

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 28.09.2026 11:05:19
Уникальный программный ключ:
3beb265d5d589e7ff4c954946f3ad99a1e76ac12

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СИСТЕМА ГАЗОСНАБЖЕНИЯ РАЙОНА ГОРОДА

*Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта
для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство»
профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»
всех форм обучения*

Тюмень
ТИУ
2018

УДК 696.2(07)
ББК 38.763я7-5
С 409

- С 409 **Система газоснабжения района города** : учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство» профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция» всех форм обучения / сост. Н. И. Куриленко, Л. Ю. Михайлова. – Тюмень : ТИУ, 2018. – 64 с.

Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта по дисциплине «Газоснабжение» предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция» всех форм обучения.

В учебно-методическом пособии приведён состав курсового проекта, требования по его оформлению, порядок разработки, пояснения по выполнению расчетов, исходная информация для выполнения, список рекомендуемой литературы.

Учебно-методическое пособие направлено на формирование общепрофессиональных и профессиональных компетенций студентов.

УДК 696.2(07)
ББК 38.763я7-5

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тюменский индустриальный
университет», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Структура курсового проекта	6
1.1. Краткое содержание курсового проекта	6
1.2. Последовательность выполнения курсового проекта	7
1.3. Выбор исходных данных	7
2. Проектирование кольцевого газопровода	11
2.1. Расчет газопотребления	11
2.2. Определение численности населения	11
2.3. Определение параметров газа	12
2.4. Определение годового расхода газа на коммунально-бытовые нужды	13
2.5. Определение часового расхода газа на коммунально-бытовые нужды	14
2.6. Определение расхода газа на нужды теплоснабжения	16
2.6.1. Определение часового расхода газа на нужды теплоснабжения	16
2.6.2. Определение годового расхода газа на нужды теплоснабжения	17
2.7. Определение расхода газа на нужды промышленных предприятий	19
2.7.1. Определение годового расхода газа	19
2.7.2. Определение часового расхода газа	19
3. Режим газопотребления (района) города	21
3.1. Сезонная неравномерность газопотребления	22
3.2. Часовая неравномерность газопотребления	23
3.3. Расчётный расход газа	23
4. Выбор, обоснование и конструирование системы газоснабжения	25
4.1. Определение количества ГРС	25
4.2. Количество ступеней в сетях газораспределения	26
4.3. Выбор структурной схемы газовых сетей	27
4.4. Выбор варианта подключения сосредоточенных потребителей	27
4.5. Определение оптимального числа газорегуляторных пунктов	28
4.6. Конструктивные особенности газопроводов	30
4.7. Рекомендации по проектированию схемы газоснабжения	31
5. Гидравлический расчёт газопровода	33
5.1. Общие положения гидравлического расчёта	33
5.2. Гидравлический расчёт сети высокого (среднего) давления	37
6. Пример выполнения расчётной части работы	41
6.1. Исходные данные	41
6.2. Определение численности населения	42
6.3. Определение параметров газа	43
6.4. Определение расходов газа различными потребителями	43
6.5. Режим газопотребления	51
6.6. Гидравлический расчет газопровода	52
Список литературы	61
Приложения	62

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование, строительство и реконструкцию сетей газораспределения и газопотребления рекомендуется осуществлять в соответствии со схемами газоснабжения, разработанными в составе федеральной, межрегиональных и региональных программ газификации субъектов Российской Федерации в целях обеспечения предусматриваемого этими программами уровня газификации жилищно-коммунального хозяйства, промышленных и иных организаций[1].

Газораспределительная система должна обеспечивать подачу потребителям требуемых параметров газа и в необходимом объеме. Для неотключаемых потребителей газа должна быть обеспечена бесперебойная подача газа путём устройства резервирующих участков (кольцевания) газопроводов или другими способами.

Строительство, реконструкцию сетей газораспределения рекомендуется осуществлять с применением преимущественно полимерных труб и соединительных деталей (например, из полиэтилена и его модификаций, полиамидов) и других сертифицированных материалов[1].

С целью приведения изучаемого курса «Газоснабжение» в соответствии с достигнутым научно-техническим прогрессом в области трубопроводного транспорта газа и гармонизации с требованиями международных стандартов разработаны данное методическое пособие.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов профиля «Теплогазоснабжение и вентиляция», выполняющих курсовой проект «Система газоснабжения района города». Выполнение студентом курсового проекта осуществляется на заключительном этапе изучения междисциплинарного курса, в ходе которого осуществляется практическое применение полученных знаний при решении комплексных задач, связанных со сферой профессиональной деятельности будущих специалистов [2]. Курсовой проект выполняется студентами в соответствии с учебным планом. Выполнение студентом курсового проекта по курсу «Газоснабжение» проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений;
- углубления теоретических знаний в соответствии с заданной темой;
- формирования умения применять теоретические знания при решении поставленных профессиональных задач;
- формирования умения использовать нормативную, правовую и справочную документацию;
- развития творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- подготовки к итоговой государственной аттестации.

Учебно-методическое пособие направлено на формирование следующих компетенций:

общефессиональных:

- умение использовать нормативные правовые документы в профессиональной деятельности (ОПК-8);

профессиональных:

- знание нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест» (ПК-1);

- знание научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности» (ПК-13);

- знание правил и технологии монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию и эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов, объектов жилищно-коммунального хозяйства, правил приёмки образцов продукции, выпускаемой предприятием (ПК-16);

- способность организовать профилактические осмотры, ремонт, приемку и освоение вводимого оборудования, составлять заявки на оборудование и запасные части, готовить техническую документацию и инструкции по эксплуатации и ремонту оборудования, инженерных систем» (ПК-19).

1. СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

1.1. Краткое содержание курсового проекта

Курсовой проект состоит из текстовой части – пояснительной записки и графической части. Курсовой проект посвящён проектированию кольцевой распределительной сети газоснабжения высокого (среднего) давления города (объекта административно-территориального деления).

В пояснительной записке излагается обоснование проектных решений, приводятся расчеты годового потребления газа городом (объектом административно-территориального деления), часовых расчетных расходов газа потребителями, характеристик горючего газа; выполняется гидравлический расчет газопроводов высокого (среднего) давления; подбирается оборудование ГРП; приводятся основные технико-экономические показатели принятой системы газоснабжения с необходимыми пояснениями. В конце записки приводится список использованной литературы. Объем записки должен составлять около 1,5–3,0 п. л. (1 п. л.=16 страниц формата А4).

