

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»

Кафедра жилищно-коммунального хозяйства

«Разработка системы теплоснабжения и газоснабжения микрорайона города»

*Методические указания
к выполнению курсового проекта
для студентов всех форм обучения,
направления 08.03.01 «Строительство» (квалификация «Бакалавр»)
08.04.01 «Строительство» (квалификация «Магистр»)
07.03.04 «Градостроительство», (квалификация «Бакалавр»)*

Воронеж 2016

УДК 697:711.582(07)

ББК 65.441я7

Составитель М.С.Кононова

«Разработка системы теплоснабжения и газоснабжения микрорайона города»: метод. указания к вып. курсового проекта / Воронежский ГАСУ, сост. М.С.Кононова – Воронеж, 2016. - 32 с.

Приведены рекомендации по проектированию и расчету наружных трубопроводов систем тепло- и газоснабжения жилого микрорайона города. Изложены содержание и объем текстовой и графической части курсового проекта. Приведены примеры расчетов и основные справочные данные, необходимые для проектирования.

Предназначено для студентов всех форм обучения: направление 08.03.01 «Строительство» (квалификация «Бакалавр»), направление 08.04.01 «Строительство» (квалификация «Магистр»), направление 07.03.04 «Градостроительство», (квалификация «Бакалавр»).

Ил. 4. Табл. 7. Библиогр.: 6 назв.

УДК 697:711.582(07)

ББК 65.441я7

*Печатается по решению учебно-методического совета
Воронежского ГАСУ*

Рецензент – Э.В. Сазонов, д-р. техн. наук, профессор кафедры жилищно-коммунального хозяйства Воронежского ГАСУ

ВВЕДЕНИЕ

Системы тепло-, газоснабжения являются системами жизнеобеспечения населенных мест, обеспечивающими нормальные условия для проживания людей. Правильное решение задач по проектированию инженерных систем определяет уровень благоустройства городов, а также рациональное использование энергоресурсов (топлива, воды, электроэнергии и т.д.).

Целью выполнения курсового проекта является создание у студентов представления об устройстве основных систем жизнеобеспечения городов, их взаимосвязи и выработка навыков проектирования и расчета трубопроводов наружных инженерных сетей.

Работа над проектом способствует усвоению студентами теоретических положений, формированию практических навыков в проектно-конструкторской работе, пониманию взаимосвязи отдельных элементов систем.

В методических указаниях приведены основные теоретические сведения по устройству и расчету трубопроводов инженерных систем.

Теоретическая часть пособия дополнена методическими рекомендациями по последовательности выполнения проекта, а также примерами расчетов. В приложениях даны справочные материалы, необходимые для выполнения расчетной части проекта.

СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЁМ ПРОЕКТА

В курсовом проекте разрабатываются инженерные сети микрорайона города (тепловые сети, сети водо-, газоснабжения и водоотведения).

Проект состоит из расчётно-пояснительной записки объёмом 18-20 страниц машинописного текста формата А4 и графической части на одном листе формата А2.

Расчётно-пояснительная записка включает следующие разделы:

1. Исходные данные.
2. Разработка системы теплоснабжения.
 - 2.1. Описание системы теплоснабжения.
 - 2.2. Расчёт тепловых нагрузок.
 - 2.3. Определение расчетных расходов теплоносителя
 - 2.4. Гидравлический расчет тепловой сети
 - 2.5. Разработка монтажной схемы тепловой сети
 - 2.6. Пьезометрический график.
3. Разработка системы газоснабжения.
 - 3.1. Описание системы газоснабжения.
 - 3.2. Расчёт потребления газа.
 - 3.3. Определение путевых расходов газа.
 - 3.4. Определение расчетных расходов газа
 - 3.5. Гидравлический расчет газопроводов

В пояснительной записке приводится следующий графический материал: расчётная и монтажная схема тепловой сети, пьезометрический график тепловой сети; расчётная схема газовой сети низкого давления;

На чертеже приводится генплан микрорайона города (М 1:2000) с нанесением трассировок проектируемых инженерных сетей;

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Основой для выполнения курсового проекта является генплан жилого микрорайона города с указанием расположения магистральных трубопроводов инженерных сетей, к которым будут подключаться сети микрорайона (задаётся руководителем).

1.1. Климатологические данные

Для указанного в задании города по [1] принимают следующие данные:
- расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления (средняя температура наиболее холодной пятидневки) t_{po} , °С;

1.2. Характеристика потребителей

Потребителями энергоресурсов (теплоты и газа) являются жилые и общественные здания, пример экспликации зданий микрорайона приведен в табл.1.1.

Таблица 1.1

Экспликация зданий микрорайона

Поз по плану	Назначение здания	Год постройки	Этажность	Кол. жителей m^* , чел
1-5	Жилой дом	2000	5	250
6	Детский сад на 200 мест	2010	2	200
7-15	Жилой дом	2015	9	490
20	Школа на 900 мест	2000	4	900
21	Общественное здание	2008	5	95

*Количество жителей m для жилых домов можно рассчитать исходя из нормы жилой площади $20 \text{ м}^2/\text{чел}$, для других зданий норму площади можно принять по [2, прил. Г]

1.3. Технические условия на проектирование инженерных сетей

– расчетная температура теплоносителя в подающем трубопроводе тепловой сети $T_1 = \text{---}^\circ\text{C}$;

– расчетная температура теплоносителя в обратном трубопроводе тепловой сети $T_2 = \text{---}^\circ\text{C}$;

- давление в подающей магистрали тепловой сети $P_{\Pi} = \underline{\hspace{2cm}}$ Па;
- давление в обратной магистрали тепловой сети $P_{O} = \underline{\hspace{2cm}}$ Па;
- давление в распределительном газопроводе, $P_{Г} = \underline{\hspace{2cm}}$ Па;
- способ прокладки тепловой сети: канальная (бесканальная), тип канала, материал изоляции.

2. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

2.1. Описание системы теплоснабжения

Источником теплоты для рассматриваемого жилого микрорайона города является котельная или ТЭЦ, расположенная вне его территории. Передача теплоносителя осуществляется по тепловым сетям. Проектируемая водяная система – закрытая, с подогревом горячей воды в центральных тепловых пунктах (ЦТП). На территории микрорайона расположено несколько ЦТП (указать количество). Тепловая сеть до ЦТП – двухтрубная, после ЦТП – четырехтрубная. Трассировка тепловой сети приведена на плане микрорайона.

2.2. Расчет тепловых нагрузок

Расчетные тепловые нагрузки зданий определяются по проектным данным, а при их отсутствии – по укрупненным показателям в соответствии с нижеприведенными формулами.

Тепловой поток на отопление жилых и общественных зданий Q_o , Вт, определяется по формуле

$$Q_o = q_o \cdot F_{om} , \quad (2.1)$$

где q_o - укрупнённый показатель максимального теплового потока на отопление здания, Вт/м², принимается по [2, прил. В], F_{om} – отапливаемая площадь здания, м², при отсутствии данных измеряется по плану с учетом масштаба и количества этажей здания.

Тепловой поток на вентиляцию Q_v , Вт, рассчитывается только для общественных зданий по формуле

$$Q_v = k_2 \cdot Q_o , \quad (2.2)$$

где k_2 - коэффициент, учитывающий тепловой поток на вентиляцию общественных зданий, принять $k_2 = 0,6$ [2]; Q_o – расход теплоты на отопление этого здания, Вт.

На вентиляцию жилых зданий тепловой поток не рассчитывается, так как он учитывается при определении тепловой нагрузки на отопление.

Средний тепловой поток на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий за отопительный период $Q_{св}^{ср}$, Вт, можно вычислить по формуле

$$Q_{зв}^{cp} = q_{зв} \cdot F_{от}, \quad (2.3)$$

где $q_{зв}$ - укрупнённый показатель среднего теплового потока на горячее водоснабжение, Вт/ м², принимается по [2, прил. Г]; $F_{от}$ – отапливаемая площадь здания, м².

Результаты расчётов по формулам (2.1) – (2.3) сводятся в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Расчёт тепловых потоков

Поз. по ген. плану	Наименование потребителя	Этажность	Отапливаемая площадь $F_{от}, \text{м}^2$	Расход теплоты, кВт			
				на отопление Q_o^{max}	на вентиляцию Q_v^{max}	на ГВ $Q_{ГВ}^{cp}$	сумма ΣQ
ЦТП №1							
1	Жилой дом	9	4000	350	-	61	411
2	Детский сад	2	2000	354	212	- 3	215
...
Итого по ЦТП№1							4000
ЦТП №2							
Итого по ЦТП№2							3000
...							

2.3. Определение расчетных расходов теплоносителя

На плане микрорайона намечаем трассу тепловой сети до каждого ЦТП, затем вычерчиваем её схему (рис.2.1.). На схеме нумеруем участки (*участок* – это отрезок трубопровода с постоянным расходом теплоносителя, т.е. границами участка являются точки разветвления потоков, углы поворотов не являются границами участков).

Сначала нумеруем участки, ведущие от ввода в микрорайон до наиболее удаленного ЦТП (это основное направление), потом нумеруем ответвления от основного направления. К каждому участку делаем выноски с его номером, под выноской указываем его длину (измеряем по плану с учетом масштаба), под выноской указываем расход теплоносителя на участке.

