем для потребителя 5. Тогда главной магистралью будет направление 1-2-3-4-10, а участок 4...5 необходимо будет принять за ответвление от главной магистрали и уточнить расчет (см. п. 4.2).

Дальнейший расчет напоров в узлах магистрали проводится аналогично формулам (4.3) и (4.4), последовательно двигаясь к точке 1. Например:

$$H_3 = H_4 + \frac{Q_{3-4}^2}{K_{3-4}^2} l_{3-4}. \quad (4.6)$$

$$H_1 = H_2 + \frac{Q_{1-2}^2}{K_{1-2}^2} l_{1-2}. \quad (4.7)$$

Если в начальной точке сети сооружается водонапорная башня, то ее расчетная высота H_δ должна быть равной:

$$H_\delta = H_1 - z_1. \quad (4.8)$$

Поскольку в задании сказано, что все геодезические отметки одинаковы, то

$$H_\delta = H_1. \quad (4.9)$$

Если же в точке 1 установлен насос, то давление, создаваемое им будет:

$$P_1 = \rho g H_1. \quad (4.10)$$

4.2. Расчет ответвлений

Расчет ветвей сети ведется как расчет трубопровода с заданными начальными и конечными напорами. Например, при выбранной главной магистрали участок 4...5 будет рассчитываться как ответвление с заданным напором $H_4 = 15,52 \text{ м}$ – для стального трубопровода, и напором $H_5 = 10 \text{ м}$. Тогда:

$$H_{4-5} - H_5 = 15,52 - 10 = h_{4-5} = \frac{Q_{4-5}^2}{K_{4-5}^2} l_{4-5} = 5,52 \text{ м.} \quad (4.11)$$

Для данного ответвления необходимо обеспечить такую расходную характеристику K_{4-5} , которая позволит получить потерю напора $h_{4-5} = 5,52 \text{ м}$:

$$K_{4-5} = Q_{4-5} \sqrt{\frac{l_{4-5}}{h_{4-5}}} = 24 \sqrt{\frac{300}{5,52}} = 176,88 \text{ л/с.} \quad (4.12)$$

Из табл. 2 приложения видно, что промышленность не выпускает трубопроводов таких стандартных диаметров, которые соответствовали бы $K_{4-5} = 176,88$ л/с. Ближайшие модули $K_1 = 128$ л/с для $d_1 = 125$ мм и $K_2 = 204$ л/с для $d_2 = 150$ мм. Поскольку ни один из этих диаметров не обеспечит необходимую потерю напора, то рекомендуется участок ответвления сделать сборным из последовательно соединенных трубопроводов. Как уже указывалось в п. 2.3, потери напора в таких трубопроводах суммируются:

$$H_4 - H_5 = h_{4-5} = h_{l1} + h_{l2}. \quad (4.13)$$

Подставляя значения расхода Q_{4-5} и ближайших модулей расхода K_1 и K_2 , получим уравнение:

$$h_{4-5} = \frac{Q_{4-5}^2}{K_1^2} l_1 + \frac{Q_{4-5}^2}{K_2^2} l_2 \text{ л/с}, \quad (4.14)$$

где l_1 - длина участка диаметра d_1 с модулем K_1 ; l_2 - длина участка с диаметром d_2 и модулем K_2 , но $l_1 + l_2 = l_{4-5}$.

Тогда

$$h_{4-5} = Q_{4-5}^2 \left(\frac{l_1}{K_1^2} + \frac{l_{4-5} - l_1}{K_2^2} \right). \quad (4.15)$$

Решая это уравнение относительно l_1 , получим $l_1 = 64,2$ м, следовательно, $l_2 = 300 - 64,2 = 235,8$ м.

Таким образом, последовательное соединение трубопровода диаметра $d_1 = 125$ мм и длиной $l_1 = 64,2$ м с трубопроводом диаметра $d_2 = 150$ мм и длиной $l_2 = 235,8$ м создадут необходимую потерю напора на участке 4-5.