Графическая часть представляет собой 2-3 листа формата А3 чертежей, на которых должны быть отражены: генплан населенного пункта с нанесением распределительных сетей высокого (среднего) давления. На генплане необходимо указать условные диаметры газопроводов.

При разработке курсового проекта газоснабжения города или любого объекта административно-территориального деления определяют годовой и часовой расход газа по нормам на конец расчетного периода с учетом перспектив развития потребителей газа.

Расчетный период определяется планом перспективного развития города и составляет 20-25 лет.

Расход газа определяют отдельно для каждой категории потребителей:

- на коммунально-бытовые и санитарно-гигиенические нужды населения;
- на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение жилых и общественных зданий;
- на нужды промышленных предприятий.

Применение газа в качестве топлива позволяет значительно улучшить условия быта населения, оздоровить воздушный бассейн в городах и промышленных центрах. Потребление газа в городе или объекте административно-территориального деления зависит от количества жителей, степени благоустройства населенного пункта, количества и мощности промышленных предприятий, климатических условий.

Учебно-методическое пособие основано на нормах и требованиях действующего законодательства и нормативных правовых актов федеральных органов исполнительной власти, прошедших государственную регистрацию в установленном законодательством порядке.

1.2. Последовательность выполнения курсового проекта

В содержание проекта входят:

1. Текстовая часть - пояснительная записка (объём 1,5 – 3,0 п. л.), которая должна включать в себя следующие разделы: введение; расчёт характеристик газообразного топлива; расчёт численности населения проектируемого объекта административно-территориального деления; расчёт потребления газа по зонам застройки; трассировка газопровода и определение рекомендуемого количества ГРП; подбор ГРП; определение расчётных расходов газа по участкам кольцевой сети; гидравлический расчёт газопровода; выводы; библиографический список.

2. Графическая часть (объём 2 листа формата А3) должна включать: генплан объекта административно-территориального деления (М 1:20000) с нанесением пунктов редуцирования газа производственных предприятий; расчётную схему кольцевого газопровода высокого (среднего) давления с указанием расходов, длин расчетных участков и диаметров.

Чтобы эффективно справиться с курсовым проектом, необходимо чётко определить последовательность его выполнения, а именно:

- 1) подобрать литературу, справочники и другие источники по теме проекта;
- 2) изучить необходимую литературу по теме, зафиксировать фактические данные;
- 3) определить структуру курсового проекта;
- 4) проанализировать литературу по теме проекта;
- 5) оформить введение и теоретическую часть курсового проекта;
- 6) оформить практическую часть курсового проекта (расчеты, таблицы, схемы и т.д.);
- 9) оформить заключение;
- 10) составить список используемой литературы;
- 12) оформить титульный лист;
- 13) представить работу руководителю к защите.

1.3. Выбор исходных данных

Для выполнения курсового проекта необходимо предварительно располагать следующими исходными данными:

- проектом планировки и застройки района города или объекта административно-территориального деления (генплан, приложение А);
- сведениями об охвате газоснабжением коммунально-бытовых нужд населения и о благоустройстве кварталов города или объекта административно-территориального деления;

- сведениями и характеристикой источников теплоснабжения с указанием их месторасположения на генплане;
- характеристикой промышленных предприятий с указанием их месторасположения на генплане (приложение А).

Студенту выдаются: генплан района города или объекта административно-территориального деления с указанием границ кварталов и места расположения промышленных предприятий; проект застройки кварталов.

Преобладающая этажность жилой застройки для всех вариантов принята:

кварталы с малоэтажной застройкой (от 1 до 2этажей);

кварталы с многоэтажной застройкой (от 3 до 9этажей).

Основные характеристики промышленных предприятий принимаются по данным таблицы 1.1 в соответствии с последней цифрой шифра зачётной книжки.

Таблица 1.1

Годовой расход газа промышленными предприятиями, млн. м³/год

Предприятие	Вариант										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Продолжительность работы
ПП-1	20,0	25,0	21,0	23,0	28,0	22,6	27,5	23,7	26,0	25,4	24
ПП-2	3,0	3,5	4,0	4,1	4,5	3,8	3,1	2,9	4,3	4,4	16
ПП-3	22,0	20,0	18,0	16,0	24,0	18,5	20,5	18,8	21,0	19,0	24
ПП-4	8,0	8,4	8,3	8,2	7,5	7,7	7,0	8,1	7,1	7,2	8
ПП-5	12,0	10,2	10,4	11,5	11,0	11,6	10,6	10,8	11,9	12,4	16
ПП-6	6,0	4,9	5,0	5,1	5,2	5,9	5,8	5,7	5,8	5,5	8

Название города студент выбирает самостоятельно в соответствии с первой буквой фамилии.

Климатические характеристики соответствующей местности студент выбирает самостоятельно по данным [3].

Охват населения коммунально-бытовыми услугами определяется в соответствии с таблицей 1.2 по предпоследней цифре шифра зачетной книжки.

Охват всех коммунально-бытовых услуг населения газоснабжением принимаем 100%. Источник газоснабжения и химический состав газа определяется по сумме двух последних цифр шифра зачётной книжки в соответствии с таблицей 1.3.

Таблица 1.2

Охват населения коммунально-бытовыми услугами в процентах от общего числа пользователей

Виды услуг	Варианты																			
	Кварталы с 1-2 этажной застройкой									Кварталы с 3-9 этажной застройкой										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Приготовление пищи в квартирах	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2. То же и горячей воды при наличии только газовой плиты	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. То же и горячей воды при наличии газового водонагревателя и газовой плиты	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Стирка белья в прачечных	56	50	47	54	49	58	60	46	40	52	27	30	28	33	24	26	32	29	31	25
5. Услуги предприятий бытового обслуживания: бань	85	90	79	87	91	89	80	92	88	86	17	22	11	19	23	21	12	24	20	18
- больниц	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
- столовых	50	53	52	60	70	66	71	62	55	58	90	99	100	91	98	93	95	88	97	96
-хлебозаводов	85	65	70	82	69	76	80	67	100	83	39	46	51	53	49	54	42	52	56	50