Расчётный расход теплоносителя G , кг/с, определяется по формуле

$$G = Q / [c \cdot (T_1 - T_2)], \quad (2.5)$$

где Q - расчётный тепловой поток, кВт; T_1, T_2 – расчётные температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе, $^{\circ}\text{C}$; c – удельная теплоёмкость теплоносителя (воды), $c = 4,2 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

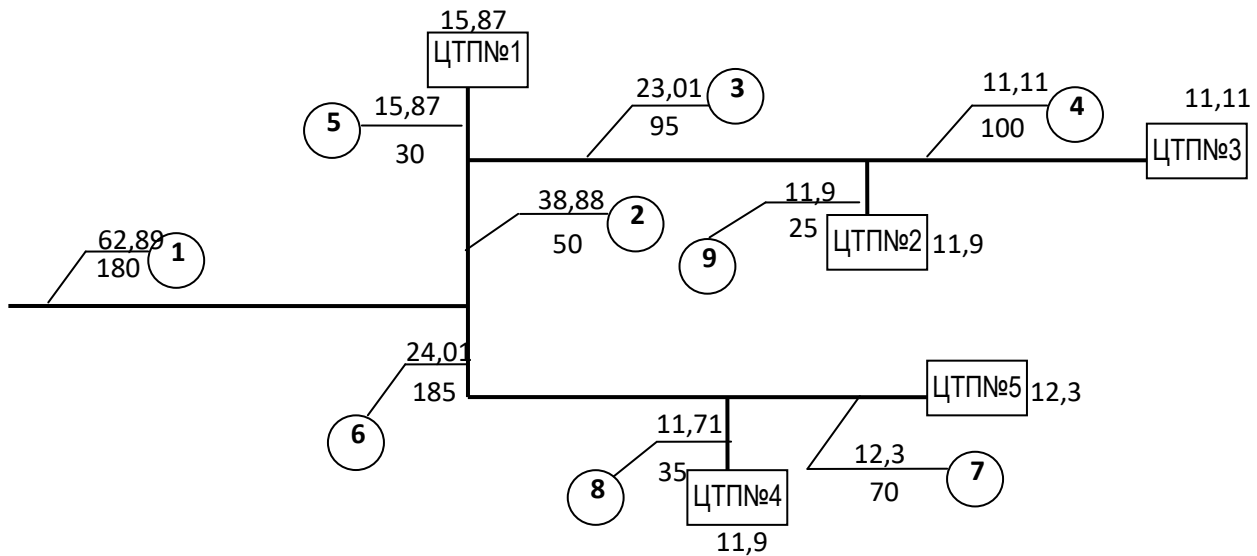


Рисунок 2.1. – Расчётная схема тепловой сети: в числителе – расход теплоносителя, кг/ч, в знаменателе – длина участка, м.

Сначала вычисляем расход теплоносителя для отдельных потребителей (ЦТП) по формуле (2.5), результаты расчета $G_{\text{ЦТП}}$ записываем на схеме, рис.2.1 рядом с соответствующими прямоугольниками.

Затем рассчитываем расход теплоносителя по участкам путем суммированием расходов теплоносителей потребителей, получающих теплоту от рассматриваемого участка.

Пример определения расходов теплоносителя для схемы тепловой сети, приведенной на рис.2.1.:

Расходы теплоносителя для отдельных потребителей:

$$G_{\text{ЦТП1}} = 4000 / [4,2 \cdot (130 - 70)] = 15,87 \text{ кг/с};$$

$$G_{\text{ЦТП2}} = 3000 / [4,2 \cdot (130 - 70)] = 11,9 \text{ кг/с};$$

$$G_{\text{ЦТП3}} = 2800 / [4,2 \cdot (130 - 70)] = 11,11 \text{ кг/с};$$

$$G_{\text{ЦТП4}} = 2950 / [4,2 \cdot (130 - 70)] = 11,71 \text{ кг/с};$$

$$G_{\text{ЦТП5}} = 3100 / [4,2 \cdot (130 - 70)] = 12,3 \text{ кг/с};$$

Расходы теплоносителя по участкам:

$$G_{\text{уч4}} = G_{\text{№ЦТП3}} = 11,11 \text{ кг/с};$$

$$\begin{aligned}
G_{\text{уч}9} &= G_{\text{№ ЦТП } 2} = 11,9 \text{ кг/с}; \\
G_{\text{уч}5} &= G_{\text{№ ЦТП } 1} = 15,87 \text{ кг/с}; \\
G_{\text{уч}7} &= G_{\text{№ ЦТП } 5} = 12,3 \text{ кг/с}; \\
G_{\text{уч}8} &= G_{\text{№ ЦТП } 4} = 11,71 \text{ кг/с}; \\
G_{\text{уч}3} &= G_{\text{уч}4} + G_{\text{№ уч}9} = 11,9 + 11,11 = 23,01 \text{ кг/с}; \\
G_{\text{уч}2} &= G_{\text{уч}3} + G_{\text{уч}5} = 23,01 + 15,87 = 38,88 \text{ кг/с}; \\
G_{\text{уч}6} &= G_{\text{уч}7} + G_{\text{уч}8} = 12,3 + 11,71 = 24,01 \text{ кг/с}; \\
G_{\text{уч}1} &= G_{\text{уч}2} + G_{\text{уч}6} = 38,88 + 24,01 = 62,89 \text{ кг/с}.
\end{aligned}$$

2.4. Гидравлический расчет тепловой сети

Целью гидравлического расчета является определение диаметров труб и потерь давления по участкам при известных расходах теплоносителя, а также увязка потерь давления по ответвлениям.

Потери давления на участке ΔP , Па, определяются по формуле

$$\Delta P = R \cdot L_{np}, \quad (2.6)$$

где R – удельная потеря давления на трение, Па/м, принимается по справочной таблице [3] или прил. А; L_{np} – приведенная длина участка, м.

Приведённая длина участка L_{np} , м, определяется по формуле

$$L_{np} = L_{\text{уч}} + L_{\text{э}}, \quad (2.7)$$

где $L_{\text{уч}}$ – длина участка по плану, м; $L_{\text{э}}$ – эквивалентная длина участка, м (длина прямолинейного участка, потери давления на котором равны потерям давления в местных сопротивлениях), определяется по формуле

$$L_{\text{э}} = \alpha \cdot L_{\text{уч}}, \quad (1.7)$$

где α – коэффициент, учитывающий потери давления в местных сопротивлениях, в предварительном гидравлическом расчете принимаем $\alpha = 0,3$; $L_{\text{уч}}$ – длина участка по плану, м.

Пример гидравлического расчета тепловой сети, приведенной на рис.2.1, показан в табл.2.1.

Последовательность проведения гидравлического расчета:

Сначала проводят предварительный гидравлический расчет, при этом заполняют графы: 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10.

Таблица 2.1

Гидравлический расчет тепловой сети

Номер участка	Расход теплоносителя Gr, кг/с	Длина по плану L, м	Эквивалентная длина lэ, м		Приведенная длина lпр, м		Условный диаметр d, мм	Удельные потери дав- ления R, Па/м	Потери давле- ния на участке ΔP, Па	
			предва- ритель- ная	окон- чатель- ная	предва- ритель- ная	окон- чатель- ная			предва- ритель- ные	окон- чатель- ные
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Основное направление										
1	62,89	180	54	56	234	236	250	67	15678	15812
2	38,88	50	15	48	65	98	200	83	5395	8134
3	23,01	95	28,5	19	124	114	175	55	6820	6270
4	11,11	100	30	20	130	120	125	98	12740	11760
Ответвления										
5	15,87	30	9	7,5	39	37,5	125	198	7722	7425
6	24,01	185	55,5	21,4	240	206	175	173	41520	35638
7	12,3	70	21	20	91	90	125	115	10465	10350
8	11,71	35	10,5	8,8	46	44	125	105	4830	4620
9	11,9	25	7,5	8,8	33	34	125	110	3630	3740

Графа 1,2,3 – номера участка, расход теплоносителя и длину участка переписываем с расчетной схемы (см. рис.2.1)

Графа 4 – эквивалентная длина (предварительная) рассчитывается по формуле (1.7)

Графа 6 – приведенная длина (предварительная) рассчитывается по формуле (1.6)

Графа 8,9 – заполняется с помощью справочной таблицы [3] или прил.А., комментарий к справочной таблице приведен в приложении Б.

Графа 10 – потери давления на участке предварительные рассчитываются по формуле (2.6).

После подбора диаметров труб всех участков разрабатывается монтажная схема тепловой сети (см. п 2.4), по ней составляется перечень коэффициентов местных сопротивлений, уточняется по справочной таблице значение эквивалентных длин участков, и заполняются графы 5,7,11 табл.2.1.

2.5. Разработка монтажной схемы тепловой сети

Монтажная схема чертится без масштаба с соблюдением углов поворотов и пропорций длин участков. Сначала намечают места установки неподвижных опор. В первую очередь выделяют углы поворотов трассы (участки самокомпенсации).

Оставшиеся прямолинейные участки разделяют неподвижными опорами на отрезки длиной около 100м. Предпочтительна установка неподвижных опор у узлов разветвления потоков.