Расчет других ответвлений от главной магистрали проводится аналогично ветви 4...5 (схема I).

5. Составление таблицы расчетных данных

После расчета сети заполняется таблица, где приводятся выполненные по заданию расчетные величины для всех участков сети.

Таблица 2

Обозна- чение участка сети	Участок с расчетным элементом	Линей- ный рас- ход, Q , л/с	Диа- метр, d , мм	Мо- дуль рас- хода, K , л/с	Потери напора, h , м	Напоры на концах расчетно- го участка
1...2	простой трубопровод	Q_{1-2}	d_{1-2}	K_{1-2}	h_{1-2}	H_1, H_2
2...3	с непрерыв- ной раздачей	$Q_{pasc(2-3)}$	d_{2-3}	K_{2-3}	h_{2-3}	H_2, H_3
n...n+1	с парал- лельным со- единением	$Q_{n-(n+1)} = Q_1$	d_1 d_2	K_1 K_2	$h_{n-(n+1)}$	H_n, H_{n+1}
m...m+1	с последова- тельным со- единением	$Q_{m-(m+1)}$	d_1 d_2	K_1 K_2	$h_{m-(m+1)} =$ $= h_1 + h_2$	H_m, H_{m+1}

ЛИТЕРАТУРА

1. Лапшев Н.Н. Гидравлика: уч. для студ. вузов. – М.: Академия, 2007.– 272 с.
2. Скворцов Л.С. Гидравлика систем водоснабжения и водоотведения: уч., для студ. вузов. – М.: 2008. – 256 с.

Приложение

Предельные расходы Q_{pr} , л/с для водопроводных труб

Таблица 1

Условный проход D_y , мм	Трубы	
	Стальные	Чугунные
100	6,7...11,7	4,4...7,3
125	11,7...16,6	7,3...11,6
150	16,6...21,8	11,6...19,6
175	21,8...29,2	-
200	29,2...46	19,6...35,5
250	46...71	35,5...57
300	71...103	57...83,8
350	103...140	83,8...116
400	140...184	116...174
450	184...226	-
500	226...301	174...273
550	-	-
600	301...424	273...402
700	424...571	402...560
800	571...751	560...749
900	751...959	749...970
1000	959...1199	≥ 970

Модули расхода $K_{кв}$ для стальных водопроводных труб

Таблица 2

d , мм	$K_{кв}$, л/с	d , мм	$K_{кв}$, л/с	d , мм	$K_{кв}$, л/с
40	6,16	200	421	500	4720
50	11,1	225	581	600	7550
75	32	250	780	700	11350
100	68,5	300	1235	800	16200
125	128	350	1890	900	22300
150	204	400	2630	1000	29200
175	303	450	3580	1200	47000

Модули расхода $K_{кв}$ для чугунных водопроводных труб

Таблица 3

d , мм	$K_{кв}$, л/с	d , мм	$K_{кв}$, л/с	d , мм	$K_{кв}$, л/с
40	5,308	200	388,0	500	4467
50	9,624	225	531,2	600	7264
63	17,60	250	703,5	700	10960
75	28,37	300	1144	800	15640
100	61,11	350	1726	900	21420
125	110,8	400	2464	1000	28360
150	180,2	450	3373	1200	46120

**РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ
РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Методические указания
к расчетно-графической работе по курсу
«ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ГИДРОМЕХАНИКИ»
для студентов направления подготовки
270800.62 «Строительство»,
профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Составитель Козырева Т.С.

Корректор Л.З. Ханафиева

Издательство

Казанского государственного архитектурно-строительного университета
Подписано в печать 19.11.12 Формат 60x84/16
Заказ 517 Печать ризографическая Усл.-печ.л. 1,25
Тираж 50 экз. Бумага офсетная № 1 Уч.-изд.л. 1,25

Отпечатано в полиграфическом секторе
Издательства КГАСУ
420043, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1