Таблица 1.3

Источники и состав газоснабжения, в процентах

Номер варианта	Месторождение газа	Административный район	Состав газа по объему							
			CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	CO ₂	H ₂ S	N ₂
0	Урицкое	Саратовская область	91,2	2,8	0,9	0,6	0,7	0,5	-	3,3
1	Степановское	Саратовская область	95,1	2,3	0,7	0,4	0,8	0,2	-	0,5
2	Елшанское	Саратовская область	93,4	2,1	0,8	0,4	0,3	0,3	-	2,7
3	Линевское	Волгоградская область	87	5,7	1,1	0,8	0,3	1,24	0,06	3,8
4	Абрамовское	Волгоградская область	97	0,2	0,07	0,03	-	0,1	-	2,6
5	Саушинское	Волгоградская область	98,5	0,34	0,1	0,03	-	0,03	-	1
6	Жирновское	Волгоградская область	81,6	6,5	3	1,9	1,4	4	0,1	1,5
7	Ленинградское	Краснодарский край	86,9	6	1,6	1	0,5	1,2	-	2,8
8	Ключевское	Краснодарский край	78,5	6	6,5	4,8	3,6	0,2	-	0,4
9	Березовское	Тюменская область	95,1	1,1	0,3	0,06	0,04	0,4	-	3
10	Ямбургское	Тюменская область	95,2	0,04	0,006	0,001	0,1	0,3	-	4,353
11	Бованенковское	Тюменская область	87,19	3,98	1,34	0,75	0,23	1,73	-	4,78
12	Пунгинское	Тюменская область	86,1	2	0,6	0,34	0,35	8,5	-	2,11
13	Медвежье	Тюменская область	99	0,1	0,005	-	-	0,095	-	0,8
14	Заполярное	Тюменская область	98,5	0,2	0,05	0,012	0,001	0,5	-	0,737
15	Уренгойское	Тюменская область	97,64	0,1	0,01	-	-	0,3	-	1,95
16	Уренгойское	Тюменская область	97,84	0,1	0,03	0,02	0,01	0,3	-	1,7
17	Уренгойское, БУ-8	Тюменская область	88,3	5,3	2,4	1,0	2,52	-	-	0,48
18	Ямал	Тюменская область	78,97	4,53	2,34	1,02	0,27	1,02	-	11,85

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОЛЬЦЕВОГО ГАЗОПРОВОДА

2.1. Расчет газопотребления

При разработке курсового проекта газоснабжения города или любого объекта административно-территориального деления определяют годовой и часовой расходы газа по нормам на конец расчетного периода с учётом перспектив развития населённого пункта.

Расчетный период определяется планом перспективного развития города и составляет 20-25 лет.

Расход газа определяют отдельно для каждой категории потребителей:

- на коммунально-бытовые и санитарно-гигиенические нужды населения;
- на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение жилых и общественных зданий;
- на нужды промышленных предприятий.

Расчёт расхода газа городом (объектом административно-территориального деления) на бытовые, коммунальные и общественные нужды представляет собой сложную задачу, так как количество газа, расходуемого этими потребителями, зависит от ряда факторов: газооборудования, благоустройства и населённости квартир, газооборудования городских учреждений и предприятий, степени обслуживания населения этими учреждениями и предприятиями, охвата потребителей централизованным горячим водоснабжением, и от климатических условий. Большинство приведённых факторов не поддаётся точному учёту, поэтому потребление газа рассчитывают по средним нормам (приложение Б), разработанным в результате многолетнего опыта. Потребление газа в городе или объекте административно-территориального деления зависит от количества жителей, степени благоустройства населенного пункта, количества и мощности промышленных предприятий, климатических условий.

2.2. Определение численности населения

Расход газа на коммунально-бытовые и теплофикационные нужды города или населенного пункта зависит от числа жителей. Если число жителей кварталов или района не указано, его можно определить по формуле:

$$N = F \cdot П,$$

где F – площадь кварталов определенной степени застройки (измеряется по генплану), га;

$П$ – плотность населения, чел/га.

Расчётная плотность населения микрорайона при многоэтажной комплексной застройке и средней жилищной обеспеченности 20 м^2 на 1 чел. не должна превышать 450 чел/га.

В курсовом проекте можно принять плотность населения:
 -в кварталах с 3-9 этажной застройкой – 350-400 чел/га;
 -в кварталах с 1-2 этажной застройкой – 150-200 чел/га.
 Результаты расчёта сводятся в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Численность населения района города

№ п/п	Район	Площадь жилой застройки, П, чел/га	Численность жителей, N, тыс. жителей
1			
2			

2.3. Определение параметров газа

Теплоту сгорания газа, Q_n^c , кДж/м³, определяют как сумму произведений величин теплоты сгорания горючих компонентов [4] на их собственные доли по формуле:

$$Q_n^c = 0,01 \sum_i^n y_i \cdot Q_{ni}^c,$$

где y_i – объёмная доля горючего компонента, %;

Q_{ni}^c – низшая теплота сгорания сухого горючего компонента, кДж/м³.

Плотность газа, ρ^c , кг/м³, определяют как сумму произведений плотности компонентов на их объёмные доли, то есть:

$$\rho^c = 0,01 \sum_i^n y_i \cdot \rho_i^c,$$

Так как используемый газ может быть влажным, то может возникнуть необходимость в пересчёте $Q_{ni}^c, \rho_i^{cми}$ на рабочий состав Q_{ni}^p и ρ_i^p (с учётом влажности газа). Это легко выполнить с помощью следующих формул для пересчёта:

$$CH_n^p = K \cdot CH_n^c,$$

$$N_2^p = K \cdot N_2^c,$$

$$H_2O^p = \left(\frac{d}{0,804} \right) \cdot K \cdot 100,$$

$$\rho^p = (\rho^c + d) \cdot K,$$

$$Q_n^p = Q_n^c \cdot K.$$

Здесь коэффициент пересчёта, K , определяют по формуле:

$$K = \frac{0,804}{0,804 + d}.$$

В приведённых формулах:

d – влагосодержание газа, выраженное в кг на 1 м³ сухого газа при 0°С и 101,3 кПа (нормальные физические условия);

0,804 – плотность водяного пара при нормальных физических условиях.

Влагосодержание газа, d , определяется по [4, 5] в зависимости от средней температуры наружного воздуха за отопительный период.

2.4. Определение годового расхода газа на коммунально-бытовые нужды

Расход газа на коммунально-бытовые нужды составляет 10-15% от общего потребления газа городом. К коммунально-бытовым потребителям относятся квартиры жилых домов, лечебные заведения, предприятия бытового обслуживания населения, хлебопекарные предприятия. Точный расчёт расхода газа сложен, поэтому потребление газа определяют по усреднённым нормам, полученным на основании статистических данных (приложение Б).

Годовой расход газа на коммунально-бытовые нужды населения определяется в зависимости от числа потребителей, средней нормы годового расхода газа с учётом охвата газоснабжением коммунально-бытовых нужд населения и охвата населения соответствующими услугами, нормативов предоставления услуг.