Между неподвижными опорами размещают компенсаторы. (рис.2.2,а). На коротких участках (до 30м) допускается компенсаторы не устанавливать.

Вычерчивают схему в две линии, при этом следят, чтобы подающий трубопровод всегда располагался справа по ходу движения теплоносителя (рис.2.2, б).

На схеме добавляем задвижки для отключения отдельных потребителей, указываем места перехода диаметров.

Маркируем элементы тепловой сети:

Н1, Н2 – неподвижные опоры,

К1, К2 – компенсаторы,

УТ1, УТ2 – узлы тепловые.

К каждому участку делается выноска с указанием диаметра трубопровода (рис.2.2,в).

По монтажной схеме составляется перечень коэффициентов местных сопротивлений, пример приведен в табл.2.3. Значения эквивалентных длин определяются по прил.В.

При составлении перечня коэффициентов местных сопротивлений соблюдаются некоторые правила:

– тройники на границе между участками относят к участкам с меньшим расходом теплоносителя;

– если теплоноситель не менял направление при переходе с предыдущего участка, то он называется «тройник при делении потока (проход»;

– если при прохождении тройника направление поменялось, то он называется «тройник при делении потока (ответвление»;

– повороты трассы обозначаются термином «отвод 90°»;

После заполнения табл.2.3 сумму значений эквивалентных длин для каждого участка заносят в табл. 2.1, графа.5.

Затем заполняют графы 7 и 11 табл.2.3. (аналогично графам 6 и 10).

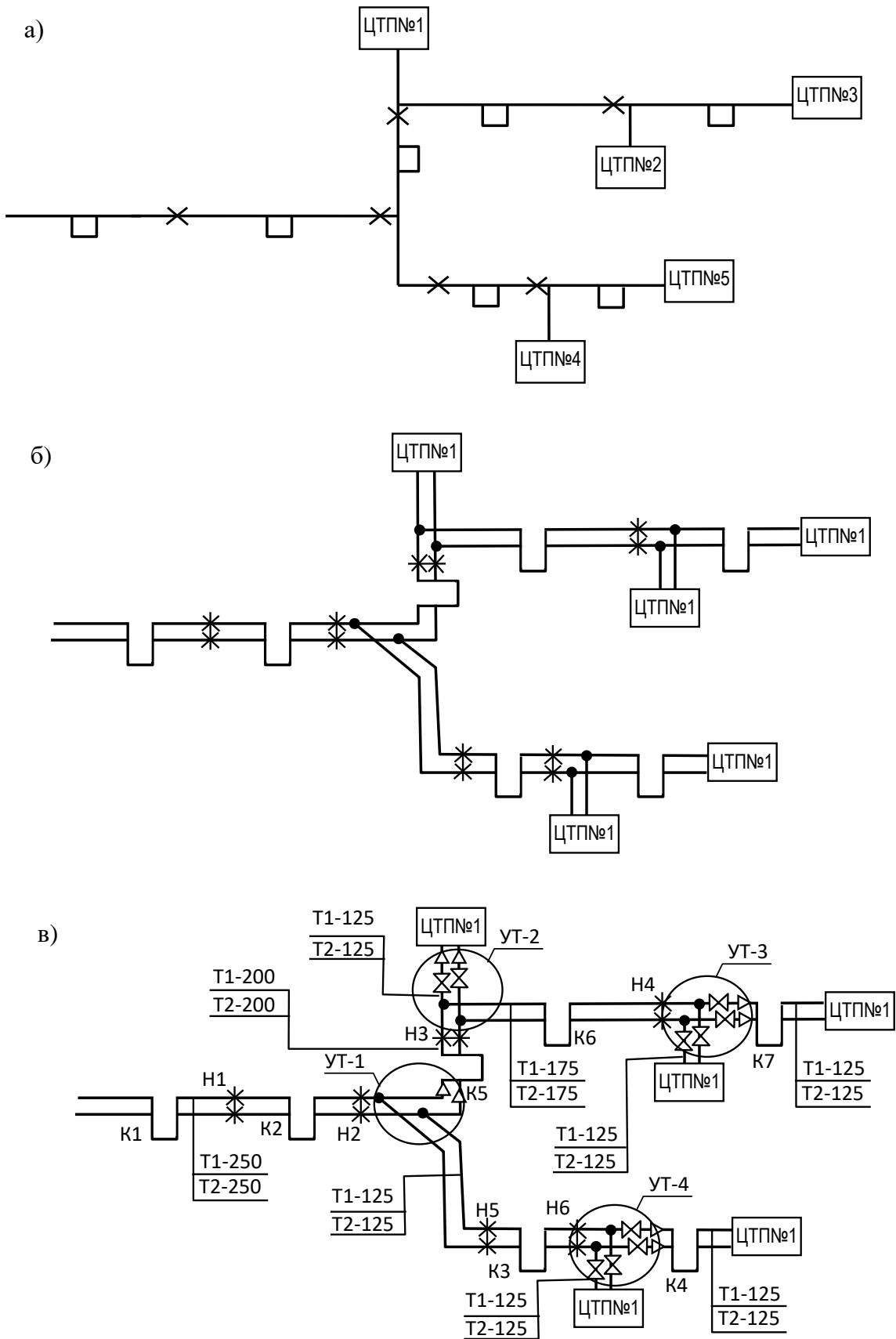


Рис.2.2. Основные этапы разработки монтажной схемы тепловой сети

Коэффициентов местных сопротивлений тепловой сети

Номер участка, диаметр трубы	Наименование местного сопротивления	Эквивалентная длина местного сопротивления l_3 , м
Участок 1. d=250 мм	2 П-образных компенсатора	$l_3 = 2*28$ м $\Sigma l_3 = 56$ м
Участок 2. d=200 мм	тройник при делении потока (проход) отвод 90° сужение диаметра П-образный компенсатор	$l_3 = 11,1$ м $l_3 = 5,55$ м $l_3 = 3,33$ м <u>$l_3 = 28,0$ м</u> $\Sigma l_3 = 47,98$ м
Участок 3. d=175мм	тройник при делении потока (ответвление) П-образный компенсатор	$l_3 = 6,6$ м <u>$l_3 = 12,5$ м</u> $\Sigma l_3 = 19,1$ м
Участок 4. d=125 мм	тройник при делении потока (проход) задвижка сужение диаметра П-образный компенсатор	$l_3 = 4,4$ м $l_3 = 2,2$ м $l_3 = 0,88$ м <u>$l_3 = 12,5$ м</u> $\Sigma l_3 = 19,98$ м
Участок 5. d=125 мм	тройник при делении потока (проход) задвижка сужение диаметра	$l_3 = 4,4$ м $l_3 = 2,2$ м <u>$l_3 = 0,88$ м</u> $\Sigma l_3 = 7,48$ м
Участок 6. d=125 мм	тройник при делении потока (ответвление) отвод 90° П-образный компенсатор	$l_3 = 6,6$ м $l_3 = 2,25$ м <u>$l_3 = 12,5$ м</u> $\Sigma l_3 = 21,35$ м
Участок 7. d=125 мм	тройник при делении потока (ответвление) задвижка сужение диаметра П-образный компенсатор	$l_3 = 4,4$ м $l_3 = 2,2$ м $l_3 = 0,88$ м <u>$l_3 = 12,5$ м</u> $\Sigma l_3 = 19,98$ м
Участок 8. d=125 мм	тройник при делении потока (ответвление) задвижка	$l_3 = 6,6$ м <u>$l_3 = 2,2$ м</u> $\Sigma l_3 = 8,8$ м
Участок 9. d=125 мм	тройник при делении потока (ответвление) задвижка	$l_3 = 6,6$ м <u>$l_3 = 2,2$ м</u> $\Sigma l_3 = 8,8$ м

2.6. Пьезометрический график

После выполнения гидравлического расчета строится пьезометрический график, который представляет собой график напоров, отсчитанных от оси прокладки теплопровода.

Пьезометрический график позволяет быстро определить напор и перепад давлений в любой точке сети, что необходимо при выборе схемы присоединения потребителей.

В курсовом проекте строится пьезометрический график для основного направления (участки 1,2,3,4), пример графика приведен на рис.2.3.

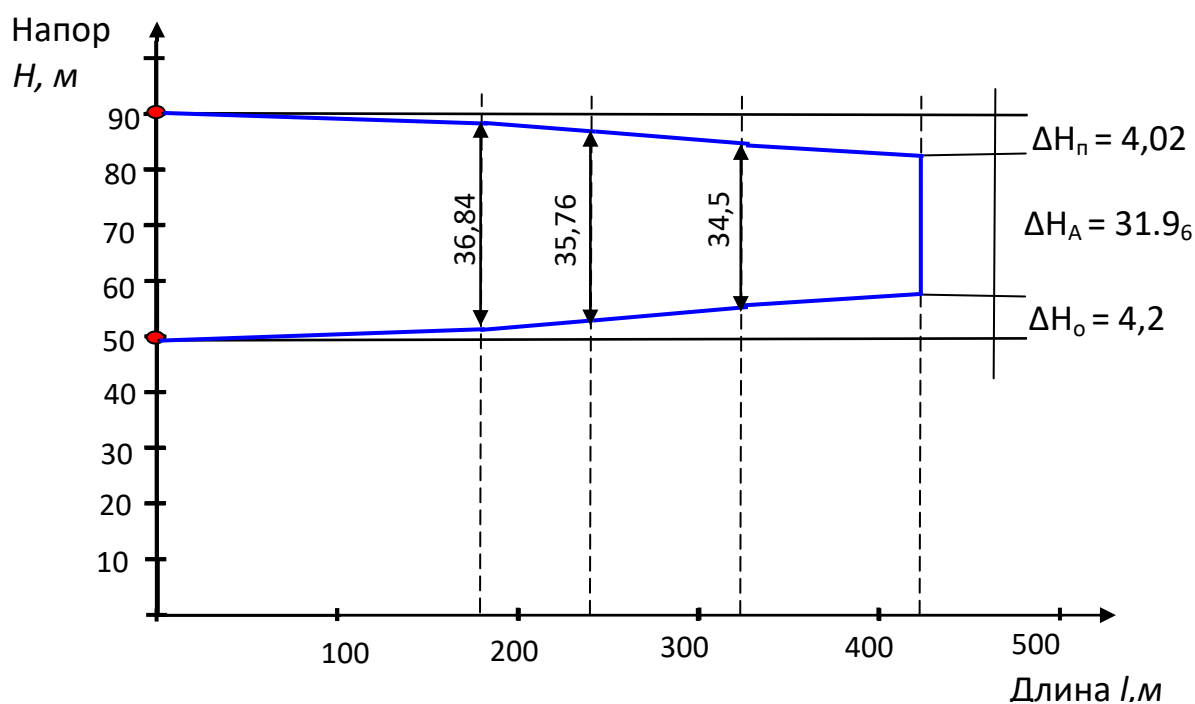


Рисунок 2.3 – Пьезометрический график тепловой сети (участки 1,2,3,4)

Масштаб по горизонтали выбираем таким образом, чтобы все выбранные для построения участки вместились в поле графика. Например, строим график для участков 1- 4, их суммарная длина $180 + 50 + 95 + 100 = 425$ м.

Масштаб по вертикали определяется максимальным давлением в подающей магистрали тепловой сети. Например, в задании указано, что давление в подающей магистрали тепловой сети $P_{п} = 900$ кПа. Переводим это давление в метры водяного столба, используя следующее соотношение:

$$1 \text{ м} = 10000 \text{ Па}$$

$$900 \text{ кПа} = 900000 \text{ Па} = 90 \text{ м. вод.ст.}$$

Необходимые данные для построения пьезометрического графика, взятые из таблицы гидравлического расчета, приведены в табл.2.3

Таблица 2.3

Исходные данные для построения пьезометрического графика

Номер участка	Длина участка $L_{уч}$, м	Потери давления на участке ΔP , Па	Потери напора на участке ΔH , м.вод.ст
1	180	15812	1,58
2	50	5395	0,54
3	95	6270	0,63
4	100	12740	1,27

$\Sigma 4,02$

Последовательность построения графика:

1) Отмечаем на вертикальной оси две точки, соответствующие заданному давлению в подающей и обратной магистрали. В рассматриваемом примере

$$P_{п} = 900 \text{ кПа} = 90 \text{ м. вод.ст.}$$

$$P_{0} = 500 \text{ кПа} = 50 \text{ м. вод.ст.}$$

2) Откладываем по горизонтальной оси длины участков (помним, что они расположены последовательно, т.е. конец одного участка является началом другого). Границы участков обозначаем вертикальными пунктирными линиями.

3) Напор в начале первого участка известен – 90м, в конце этого участка давление стало меньше на величину потерь, т.е. на 1,58м. Откладываем этот напор на штриховой линии, обозначающей конец первого участка и соединяем эти две точки. Давление в конце первого участка является начальным для второго. А в конце второго оно стало меньше на 0,54 м, в конце третьего – на 0,63 м и так далее. Таким образом получаем линию напора в подающей магистрали тепловой сети (верхняя линия на графике).

4) Линия напора в обратной магистрали строится из точки $H = 50\text{м}$ и зеркально отображает линию напора в подающей магистрали.

5) На построенном графике нужно указать следующие числовые значения: суммарные потери в подающей и обратной магистрали (4,02м), перепад давления у конечного абонента (31,96), перепады давления на границах участков. Все значения перепадов давления вычисляются путем вычитания из начального перепада соответствующих потерь давления.

3. Разработка системы газоснабжения

3.1. Описание системы газоснабжения

Система газоснабжения рассматриваемого микрорайона города – двухступенчатая с одним газораспределительным пунктом (ГРП). До ГРП проектируется распределительная сеть среднего давления. После ГРП – кольцевая сеть низкого давления, которая и является предметом расчета.

Газ подается к жилым домам, оборудованным газовыми плитами. На

чел; Q_m - теплота сгорания газа, МДж/ м³, зависит от состава газа, в курсовом проекте принимаем $Q_H^p = 34$ МДж/ м³;

$$Q_{год} = 4100 \cdot 13709 / 34 = 1653144 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Максимальный расчетный часовой расход газа $Q_{час}$, м³/ч, определяется по формуле:

$$Q_{час} = Q_{год} \cdot k_{max}, \quad (3.2)$$

где k_{max} - коэффициент часового максимума расхода газа, принимается по [5] или прил.Г., при $m=13709$ чел $k_{max}=1/2237$;

$$Q_{час} = 1653144 / 2237 = 739 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

3.3. Определение путевых расходов газа

Определяем расчетные часовые расходы газа по жилым зонам Q_i , м³/ч, по формуле

$$Q_i = \frac{m_i}{m} \cdot Q_{час}, \quad (3.3)$$

где m_i - число жителей в i -той жилой зоне, чел; m - общее число газоснабжаемых жителей, чел; $Q_{час}$ - часовой расход газа на микрорайон, м³/ч, $Q_{час} = 739 \text{ м}^3/\text{ч}$. (см. ф. (3.2)).

$$Q_I = (3651 / 13709) \cdot 739 = 196,8 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q_{II} = (1855 / 13709) \cdot 739 = 100,0 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q_{III} = (2989 / 13709) \cdot 739 = 161,1 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q_{IV} = (3317 / 13709) \cdot 739 = 178,8 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q_V = (1897 / 13709) \cdot 739 = 102,3 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Удельный расход газа для каждой зоны q_{zi} , м³/(ч · м), определяется по формуле:

$$q_{zi} = Q_i / \Pi_i, \quad (3.4)$$

где Q_i - расход газа на расчетную зону, м³/ч; Π_i - сумма длин участков газопроводов, ограничивающих расчетную зону, м.

Результаты расчета по формуле (3.4):

$$q_{zI} = 196,8 / (353 + 320 + 370 + 360 + 62) = 0,134 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м});$$

$$q_{zII} = 100,0 / (320 + 270 + 244 + 90 + 310) = 0,081 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м});$$

$$q_{zIII} = 161,1 / (90 + 520 + 50 + 274 + 250) = 0,136 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м});$$

$$q_{зIV} = 178,8 / (62 + 210 + 310 + 274 + 250 + 162) = 0,141 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{м});$$

$$q_{зV} = 102,3 / (370 + 1120 + 210) = 0,06 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{м});$$

Путевые расходы газа по участкам Q_n , $\text{м}^3/\text{ч}$, определяются по формуле:

$$Q_n = q_{уч} \cdot l_{уч}, \quad (3.5)$$

где $q_{уч}$ - удельный путевой расход участка, $\text{м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м})$; $l_{уч}$ - длина участка по плану.

Результаты вычисления путевых расходов участков по формуле (3.5) сводим в таблицу 3.1. Удельный путевой расход газа на участке складывается из удельных путевых расходов зон, питаемых от рассматриваемого участка.

Таблица 3.1

Путевые расходы газа по участкам газовой сети низкого давления

Номера участков	Длина участка $l_{уч}$, м	Удельный путевой расход газа на участке $q_{уч}$, $\text{м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м})$	Путевой расход газа на участке Q_n , $\text{м}^3/\text{ч}$
1	2	3	4
1-2	50	0,277	13,85
2-3	310	0,222	68,82
3-4	320	0,215	68,8
4-5	353	0,134	47,3
3-8	62	0,275	17,05
8-6	360	0,194	69,84
6-5	370	0,134	49,58
8-7	310	0,201	62,31
7-6	1020	0,060	61,2
2-9	90	0,217	19,53
4-10	270	0,081	21,87
9-10	244	0,081	19,76
1-11	274	0,277	75,9
11-12	250	0,136	34,0
9-12	520	0,136	70,72
11-7	262	0,141	36,94

$$\Sigma Q_n = 737,5 \text{ м}^3/\text{ч} *$$

* Значение ΣQ_n должно быть равно часовому расходу газа, вычисленному по формуле (3.2). Если нет – нужно искать ошибку в вычислениях. (Допускается расхождение не более 1%)

3.4. Определение расчетных расходов газа

Расчетный расход газа на участке Q_p , м³/ч, определяется по формуле:

$$Q_p = Q_{TP} + 0,5 \cdot Q_{\Pi}, \quad (3.6)$$

где Q_{TP}, Q_{Π} - соответственно транзитный и путевой расходы газа на участке, м³/ч. Участки, оканчивающиеся конечными узлами, транзитного расхода газа не несут, для них $Q_{TP}=0$.