В общем случае для определения годового расхода газа на коммунально-бытовые нужды, Q_y , м³/год, можно воспользоваться следующей зависимостью:

$$Q_y = \sum_{i=1}^n N \cdot S \cdot y \frac{Q_{\text{норм}}}{Q_n^p},$$

где n – количество категорий коммунальных потребителей;

N – численность населения, тыс. чел.;

S – число расчётных потребителей на 1 тыс. жителей;

y – охват газоснабжением коммунально-бытовых услуг, д.ед.;

$Q_{\text{норм}}$ – норма расхода газа на данный вид коммунальных услуг, кДж/м³;

Q_n^p – низшая теплота сгорания рабочего состава газа, кДж/м³.

Наименование расчётных потребителей для каждой категории потребителей указано во второй колонке таблицы приложения Б. Количество расчётных потребителей для каждой категории определяется отдельно. Так, для потребления газа в квартирах, S , определяется произведением 1000 на степень охвата населения соответствующей услугой Z в долях единицы:

$$S = 1000 \cdot Z.$$

При определении количества расчётных потребителей для других категорий потребителей пользуются следующей зависимостью:

$$S = 1000 \cdot Z \cdot W,$$

где W – ориентировочный норматив соответствующих услуг.

Ориентировочный норматив накопления белья для стирки:

$$W_n = 100 \text{ т. белья} / 1000 \text{ чел.}$$

При этом учитывается, какая доля Z от накопленного белья в какой прачечной (механизированной или немеханизированной) стирается.

Остальное бельё стирается в домашних условиях, причём расход тепла для этой цели предусмотрен в нормах для жилых зданий.

Ориентировочный норматив

-для бань: $W_6=52000$ помывок в год на 1000 жителей;

-для предприятий общественного питания: $W=360$ обедов+завтраков (ужинов) в год на 1 человека;

-для учреждений здравоохранения: $W=12$ коек на 1000 жителей;

-для хлебозаводов и пекарен: $W_{хз} = (0,6 \dots 0,8 \text{ т. на } 1000 \text{ чел.}) \cdot 365$.

Годовые расходы газа на нужды предприятий торговли, предприятий бытового обслуживания непроизводственного характера и т.п. следует принимать в размере до 5% суммарного расхода газа на жилые дома.

Результаты расчётов по формуле сводим в таблицу 2.2.

2.5. Определение часового расхода газа на коммунально-бытовые нужды

Максимальный расчетный часовой расход газа Q_d^h при нормальных физических условиях на хозяйственно-бытовые нужды следует определять как долю годового расхода по формуле:

$$Q_d^h = K_{max}^h \cdot Q_y, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где Q_y – годовой расход газа, $\text{м}^3/\text{ч}$; K_{max}^h – коэффициент часового максимума, принимается дифференцировано по каждому району газоснабжения в зависимости от числа потребителей.

Коэффициент часового максимума обратно пропорционален периоду, в течение которого расходуется годовой ресурс газа при максимальном его потреблении, т.е.:

$$K_{max}^h = \frac{1}{m},$$

где m - число часов использования максимума.

Часовой расход газа определяют отдельно:

- для мелких потребителей – равномерно распределённая нагрузка по сети среднего (низкого) давления;

- для крупных коммунальных предприятий – сосредоточенные потребители газа низкого (среднего) ($Q_d^h \leq 50 \text{ м}^3/\text{час}$) или высокого ($Q_d^h > 50 \text{ м}^3/\text{час}$) давления.

Число крупных коммунально-бытовых потребителей (бани, больницы и т.д.) студент определяет самостоятельно, по одному на каждую категорию. Расчётные часовые расходы для рассматриваемого примера сводим в таблицу 2.3.

Таблица 2.2

Годовой расход газа районом города на коммунально-бытовые нужды

№ п/п	Вид услуг	Расчётный потребитель	Норма годового расхода на расчётного потребителя, <i>Q_{норм}</i>		Расчётный норматив потребле- ния, <i>m</i>	Район застройки				Годовой расход газа, млн.м³
			МДж	м³		Степень охвата населения услугами, <i>Z</i> , д.ед.	Степень охвата услуг газоснаб- жения, <i>y</i> , д.ед.	Кол-во расчётных потребителей, <i>S</i> , на 1 тыс. жит.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	При наличии в квартире газовой плиты и централизованного горячего водоснабжения									
2	При наличии в квартире газовой плиты и водонагревателя (при отсутствии централизованного горячего водоснабжения)									
3	При наличии в квартире газовой плиты и отсутствии централизованного горячего водоснабжения и газового водонагревателя при газоснабжении									
Итого										
4	Стирка белья в немеханизированных прачечных									
5	То же в механизированных прачечных									
6	Бани									
7	Предпр. бытового обслуживания, торговли и т. д.									
8	Больницы									
9	Предприятия общественного питания									
10	Хлебозаводы									
Всего										
5% суммарного расхода газа на жилые дома										

Таблица 2.3

Расчётные часовые расходы на коммунально-бытовые нужды

№ п/п	Наименование потребителей	Район застройки			
		Число потребителей, тыс.	Коэффициент часового максимума, K_{max}^h	Часовой расход, Q_d^h , м ³ /час	
				общий	удельный
1	Мелкие коммунально- бытовые				
2	Крупные коммунально- бытовые				
3	Бани				
4	Больницы				
5	Хлебозаводы				
6	Механизиро- ванные прачечные				
7	Итого:				

2.6. Определение расхода газа на нужды теплоснабжения

Расход газа на нужды теплоснабжения зависит главным образом от температуры наружного воздуха, количества и типа отапливаемых зданий и определяется тепловыми нагрузками, рассчитанными по методике, приведённой в [5].

2.6.1. Определение часового расхода газа на нужды теплоснабжения

При разработке проектов газоснабжения городов при отсутствии конкретных теплотехнических характеристик застройки допускается определять расчётные годовые расходы газа по укрупнённым показателям.

Расход газа на отопление и вентиляцию жилых общественных зданий можно определить по формуле

$$Q_h^{OB} = [1 + K(1 + K_1)]q \frac{F_{ж}}{\eta Q_H^P}, \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где K , K_1 – коэффициенты, учитывающие расходы теплоты на отопление и вентиляцию общественных зданий, при отсутствии данных принимаются равными 0,25 и 0,4;

q – укрупнённый показатель максимального часового расхода теплоты на отопление жилых зданий, Дж/ч на 1 м² жилой площади, таблица 2.4;

η – КПД отопительной системы: 0,85 – для котельных, %;

$F_{ж}$ – жилая площадь отапливаемых зданий, м².