Для упрощения расчетов кольцевых сетей вводится допущение, что путевой расход газа не распределен по длине участка, а сосредоточен в узлах, поэтому появляется так называемый фиктивный узловой расход $Q_{узл}$, рассчитываемый по формуле

$$Q_{узл} = 0,5 \sum_{i=1}^n Q_{\Pi}, \quad (3.7)$$

где n – количество участков, сходящихся в расчетном узле, $\sum_{i=1}^n Q_{\Pi}$ – сумма путевых расходов газа всех участков, сходящихся в расчетном узле,

При определении расчетных расходов газа используется узловой метод расчета, в котором составляются уравнения узлового баланса, выражающие первый закон Кирхгофа (сумма притоков к узлу равна сумме оттоков от него) :

$$\sum (+)Q_p = Q_{узл} + \sum (-)Q_p, \quad (3.8)$$

Знак у величины Q_p принимается положительным для участков с притоком к узлу и отрицательным – с оттоком от узла. Фиктивный расход $Q_{узл}$ всегда считается оттоком от узла.

Методика определения расчетных расходов газа в кольцевых сетях

Этап 1 – расчет конечных узлов

Определяем по расчетной схеме (см. рис. 3.1) конечные узлы – т.е узлы, где потоки сходятся и газ дальше не идет на другие участки. (В рассматриваемом примере таких узлов три - № 5, 10, 12)

Вычисляем расчетные расходы участков, оканчивающихся в этих конечных узлах, по формуле (3.6), принимая $Q_{TP}=0$, путевые расходы Q_{Π} берем из табл.3.1.

Этап 2 - расчет узлов с одним неизвестным расходом

Осматриваем промежуточные узлы (т.е. такие, в которые газ приходит, и из которых выходит). Выбираем из них узлы с одним неизвестным расходом.

Вычерчиваем схему этого узла, дорисовываем **фиктивный узловой расход**, который показывается пунктиром и всегда направлен от узла (отток).

Находим численное значение фиктивного узлового расхода по формуле (3.7).

Составляем уравнение узлового баланса по формуле (3.8), из этого уравнения находим один неизвестный расход.

Иногда бывает, что после расчета конечных узлов (этап 1) на схеме нет узлов с одним неизвестным расходом. Тогда после этапа 1 сразу переходим к этапу 3.

Этап 3 - расчет узлов с несколькими неизвестными расходами.

Ищем такие узлы, у которых **выходящий** расход известен, а **входящих** неизвестных может быть несколько.

Начало расчета узлов с двумя неизвестными расходами такое же, как и в предыдущих узлах: рисуем схему узла, находим фиктивный узловой расход.

Далее для одного из неизвестных участков нужно назначить величину транзитного расхода Q_{TP} , он составляет какую-то долю от расчетного расхода газа, выходящего из рассматриваемого узла. (какую именно долю – назначает проектировщик)

После назначения транзитного вычисляют расчетный расход газа на участке, используя формулу (3.6).

Составляют уравнение узлового баланса и из него находят оставшийся неизвестный расход газа.

Общее правило: когда считаем **фиктивные узловые** расходы, то значения **путевых расходов** $Q_{П}$ берем из табл.3.1. Когда составляем уравнения **узлового баланса**, то в него подставляем значения **расчетных расходов** газа, вычисленные ранее в п.3.4.

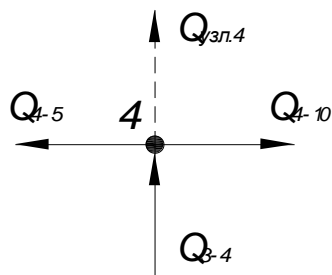
Пример определения расчетных расходов газа для газовой сети, приведенной на рис.3.1.

Определяем по расчетной схеме конечные узлы – т.е узлы, где потоки сходятся и газ дальше не идет на другие участки. В рассматриваемом примере таких узлов три - № 5, 10, 12

Вычисляем расчетные расходы участков, оканчивающихся в этих конечных узлах, по формуле (3.6), принимая $Q_{TP}=0$:

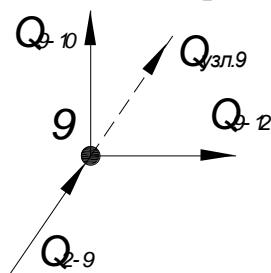
$$\begin{aligned}
 Q_{4-5} &= 0,5 \cdot 47,3 = 23,65 \text{ м}^3/\text{ч}; & Q_{6-5} &= 0,5 \cdot 49,58 = 24,79 \text{ м}^3/\text{ч}; \\
 Q_{9-12} &= 0,5 \cdot 70,72 = 35,36 \text{ м}^3/\text{ч}; & Q_{11-12} &= 0,5 \cdot 34 = 17 \text{ м}^3/\text{ч}; \\
 Q_{9-10} &= 0,5 \cdot 19,76 = 9,88 \text{ м}^3/\text{ч}; & Q_{4-10} &= 0,5 \cdot 21,87 = 10,94 \text{ м}^3/\text{ч}.
 \end{aligned}$$

Далее осматриваем промежуточные узлы (т.е. такие в которые газ приходит, и из которых выходит). Выбираем из них узлы с одним неизвестным расходом. На этом этапе расчета такой узел один – узел 4, (для него известные расходы газа Q_{4-5} и Q_{4-10} , а расход Q_{3-4} – не известен. Вычерчиваем схему этого узла и составляем для него уравнение узлового баланса по формулам (3.7), (3.8):



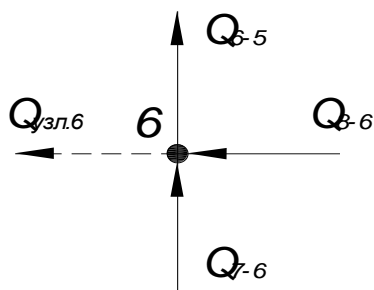
$$\begin{aligned}
 Q_{\text{узл.4}} &= 0,5 \cdot (Q_{\Pi 3-4} + Q_{\Pi 4-5} + Q_{\Pi 4-10}) \\
 Q_{\text{узл.4}} &= 0,5 \cdot (68,8 + 47,3 + 21,87) = 69 \text{ м}^3/\text{ч}. \\
 Q_{3-4} &= Q_{4-5} + Q_{4-10} + Q_{\text{узл.4}} \\
 Q_{3-4} &= 23,65 + 10,94 + 69 = 103,59 \text{ м}^3/\text{ч}.
 \end{aligned}$$

Аналогично рассчитываем узел 9:



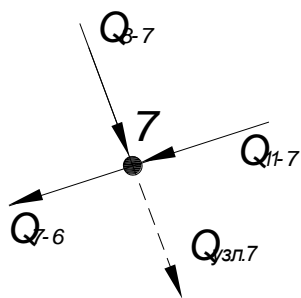
$$\begin{aligned}
 Q_{\text{узл.9}} &= 0,5 \cdot (Q_{\Pi 9-10} + Q_{\Pi 9-12} + Q_{\Pi 2-9}) \\
 Q_{\text{узл.9}} &= 0,5 (19,76 + 70,72 + 19,53) = 55 \text{ м}^3/\text{ч} \\
 Q_{2-9} &= Q_{9-10} + Q_{9-12} + Q_{\text{узл.9}} \\
 Q_{3-4} &= 9,88 + 35,36 + 55 = 100,24 \text{ м}^3/\text{ч}.
 \end{aligned}$$

Так как узлов с одним неизвестным расходом не осталось, то далее рассматриваем узел 6 с двумя неизвестными притекающими расходами, но известен вытекающий. Задаем для участка 6-8 коэффициент транзитного расхода $\alpha_{6-8}=0,6$ (т.е. по нему транзитом проходит 60% от расчетного участка 6-5), тогда:



$$\begin{aligned}
 Q_{\text{узл.6}} &= 0,5 \cdot (Q_{\Pi 6-5} + Q_{\Pi 8-6} + Q_{\Pi 7-6}) \\
 Q_{\text{узл.6}} &= 0,5 (49,58 + 69,84 + 61,2) = 90,31 \text{ м}^3/\text{ч} \\
 Q_{8-6} &= 0,6 \cdot Q_{6-5} + 0,5 Q_{\Pi 8-6} \\
 Q_{8-6} &= 0,6 \cdot 24,79 + 0,5 \cdot 69,84 = 49,8 \text{ м}^3/\text{ч}. \\
 Q_{7-6} &= Q_{6-5} + Q_{\text{узл.6}} - Q_{8-6} \\
 Q_{7-6} &= 24,79 + 90,31 - 49,8 = 65,3 \text{ м}^3/\text{ч}.
 \end{aligned}$$

Следующий узел – 7. Задаем для участка 11-7 коэффициент транзитного расхода 0,7 (т.е. по нему транзитом проходит 70% от расчетного участка 7-6), тогда:



$$Q_{узл.7} = 0,5 \cdot (Q_{П 8-7} + Q_{П 11-7} + Q_{П 7-6})$$

$$Q_{узл.7} = 0,5 (62,31 + 36,94 + 61,2) = 80,22 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$Q_{11-7} = 0,7 \cdot Q_{7-6} + 0,5 Q_{П 11-7}$$

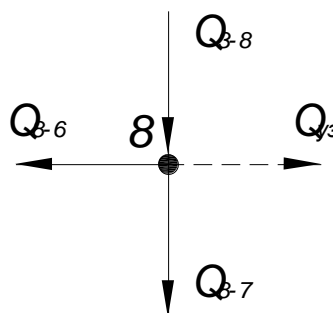
$$Q_{11-7} = 0,7 \cdot 65,3 + 0,5 \cdot 36,94 = 64,18 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

$$Q_{8-7} + Q_{11-7} = Q_{7-6} + Q_{узл.7}$$

$$Q_{8-7} = Q_{7-6} + Q_{узл.7} - Q_{11-7}$$

$$Q_{8-7} = 65,3 + 80,22 - 64,18 = 81,32 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Узел 8 – с одним неизвестным расходом:



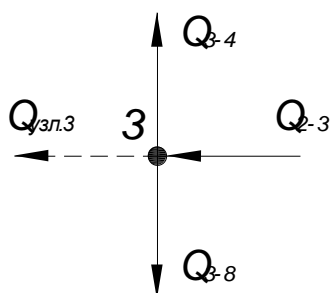
$$Q_{узл.8} = 0,5 \cdot (Q_{П 3-8} + Q_{П 8-6} + Q_{П 8-7})$$

$$Q_{узл.8} = 0,5 (17,05 + 69,84 + 62,31) = 74,6 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$Q_{3-8} = Q_{8-6} + Q_{8-7} + Q_{узл.8}$$

$$Q_{3-8} = 49,8 + 81,32 + 74,6 = 205,72 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Узел 3 – с одним неизвестным расходом:



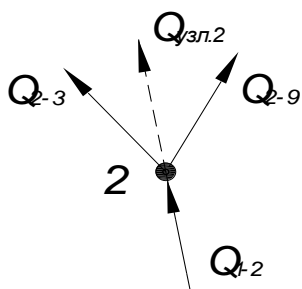
$$Q_{узл.3} = 0,5 \cdot (Q_{П 3-4} + Q_{П 2-3} + Q_{П 3-8})$$

$$Q_{узл.3} = 0,5 (68,8 + 68,82 + 17,05) = 77,33 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$Q_{2-3} = Q_{3-8} + Q_{3-4} + Q_{узл.3}$$

$$Q_{2-3} = 205,72 + 103,59 + 77,3 = 386,61 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Узел 2 - с одним неизвестным расходом:



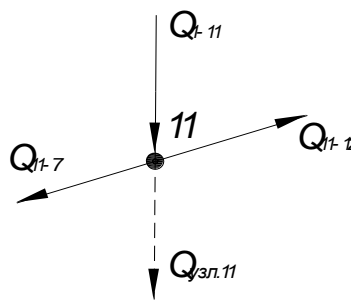
$$Q_{узл.2} = 0,5 \cdot (Q_{П 2-9} + Q_{П 2-3} + Q_{П 1-2})$$

$$Q_{узл.2} = 0,5 (19,53 + 68,82 + 13,85) = 51,1 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$Q_{1-2} = Q_{2-3} + Q_{2-9} + Q_{узл.2}$$

$$Q_{1-2} = 386,61 + 100,24 + 51,1 = 537,95 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Узел 11 - с одним неизвестным расходом:



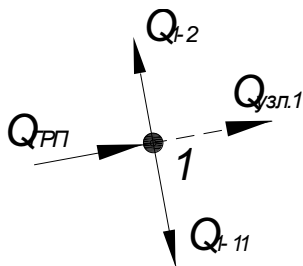
$$Q_{узл.11} = 0,5 \cdot (Q_{П 1-11} + Q_{П 11-12} + Q_{П 11-7})$$

$$Q_{узл.2} = 0,5 (75,9 + 34 + 36,94) = 73,42 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$Q_{1-11} = Q_{11-7} + Q_{11-12} + Q_{узл.11}$$

$$Q_{1-11} = 64,18 + 17 + 71,42 = 154,6 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Проводим проверку расчета с помощью уравнения узлового баланса для узла питания 1:



$$Q_{узл.1} = 0,5 \cdot (Q_{П 1-2} + Q_{П 1-11})$$

$$Q_{узл.1} = 0,5 (13,85 + 75,9) = 44,88 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$Q_{ГП} = Q_{1-2} + Q_{1-11} + Q_{узл.1}$$

$$Q_{ГП} = 537,95 + 154,6 + 44,88 = 737,43 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Сравниваем полученное значение $Q_{ГП}$ с суммой путевых расходов газа, равной $737,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл. 3.1, итог графы 4), величина невязки составляет:

$$\text{Невязка} = \frac{737,5 - 737,43}{737,5} \cdot 100\% = 0,01\%.$$

(Допустимое значение невязки -1%)

Результаты вычисления расчетных расходов газа заносим в таблицу 3.2, графа 3.

3.5. Гидравлический расчет газопроводов

Целью гидравлического расчета является определение потерь давления и выбор диаметров труб газовой сети низкого давления.

Располагаемый перепад давления $\Delta P_{расп}$ на распределительную уличную сеть низкой ступени давления составляет не более 1200 Па [5]. В качестве расчетной величины принимается значение $\Delta P_{расч}$ за вычетом 10% потерь давления в местных сопротивлениях, определяемое по формуле:

$$\Delta P_{расч} = 0,9 \cdot \Delta P_{расп} \tag{3.9}$$

$$\Delta P_{расч} = 0,9 \cdot 1200 = 1080 \text{ Па}.$$

Выбираем главное направление по схеме (рис. 3.1) – самый длинный путь от узла питания №1 до одного из конечных узлов **1-2-3-8-7-6-5**

Средний гидравлический уклон этого направления $R_{\bar{y}}$, Па/м, вычисляется по формуле:

$$R_{\bar{y}} = \frac{\Delta P_{расч}}{\sum_{i=1}^n l_i}, \quad (3.10)$$

где $\Delta P_{расч} = 1080$ Па, l_i - длина i -го участка, м; n – количество участков, входящих в расчетное направление.

$$R_{1-2-3-8-7-6-5} = \frac{1080}{l_{1-2} + l_{2-3} + l_{3-8} + l_{8-7} + l_{7-6} + l_{6-5}} =$$

$$\frac{1080}{50 + 310 + 62 + 310 + 1020 + 370} = 0,509 \text{ Па / м.}$$

Для вычисления гидравлических уклонов других участков выбирается новое направление, для которого в числитель формулы (3.10) подставляют перепад давлений с вычетом потерь давления на уже вычисленных участках:

$$\Delta R_{расч} = 1080 - \sum_{i=1}^k R_i \cdot l_i, \quad (3.11)$$

где k – количество участков, для которых уже рассчитано значение $R_{\bar{y}}$.

Последовательно задаем другие направления от узла питания до конечных узлов и определяем гидравлические уклоны для остальных участков, используя формулы (3.10), (3.11):

$$R_{8-6} = \frac{1080 - (R_{1-2} \cdot l_{1-2} + R_{2-3} \cdot l_{2-3} + R_{6-5} \cdot l_{6-5})}{l_{8-6}} =$$

$$= \frac{1080 - (0,509 \cdot 50 + 0,509 \cdot 310 + 0,509 \cdot 370)}{360} = 1,03 \text{ Па / м};$$

$$R_{1-11-7} = \frac{1080 - (R_{7-6} \cdot l_{7-6} + R_{6-5} \cdot l_{6-5})}{l_{1-11} + l_{11-7}} = \frac{1080 - (0,509 \cdot 1020 + 0,509 \cdot 370)}{274 + 162} = 0,85 \text{ Па / м};$$

$$R_{3-4-5} = \frac{1080 - (R_{1-2} \cdot l_{1-2} + R_{2-3} \cdot l_{2-3})}{l_{3-4} + l_{4-5}} = \frac{1080 - (0,509 \cdot 50 + 0,509 \cdot 310)}{320 + 353} = 1,33 \text{ Па / м};$$

$$R_{2-9-12} = \frac{1080 - R_{1-2} \cdot l_{1-2}}{l_{2-9} + l_{9-12}} = \frac{1080 - 0,509 \cdot 50}{90 + 520} = 1,73 \text{ Па / м};$$

$$R_{11-12} = \frac{1080 - R_{1-11} \cdot l_{1-11}}{l_{11-12}} = \frac{1080 - 0,85 \cdot 274}{250} = 3,39 \text{ Па/м};$$

$$R_{9-10} = \frac{1080 - (R_{1-2} \cdot l_{1-2} + R_{2-9} \cdot l_{2-9})}{l_{9-10}} = \frac{1080 - (0,509 \cdot 50 + 1,73 \cdot 390)}{244} = 3,68 \text{ Па/м};$$

$$R_{4-10} = \frac{1080 - (R_{1-2} \cdot l_{1-2} + R_{2-3} \cdot l_{2-3} + R_{3-4} \cdot l_{3-4})}{l_{4-10}} =$$

$$= \frac{1080 - (0,509 \cdot 50 + 0,509 \cdot 310 + 1,33 \cdot 320)}{270} = 1,76 \text{ Па/м};$$

Результаты вычисления гидравлических уклонов заносим в табл.3.2, графа 4.