Расчётный часовой расход газа на нужды горячего водоснабжения определяется по формуле:

$$Q_h^B = K_2 q_r N \frac{1}{\eta Q_H^P}, \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где K_2 – коэффициент, учитывающий суточную неравномерность разбора горячей воды: для квартала с баками-аккумуляторами $K_2=1,0$, для квартир без баков-аккумуляторов $K_2=3,0$;

N -число жителей, пользующихся централизованным горячим водоснабжением, чел;

q_r - укрупнённый показатель максимального часового расхода теплоты на нужды горячего водоснабжения, принимается по таблице 2.5 [6] в зависимости от нормы расхода горячей воды на 1 человека в сутки 1260кДж/(чел.·час);

Таблица 2.4

Значения укрупнённого показателя q , кДж/ч на 1м^2

Показатель	Расчётная температура наружного воздуха для проектирования отопления, $t_{\text{н.о.}}$, °C				
	0	-10	-20	-30	-40
Укрупнённый показатель q , кДж/(ч.м ²)	335	461	544	628	670

Таблица 2.5

Значения укрупнённого показателя q_r , л на 1 чел в сут. на 1м^2

Показатель	Средние за отопительные периоды нормы расхода воды на горячее водоснабжение, л на 1 чел в сут.					
	80	90	100	110	120	130
Укрупнённый показатель $q_{\text{гв}}$, кДж/(ч · чел)	1050	1150	1260	1360	1470	1570

Результаты расчётов сводим в таблицу 2.6.

Таблица 2.6

Определение часового расхода газа на нужды теплоснабжения

№ п/п	Район	Часовой расход газа, м³/ч				в том числе по источникам теплоснабжения			
		Отопление и вентиляция зданий		Горячее водоснабжение		Всего Q_h^T	ТЭЦ $Q_h^{ТЭЦ}$	РОК $Q_h^{РОК}$	Инд. $Q_h^И$
		$F_{ж}, \text{ тыс.м}^2$	$Q_h^{ОВ}$	$N, \text{ тыс.чел}$	$Q_h^{ГВ}$				
Итого:									

2.6.2. Определение годового расхода газа на нужды теплоснабжения

Годовой расход газа на нужды теплоснабжения определяют на основании данных о часовом потреблении по формуле:

$$Q_{\text{Yi}}^T = m_i Q_{\text{hi}}^T,$$

где m_i - количество часов использования максимума для i -го вида нагрузки.

Для отопительно-вентиляционной нагрузки значение m определяется по формуле, ч/год:

$$m_{\text{ов}} = n_0 \cdot \left[24 \cdot \frac{1 + K}{1 + K + K \cdot K_1} \cdot \left(\frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{оп}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{ро}}} \right) + Z \cdot \frac{K \cdot K_1}{1 + K + K \cdot K_1} \right] \cdot \left(\frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{оп}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{ро}}} \right)$$

где n_0 – продолжительность отопительного периода, сут.;

$t_{\text{вн}}$ – расчётная температура внутреннего воздуха, °С;

$t_{\text{оп}}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С;

$t_{\text{ро}}$ – средняя температура наружного воздуха самой холодной пятидневки, °С;

$t_{\text{ро}}$ – средняя температура наружного воздуха для проектирования систем вентиляции, °С;

Z – количество часов работы системы вентиляции (при отсутствии данных принимаем $Z=16$).

Использование годового максимума для систем горячего водоснабжения определяют по формуле:

$$m_{\text{гв}} = \frac{24}{K_2} [n_0 + (350 - n_0) \cdot \beta], \frac{\text{ч}}{\text{год}}.$$

Коэффициент, учитывающий снижение расхода горячей воды летом и повышение температуры холодной воды, β , определяют по формуле:

$$\beta = \beta' \frac{60 - t_{\text{хл}}}{60 - t_{\text{хз}}},$$

где β' – коэффициент, учитывающий снижение расхода горячей воды летом (при отсутствии данных $\beta' = 0,8$ за исключением курортных городов, где $\beta' = 1,0$);

$t_{\text{хл}}$, $t_{\text{хз}}$ – температура холодной водопроводной воды соответственно – летом и зимой ($t_{\text{хл}} = +15$ °С, $t_{\text{хз}} = +5$ °С).

Результаты расчётов сводим в таблицу 2.7.

Таблица 2.7

Годовой расход газа на нужды теплоснабжения

№ п/п	Район	Годовой расход газа			в том числе по источникам теплоснабжения		
		На отопление и вентиляцию	на горячее водоснабжение	общий	ТЭЦ	РОК	Индивидуальные

2.7. Определение расхода газа на нужды промышленных предприятий

2.7.1. Определение годового расхода газа

Годовой расход газа на технологические, отопительно-вентиляционные и другие нужды промышленных предприятий, Q_y^n , м³/год, в общем случае определяются по удельным расходам газа и объемам выпускаемой продукции по формуле:

$$Q_y^n = \frac{q_p}{Q_H^p} \cdot \frac{M}{\eta},$$

где q_p – удельный расход газа на единицу продукции, кДж;

M – годовой объем выпускаемой продукции.

В курсовом проекте общий годовой расход газа на нужды промышленных предприятий задан. Наименование предприятий студент может определить самостоятельно.

Годовой расход газа на технологические и отопительно-вентиляционные нужды промышленных предприятий определяют из соотношения:

$$\frac{Q_y^{пт}}{Q_y^{п.ов.}} = A$$

Для предприятий, работающих в 1 смену $A=0,65 \div 0,75$; для предприятий, работающих в 2 смены $A=0,5 \div 0,65$; для предприятий с непрерывным технологическим процессом $A=0,70 \div 0,80$ [7].

Распределение годового расхода газа на промышленное производство сводим в таблицу 2.8.

Таблица 2.8

Годовой расход газа промышленными предприятиями

№ п/п	Наименование предприятия	Шифр на схеме	Годовой расход газа, млн. м ³ /год		
			Общий щй Q_y^n	В том числе на	
				На технологические нужды	На отопительные нужды
Итого					

2.7.2 Определение часового расхода газа

Расход газа на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение промышленных предприятий принимают по соответствующим проектам.

Расчётный часовой расход газа на технологические и отопительно-вентиляционные нужды промышленных предприятий, $Q_h^{П,i}$, м³/ч, следует определять как долю годовых по формуле:

$$Q_h^{П,i} = \frac{Q_Y^{П}}{m_{n,i}}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $m_{n,i}$ - количество часов использования максимума для данного вида нагрузки.