Таблица 3.2.

Гидравлический расчет газовой распределительной
сети низкого давления

Но- мер участ- ка	Длина участка $l_{уч}, \text{м}$	Расчет- ный рас- ход газа $Q_p, \text{м}^3/\text{ч}$	Гидрав- лический уклон $R_{уч}, \text{Па/м}$	Наружный диаметр, мм, тол- щина стенки трубы, мм $d_H \times S$	Факти- ческий гид- равличе- ский уклон $R_{ф}, \text{Па/м}$	Потери давления на участке $\Delta P_{ф}, \text{Па}$
1	2	3	4	5	6	7
1-2	50	537,95	0,509	219×6	0,85	43
2-3	310	386,61	0,509	219×6	0,43	133
3-4	320	103,59	1,33	114×4	1,05	336
4-5	353	23,65	1,33	60×3	1,6	565
3-8	62	205,72	0,509	159×4	0,7	43
8-6	360	49,8	1,03	89×3	0,9	324
6-5	370	24,79	0,509	76×3	0,55	204
8-7	210	81,32	0,509	133×4	0,3	93
7-6	1120	65,3	0,509	108×4	0,6	612
2-9	90	100,24	3,68	89×3	3,5	315
4-10	270	10,94	1,73	48×3	1,9	513
9-10	244	9,88	3,68	42,3×3.2	3,0	732
1-11	274	154,6	0,85	133×4	0,95	260
11-12	250	17,0	3,39	48×3,5	4,2	1050
9-12	520	35,36	1,73	75,5×4	1,4	728
11-7	162	64,18	0,85	108×4	0,55	89

Ориентируясь на вычисленные значения R , Па/м, и зная расчетный расход газа на участке, по номограмме [5,6] или прил. Д выбираем диаметры трубопроводов и определяем фактическое значение гидравлического уклона R_{ϕ} , Па/м. Полученные данные заносим в табл.3.2, графы 5,6.

Потери давления на каждом участке $\Delta P_{уч}$, Па, определяются по формуле:

$$\Delta P_{уч} = R_{\phi} \cdot l_{уч}, \quad (3.12)$$

где $R_{\phi}, l_{уч}$ - соответственно фактический гидравлический уклон, Па, и длина участка, м.

Результаты вычислений по формуле (3.12) заносим в графу 7 табл.3.2.

После заполнения табл.3.2. выполняем проверку, которая заключается в следующем. Выбираем несколько направлений от узла питания до конечных узлов и суммируем полученные потери давления на участках, входящих в эти направления. Полученные сумм не должны превышать располагаемый перепад давлений 1080 Па.

Проверка:

$$\Delta P_{1-2-3-8-7-6-5} = 43 + 133 + 93 + 280 + 204 = 796 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{1-2-3-4-5} = 43 + 133 + 336 + 565 = 1077 \text{ Па};$$

$$\Delta P_{1-11-7-6-5} = 260 + 89 + 280 + 204 = 833 \text{ Па};$$

В случае, если полученная сумма превышает 1080 Па, то нужно для одного из участков принять ближайший больший диаметр, пересчитать значения в графах 6,7 табл.3.2. и повторить проверку. В пояснительной записке приводим окончательный вариант.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99. – М.: Минрегион России, 2012. – 110с.
2. СП 124.13330.2012 «Тепловые сети». Актуализированная редакция СНиП 41-05-2003 – М.: Минрегион России, 2012. – 110с.
3. Водяные тепловые сети: Справочное пособие / Под ред. Н. К. Громова, Е. П. Шубина. – М.: Энергоатомиздат, 1988.- 376 с.
4. СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89 – М.: Минрегион России, 2012. – 110с.
5. СП 42-101-2003 Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб – М.: ГосстройРоссии, 2003. – 165с.
6. Ионин А.А. Газоснабжение: Учеб. для вузов / А.А. Ионин. – М.: Стройиздат, 1989. – 439 с.

**Таблица для гидравлического расчета
стальных трубопроводов тепловых сетей**

Мас- совые рас- ходы воды G_B , кг/с	Условный проход труб D_y , мм					
	65	80	100	125	150	175
	Внутренний диаметр труб $d_{вн}$, м					
	0,070	0,082	0,100	0,125	0,150	0,184
0,50	4,29	—	—	—	—	—
0,60	6,12	—	—	—	—	—
0,70	8,27	—	—	—	—	—
0,80	10,7	—	—	—	—	—
0,90	13,5	—	—	—	—	—
1,0	16,7	7,35	—	—	—	—
1,2	23,9	10,5	—	—	—	—
1,4	33,4	14,2	5,09	—	—	—
1,6	43,7	18,5	6,61	—	—	—
1,8	55,3	23,8	8,33	—	—	—
2,0	68,2	29,4	10,3	—	—	—
2,2	82,6	35,6	12,4	—	—	—
2,4	98,3	42,4	14,7	—	—	—
2,6	115	49,7	17,3	5,40	—	—
2,8	134	57,7	20,1	6,25	—	—
3,0	154	66,2	23,1	7,16	—	—
3,2	175	75,3	26,3	8,13	—	—
3,4	197	85,0	29,7	9,16	—	—
3,6	221	95,3	33,3	10,2	—	—
3,8	246	106	37,1	11,4	—	—
4,0	273	118	41,1	12,6	4,90	—
5	426	184	64,1	19,7	7,60	—
6	614	265	92,4	28,3	10,8	—
7	—	360	126	38,6	14,7	5,11
8	—	470	164	50,4	19,2	6,64
9	—	—	208	63,7	24,3	8,26
10	—	—	257	78,7	30,0	10,2
12	—	—	369	113	43,2	14,7
14	—	—	503	154	58,8	20,0
16	—	—	—	201	76,8	26,1
18	—	—	—	255	97,2	33,0
20	—	—	—	315	120	40,8
22	—	—	—	381	145	49,4
24	—	—	—	453	173	58,7
26	—	—	—	532	203	68,9
28	—	—	—	—	235	80,0
30	—	—	—	—	270	91,8
32	—	—	—	—	307	104
34	—	—	—	—	347	118
36	—	—	—	—	389	132
38	—	—	—	—	433	147
40	—	—	—	—	480	163
45	—	—	—	—	—	207
50	—	—	—	—	—	255
55	—	—	—	—	—	308
60	—	—	—	—	—	367
65	—	—	—	—	—	431
70	—	—	—	—	—	500

Мас- совые рас- ходы воды G_B , кг/с	Условный проход труб D_y , мм					
	200		250		300	
	Внутренний диаметр труб $d_{вн}$, м					
	0,207	0,211	0,259	0,263	0,309	0,315
10	5,60	5,07	—	—	—	—
12	7,89	7,13	—	—	—	—
14	10,7	9,71	—	—	—	—
16	14,0	12,7	4,41	4,08	—	—
18	17,8	16,0	5,45	5,03	—	—
20	21,9	19,8	6,73	6,21	—	—
22	26,5	24,0	8,14	7,51	—	—
24	31,6	28,5	9,69	8,95	—	—
26	37,0	33,5	11,4	10,5	—	—
28	43,0	38,8	13,2	12,2	—	—
30	49,3	44,6	15,1	14,0	5,98	5,41
35	67,1	60,7	20,6	19,0	8,14	7,36
40	87,7	79,3	26,9	24,8	10,6	9,61
45	111	100	34,1	31,4	13,5	12,2
50	137	124	42,1	38,8	16,6	15,0
55	166	150	50,9	46,9	20,1	18,2
60	197	178	60,6	55,9	23,9	21,6
65	231	209	71,1	65,6	28,1	25,4
70	268	243	82,4	76,0	32,6	29,4
75	308	279	94,6	87,3	37,4	33,8
80	351	317	108	99,3	42,5	38,4
90	444	401	136	126	53,8	48,7
100	548	495	168	155	66,5	60,1
110	—	—	204	188	80,4	72,7
120	—	—	242	223	95,7	86,5
130	—	—	284	262	112	102
140	—	—	330	304	130	118
150	—	—	379	349	150	135
160	—	—	431	397	170	154
170	—	—	486	449	192	174
180	—	—	545	502	215	194
190	—	—	—	—	240	217
200	—	—	—	—	266	240
210	—	—	—	—	293	265
220	—	—	—	—	322	291
230	—	—	—	—	352	318
240	—	—	—	—	383	346
250	—	—	—	—	415	375
260	—	—	—	—	449	406
270	—	—	—	—	484	438
280	—	—	—	—	521	471

Ключ к справочной таблице, приведенной в прил.В.

Мас- совые рас- ходы воды G_v , кг/с	Условный проход труб D_y , мм					
	65	80	100	125	150	175
	Внутренний диаметр труб $d_{вн}$, м					
	0,070	0,082	0,100	0,125	0,150	0,184
0,50	4,29	—	—	—	—	—
0,60	6,12	—	—	—	—	—
0,70	8,27	—	—	—	—	—
0,80	10,7	—	—	—	—	—
0,90	13,5	—	—	—	—	—
1,0	16,7	7,35	—	—	—	—
1,2	23,9	10,5	—	—	—	—
1,4	33,4	14,2	5,09	—	—	—
1,6	43,7	18,5	6,61	—	—	—
1,8	55,3	23,8	8,33	—	—	—
2,0	68,2	29,4	10,3	—	—	—
2,2	82,6	35,6	12,4	—	—	—
2,4	98,3	42,4	14,7	—	—	—
2,6	115	49,7	17,3	5,40	—	—
2,8	134	57,7	20,1	6,25	—	—
3,0	154	66,2	23,1	7,16	—	—
3,2	175	75,3	26,3	8,13	—	—
3,4	197	85,0	29,7	9,16	—	—
3,6	221	95,3	33,3	10,2	—	—
3,8	246	106	37,1	11,4	—	—
4,0	273	118	41,1	12,6	4,90	—
5	426	184	64,1	19,7	7,60	—
6	614	265	92,4	28,3	10,8	—
7	—	360	126	38,6	14,7	5,11
8	—	470	164	50,4	19,2	6,64
9	—	—	208	63,7	24,3	8,26
10	—	—	257	78,7	30,0	10,2
12	—	—	369	113	43,2	14,7

1) $G = 11,11$

3) Диаметр трубы, мм, записываем в графу 8

4) Значение, попавшее в рекомендуемый диапазон. Т.к. расход 11,11 находится между цифрами 10 и 12, то и значение R , соответствующее этому расходу, будет находится между 78,7 и 113. В графу 9 запишем $R = 97,7 \text{ Па/м}$

Последовательность работы с таблицей:

1. Находим свой расход теплоносителя в левой колонке.

2. Для заданного расхода теплоносителя по горизонтали находятся несколько значений удельных потерь давления. Среди них нужно найти то, которое ближе всего к рекомендуемому значению. Для участков, входящих в основное расчетное направление рекомендуемое значение составляет от 30 до 80 Па/м. Для ответвлений от 150 до 300 Па/м

3. В графу 8 табл.2.1 записываем значение диаметра, указанное в верхней части выбранной графы

4. В случае, если заданный расход теплоносителя находится между значениями, приведенными в таблице, то и соответствующее ему значение удельной потери давления находится методом интерполяции.

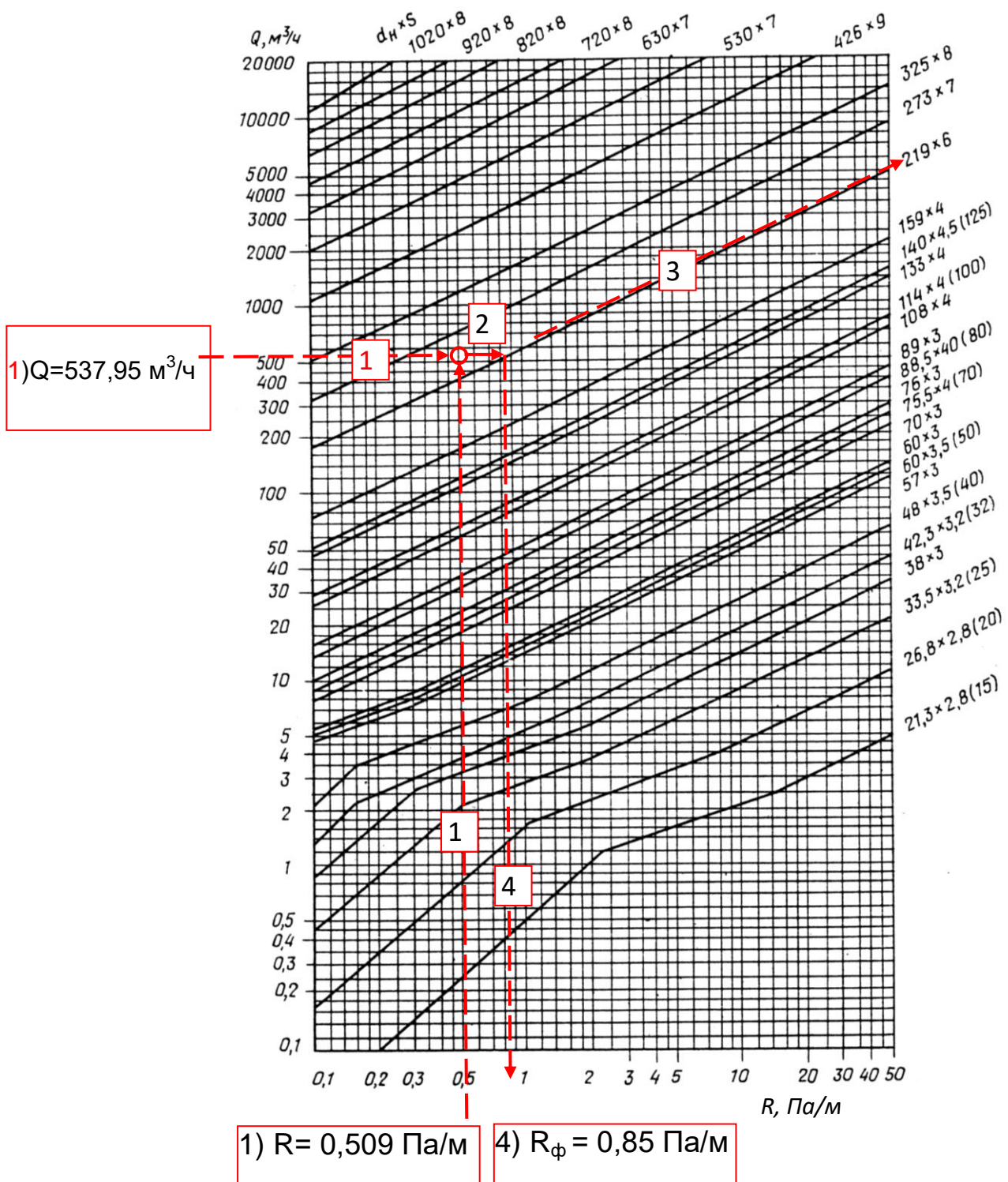
Эквивалентные длины местных сопротивлений для тепловых сетей

Наименование местных сопротивлений	Эквивалентная длина, м, при условном диаметре труб, мм										
	50	70	80	100	125	150	175	200	250	300	350
Задвижка	0,65	1	1,28	1,65	2,2	2,24	2,9	3,36	3,33	4,27	4,3
Сужение диаметра	-	-	-	0,66	0,88	1,68	2,17	2,52	3,33	4,17	5
Отвод 90 ⁰	0,65	1	1,28	1,65	2,25	2,8	3,62	4,2	5,55	6,25	8,4
Компенсатор П-образный	5,2	6,8	7,9	9,8	12,5	15,4	19	23,4	28	34	40
Тройник проход ответвление	1,3	2,0	2,55	3,3	4,4	5,6	7,24	8,4	11,1	13,9	16,8
	1,96	3,0	3,82	4,95	6,6	8,4	10,9	12,6	16,7	20,8	25,2

Значения коэффициента часового максимума расхода газа

Число жителей, снабжаемых газом, чел.	Коэффициент часового максимума k_{max}
1000	1/1800
2000	1/2000
3000	1/2050
5000	1/2100
10000	1/2200
20000	1/2300
30000	1/2400
40000	1/2500
50000	1/2600
100000	1/2800

Номограмма для расчета газопроводов низкого давления



ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ПРОЕКТА.....	3
1. Исходные данные.....	4
2. Разработка системы теплоснабжения.....	5
2.1. Описание системы теплоснабжения.....	5
2.2. Расчёт тепловых нагрузок.....	5
2.3. Определение расчетных расходов теплоносителя.....	6
2.4. Гидравлический расчет тепловой сети.....	8
2.5. Разработка монтажной схемы тепловой сети.....	10
2.6. Пьезометрический график.....	13
3. Разработка системы газоснабжения.	14
3.1. Описание системы газоснабжения.....	14
3.2. Расчёт потребления газа.....	15
3.3. Определение путевых расходов газа.....	16
3.4. Определение расчетных расходов газа	18
3.5. Гидравлический расчет газопроводов.....	22
Библиографический список	26
Приложение А Таблица для гидравлического расчета стальных трубопроводов тепловых сетей.....	27
Приложение Б Ключ к справочной таблице, приведенной в прил.В...	28
Приложение В Эквивалентные длины местных сопротивлений для тепловых сетей	29
Приложение Г Значения коэффициента часового максимума расхода газа	29
Приложение Д Номограмма для расчета газопроводов низкого давления	30

**«Разработка системы теплоснабжения и
газоснабжения микрорайона города»**

*Методические указания
к выполнению курсового проекта
для студентов всех форм обучения
направления 08.03.01 «Строительство» (квалификация «Бакалавр»)
08.04.01 «Строительство» (квалификация «Магистр»)
07.03.04 «Градостроительство», (квалификация «Бакалавр»)*

Составитель Кононова Марина Сергеевна

Подписано в печать 2014. Формат 60×84 1/16. Уч.-изд. л. 1,8
Усл.-печ. л. 2. Бумага писчая. Тираж 100 экз. Заказ № _____.

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии
издательства учебной литературы и учебно-методических пособий
Воронежского ГАСУ
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84