Число часов использования максимума промышленных предприятий зависит от вида производства, технологического процесса, соотношения технологической и отопительной нагрузок. Число часов использования максимума для промышленных предприятий ориентировочно можно принять по [1,8]:

-для предприятий, работающих в три смены с непрерывным технологическим процессом $m_{n,m} = 6000 \div 7000$ ч/год;

-для предприятий, работающих в две смены $m_{n,m} = 4500 \div 5000$ ч/год;

-для предприятий, работающих в одну смену $m_{n,m} = 4500 \div 5000$ ч/год.

Число часов использования максимума для отопительных, $m_{п.о.в.}$, определяют по формуле:

$$m_{п.о.в.} = 24 \cdot n_o \frac{t_{вн} - t_{о.п.}}{t_{вн} - t_{р.о.}}$$

Расчетный часовой расход газа на дежурное отопление, $Q_{деж}^{П} \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$, определяют как часть расчетного расхода газа на отопление по формуле:

$$Q_{деж}^{П} = K_d Q_h^{ПОВ},$$

где $Q_h^{ПОВ}$ - расчетный расход газа на отопление, м³/ч.

Коэффициент K_d учитывает расход газа на отопление в нерабочее время для поддержания температуры и рассчитывается по формуле:

$$K_d = \frac{t_B^o - t_{PO}}{t_B - t_{PO}},$$

где t_B - температура внутреннего воздуха в рабочее время, принимают $t_B = 16 \div 20$ °С.

Результаты расчёта сводим в таблицу 2.9.

Таблица 2.9

Часовой расход газа промышленными предприятиями

№ п/п	Шифр.	Кол-во часов использования максимума		Расчетный часовой расход газа, м ³ /ч		Расход газа на дежурное отопление, м ³ /ч	Общий часовой расход газа, м ³ /ч
		$m_{п.т}$	$m_{п.ов}$	На технологию	На отопление		
1	ПП						
Итого:							

3. РЕЖИМ ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ (РАЙОНА) ГОРОДА

Все городские потребители (бытовые, коммунальные, общественные и промышленные) потребляют газ неравномерно. Указанная неравномерность имеет место быть по месяцам года, дням недели, календарным дням, а также по часам суток.

В зависимости от периода, в течение которого потребление принимают постоянным, различают:

- 1) сезонную неравномерность, или неравномерность по месяцам года;
- 2) суточную неравномерность, или неравномерность по дням недели, месяца или года;
- 3) часовую неравномерность, или неравномерность по часам суток или часам года.

Режим расхода газа городом зависит от режима отдельных категорий потребителей и их удельного веса в общем потреблении.

Неравномерность расхода газа отдельными категориями потребителей определяется укладом жизни населения, режимом работы предприятий, учреждений и лечебных заведений, климатическими условиями, характеристикой газооборудования зданий и промышленных цехов.

В большинстве случаев теоретический учёт влияния отдельных факторов на неравномерность потребления оказывается невозможным. Наиболее достоверный путь – это накопление и систематизация опытных данных в течение длительного периода. Только при достаточном количестве экспериментального материала можно говорить о надёжных сведениях по режимам потребления.

Неравномерность потребления оказывает большое влияние на экономические показатели систем газоснабжения. Наличие пиков и провалов в потреблении газа приводит к неполному использованию мощностей газовых промыслов и пропускной способности магистральных газопроводов, что повышает себестоимость газа, приводит к необходимости строительства подземных хранилищ и создания потребителей-регуляторов, что связано с дополнительными капитальными вложениями в газотранспортные системы и топливные хозяйства потребителей. Суммарные годовые графики потребления газа городами и экономическими районами являются основой для планирования добычи газа, а также для выбора и обоснования мероприятий, обеспечивающих регулирование неравномерности потребления газа. Решение проблемы неравномерности потребления позволяет обеспечить надёжность газоснабжения и повысить экономическую эффективность газоснабжающих систем. Режим расхода газа городом зависит от режима отдельных категорий потребителей и их удельного веса в общем потреблении.

Знание годовых графиков газопотребления имеет большое значение и для эксплуатации городских систем газоснабжения, так как позволяет правильно планировать спрос на газ по месяцам года, определять необходимую мощность городских потребителей-регуляторов, планировать проведение реконструкций и ремонтных работ на газовых сетях и их сооружениях. Используя провалы потребления газа для отключения отдельных участков газопроводов и газорегуляторных пунктов на ремонт, можно провести его без нарушения подачи газа потребителям.

Неравномерность газопотребления отрицательно сказывается на функционировании газотранспортных систем. Для сглаживания неравномерности потребления газа принимают разные способы, суть которых сводится к следующему:

- выравнивание режимных графиков расхода газа;
- покрытие пиковых нагрузок за счет других источников.

Оба указанных способа ведут к удорожанию транспорта и сбыта газа, снижают экономические показатели систем газоснабжения.

3.1. Сезонная неравномерность газопотребления

Сезонная неравномерность газопотребления по месяцам года зависит от наличия и удельного веса в общем балансе расходования газа отопительно-вентиляционной нагрузки.

Суммарные годовые графики газопотребления являются основой планирования работы газовых промыслов и магистральных газопроводов, обеспечивающих регулирование неравномерности газопотребления.

Расход газа каждой категорией городских потребителей за месяц может быть определен как доля годового по формуле, млн. м³/мес.:

$$Q_{мес}^i = \alpha_{мес}^i Q_{год}^i,$$

где $\alpha_{мес}^i$ - доля месячного расхода i -й категорией потребителей в годовом балансе.

Значения $\alpha_{мес}^{К.б}$ для коммунально-бытовых потребителей приведены в [8] и в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Усреднённые доли месячных расходов газа
на коммунально-бытовые нужды, % годового потребления

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
10,24	9,22	9,65	8,70	7,90	7,30	5,93	5,96	7,35	8,53	8,91	8,91

Значения $\alpha_{\text{мес}}^{\text{О.В.}}$ для отопительно-вентиляционной нагрузки определяют по формуле:

$$\alpha_{\text{мес}}^{\text{О.В.}} = \frac{(t_B - t_{\text{с.мес}})n_{\text{о.мес}}}{\sum_{i=1}^n (t_B - t_{\text{с.мес}})n_{\text{о.}}},$$

где $t_{\text{с.мес}}$ - среднемесячная температура наружного воздуха, °С, принимается по [3];

$n_{\text{о.мес}}$ - количество отопительных дней в месяце.

Значения $\alpha_{\text{мес}}^{\text{П.Т.}}$ на технологические нужды промышленных предприятий и электростанций можно определить по формуле:

$$\alpha_{\text{мес}}^{\text{П.Т.}} = \frac{n_{\text{р.мес}}}{n_{\text{р.год}}},$$

где $n_{\text{р.мес}}$ $n_{\text{р.год}}$ - количество рабочих дней, соответственно, в месяце и в году.

3.2. Часовая неравномерность газопотребления

Городские газовые сети рассчитывают на максимальные часовые расходы газа, которые можно определить, только располагая достаточно надёжными сведениями о часовых колебаниях потребления газа.

Знание суточных графиков необходимо также для правильной эксплуатации газовых сетей и установок и расчёта аккумулирующей ёмкости для выравнивания суточного графика.

Наибольшей часовой неравномерностью расходования газа отличаются бытовые и коммунальные потребители.

Расход газа на нужды центрального отопления в течение суток остаётся практически неизменным. Газопотребление на технологические нужды промышленных предприятий зависит от характера технологических процессов и сменности работы.

3.3. Расчетный расход газа

Различие между максимальным часовым расходом газа, определённым по совмещённому суточному графику газопотребления, и суммой максимального часового расхода газа по отдельным категориям потребителей для большинства городов составляет 2-4 %.

Расчетный расход газа приводится в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Расчетный расход газа районом города

№ п/п	Шифр на схеме	Наименование потребителей	Расчётный расход газа, м ³ /ч		
			общий	в том числе на сети давления	
				высокого (среднего)	низкого
1		Мелкие коммунально-бытовые объекты (жилые дома, предприятия бытового обслуживания и т.д.)			
		Район			
		Итого:			
2		Крупные коммунально-бытовые объекты			
		Бани			
		Больницы			
		Хлебозаводы			
		Прачечные			
3		Источники теплоснабжения			
	РОК	Районная отопительная котельная			
	ТЭЦ	Теплоэлектроцентраль			
4		Промышленные предприятия			
	ПП				
Всего по городу					

Поскольку погрешность в 5 % при инженерных расчетах считается достаточной, на практике в качестве расчетного принимается максимальный часовой расход газа отдельными потребителями. Это приводит к незначительному удорожанию системы газоснабжения, однако повышает ее надежность за счёт большей пропускной способности сетей высокого давления.

4. ВЫБОР, ОБОСНОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

При выборе системы газоснабжения следует обратить внимание на следующие вопросы:

- определение оптимального количества источников питания сетей высокого (среднего) и низкого давлений;
- выбор структуры газовых сетей (тупиковые, кольцевые, смешанные);
- определение максимальных давлений в распределительных газопроводах и количество ступеней давления в системе.

Основные критерии для оценки систем газоснабжения – экономичность, надёжность, технологичность, проходимость сетей, взрывобезопасность, удобство в эксплуатации.

Городские системы газоснабжения присоединяются к магистральным газопроводам через ГРС (газораспределительные станции). Связь между газопроводами различных давлений осуществляется через ГРП (газорегуляторные пункты).

Выбор оптимального решения при проектировании систем газоснабжения надёжнее всего производить на основе технико-экономического сравнения вариантов.

4.1. Определение количества ГРС

Один из важных вопросов при разработке принципиальной схемы газоснабжения города – рациональное размещение газораспределительных станций (ГРС) и определение их оптимального количества. С увеличением количества ГРС уменьшаются нагрузки и радиус действия распределительных газопроводов, что приводит к существенному уменьшению их сечений. В соответствии с этим уменьшаются расход материалов и капиталовложения в городские сети высокого (среднего) давления. Помимо этого большее количество ГРС обеспечивает большую надёжность систем газоснабжения.

В тоже время следует иметь в виду, что с увеличением числа ГРС возрастают затраты на их сооружение и строительство магистральных газопроводов-вводов, увеличиваются эксплуатационные затраты за счет содержания обслуживающего персонала на ГРС.

При определении количества магистральных источников следует ориентироваться на следующее:

- а) для небольших городов с населением до 100-200 тыс. человек наиболее рациональными являются системы с одной ГРС;
- б) для городов с населением до 200-300 тыс. человек наиболее рациональными являются системы с двумя, тремя ГРС;
- в) для городов с населением до 300-500 тыс. человек наиболее экономичными являются системы с тремя ГРС.

4.2. Количество ступеней в сетях газораспределения

Выбор схемы газоснабжения (количество ступеней давления) производится исходя из следующих соображений: чем больше давление газа в газопроводе, тем меньше диаметр и стоимость, но зато усложняется прокладка сети: необходимо выдерживать большие расстояния до здания и сооружения, в силу чего не по всем улицам можно проложить сеть высокого давления. С увеличением количества ступеней давления в системе добавляются новые газопроводы и ГРП, но уменьшаются диаметры последующих ступеней давления.

По количеству ступеней давления в практике газоснабжения городов применяются:

- двухступенчатые системы, состоящие из сетей низкого и среднего или низкого и высокого (до 0,6 МПа) давления;

- трехступенчатые, включающие в себя газопроводы низкого, среднего и высокого (до 0,6 МПа) давления;

- многоступенчатые, состоящие из сетей низкого, среднего и высокого (до 0,6 МПа и до 1,2 МПа) давления.

Для посёлков и небольших городов с населением до 30-50 тыс. жителей могут использоваться одноступенчатые системы газоснабжения. Газ от ГРС поступает в сеть среднего или низкого давления и распределяется по территории города.

Для города с населением 50-250 тыс. чел. рекомендуются двухступенчатые системы газоснабжения, в которых газ от ГРС по сети среднего или высокого давления подаётся к ГРП и крупным потребителям, а от ГРП по сети низкого давления распределяется по территории города. Давление в первой ступени при снабжении природным газом составляет обычно 0,3 МПа или 0,6 МПа. Среднее давление применяется только в случае невозможности прокладки газопроводов высокого давления. Такой случай может возникнуть при газоснабжении старых городов с плотной застройкой или при реконструкции системы газоснабжения.

Если застройка города неоднородна и характеризуется различной плотностью, применяются трехступенчатые системы газоснабжения с прокладкой газопроводов низкого и среднего давлений в районах, где нельзя проложить сети высокого давления (обычно центральная часть старых городов и малоэтажная застройка), и высокого давления в районах новой застройки. Для городов с населением более 250 тыс. чел. Рекомендуются трёхступенчатые системы газоснабжения. Вокруг города прокладывается распределительный газопровод высокого давления, служащий для подачи газа в отдельные районы города и к крупным промышленным предприятиям. Газ из сетей первой ступени ($P = 1,2$ МПа или 0,6 МПа) давления через пункты редуцирования газа высокого давления подаётся в сеть второй ступени ($P = 0,3$ МПа), служащую для подачи газа к городским ГРП, мелким, средним промышленным и некото-

рым коммунальным предприятиям и индивидуальным потребителям. Из ГРП газ по сети низкого давления распределяется по всей территории застройки [8].

Многоступенчатые системы применяются только в крупных городах с числом жителей выше 1 млн. человек.

В курсовом проекте рекомендуется принимать двухступенчатую систему газоснабжения с одной ГРС с максимальным избыточным давлением на выходе из ГРС $P = 0,6$ МПа. Газ на ГРС очищается, одорируется, редуцируется до давления верхней ступени в городских сетях и подаётся в распределительные газопроводы. Расстояние от населённого пункта до ГРС принимается не более 1,5-2,0 км.

4.3. Выбор структурной схемы газовых сетей

Трассы газопроводов проектируют из условия минимальной протяжённости сети. При этом газопроводы высоких давлений рекомендуется прокладывать по окраинам города, где небольшая плотность населения и меньшее число подземных сооружений.

Сети низкого давления состоят из уличных распределительных газопроводов, абонентских ответвлений, подводящих газ к зданию, и внутридомовых газопроводов, которые распределяют газ между отдельными приборами внутри здания. Плотность распределительных газопроводов принимают такой, чтобы длина абонентских ответвлений до вводов в здания была 50-100 м. Жилые и общественные здания, коммунально-бытовые потребители, а также мелкие предприятия присоединяют непосредственно к распределительным газопроводам.

Для повышения надёжности газоснабжения сети кольцуют. Газопроводы низкого давления следует предусматривать кольцевыми с выделением главных направлений, т.е. таких направлений, по которым транспортируется основная часть транзитного расхода газа, а второстепенные (абонентские ответвления) выполнять тупиковыми разветвлёнными.

4.4. Выбор варианта подключения сосредоточенных потребителей

Вопрос о подключении сосредоточенных бытовых и промышленных объектов к газовым сетям играет важную роль при оптимизации системы газоснабжения. Правильное решение этой задачи обеспечивает некоторое снижение капитальных вложений в систему газоснабжения. До сих пор считается целесообразно подключать сосредоточенных потребителей с расходом газа до $50 \text{ м}^3/\text{час}$ к сетям низкого давления, а с расходом более $50 \text{ м}^3/\text{час}$ – к сетям среднего или высокого давления. Такой подход зачастую бывает ошибочным и влечет за собой перерасход средств.

Очевидно, что подключение сосредоточенных потребителей к сетям высокого давления приводит к увеличению протяженности последних, и требует сооружения газорегуляторного пункта (ГРП) или установки (ГРУ). Подключение к сетям низкого давления влечет за собой необходимость увеличения диаметров газопроводов от ГРП до расположения потребителя и требуемой производительности ГРП. Сравнение вариантов производится по капитальным вложениям в строительство газопроводов низкого и высокого давления и строительство ГРП. Варианты будут равноценными, если выполняется:

$$\frac{K_n}{K_o + K_r} = 1$$

где K_n , K_o – дополнительные капитальные вложения соответственно в сети низкого давления и в ответвлении высокого давления;

K_r – стоимость ГРП.

Если указанное соотношение меньше единицы, предпочтение следует отдавать подключению к сетям низкого давления, если больше единицы – к сетям высокого давления.

При разработке курсового проекта следует руководствоваться следующим:

к газопроводам низкого давления целесообразно подключать сосредоточенных потребителей с расходом газа до $500 \text{ м}^3/\text{ч}$, если диаметр трубы на выходе из ГРП не меньше 300 мм и потребитель расположен в непосредственной близости от ГРП;

если диаметр выхода из сетевого ГРП составляет 150-200 мм, к сетям низкого давления следует подключать потребителей с расходом газа до 200 м^3 ;

на участках с небольшими сосредоточенными нагрузками до $50 \text{ м}^3/\text{час}$ и с диаметром газопроводов 50-100 мм на выходе из ГРП потребителя выгоднее подключать к сетям низкого давления, а с расходом $100 \text{ м}^3/\text{час}$ и больше – к сетям высокого давления.

4.5. Определение оптимального числа газорегуляторных пунктов

Распределительные газопроводы низкого давления питаются от одного или нескольких газорегуляторных пунктов (ГРП). Сетевые ГРП предназначены для снижения давления газа с высокого или среднего до низкого ($P_{изб.} = 3$ или 5 кПа) и поддержания его на заданном уровне независимо от колебаний расхода газа.

Размещают ГРП, как правило, в специальных отдельно стоящих зданиях или шкафах на несгораемых опорах. Отдельно стоящие ГРП, ГРПБ и ШРП размещают с учётом исключения их повреждения от наезда транспорта, стихийных бедствий, урагана и др. Рекомендуется в пределах охранной зоны ГРП, ГРПБ и ШРП устанавливать ограждения, например из металлической сетки, высотой 1,6 м.

Количество ГРП должно определяться технико-экономическим расчётом, при этом должны приниматься во внимание издержки на строительство газопроводов высокого давления, K_a , сетевых ГРП, K_c , и сетей низкого давления, K_n .

Оптимальное число сетевых ГРП, n_{opt} , шт., определяют по [10]:

$$n_{opt} = \frac{Q_{pp}}{Q_{opt}},$$

где Q_{pp} – равномерно-распределительная нагрузка района, обслуживаемого гидравлически связанными сетями низкого давления, м³/ч.

Оптимальная нагрузка на один ГРП, Q_{opt} , м³/(ч·чел.), зависит от оптимального радиуса действия ГРП, R_{opt} , и удельной нагрузки на сети низкого давления, e :

$$Q_{opt} = \frac{\Pi R_{opt}^2 e}{5000}.$$

Удельный расход газа по сети низкого давления, e , м³/(ч·чел.) определяют по формуле:

$$R_{opt} = 1,38 \left(\frac{P}{e} \right)^{0,388} \cdot \frac{e = \frac{Q_{pp}}{N} \cdot \Delta P^{0,81}}{\varphi_1^{0,388} \cdot (P \cdot e)^{0,143}},$$

где P – стоимость одного газорегуляторного пункта, руб.;

ΔP – расчётный перепад давления во внутриквартальных сетях низкого давления;

Π – плотность населения по району действия ГРП, чел./га;

e – сложившийся на момент расчёта коэффициент стоимости, руб./(м см);

коэффициент плотности сетей низкого давления, φ_1 , 1/м:

$$\varphi_1 = 0,0075 + 0,003 \frac{\Pi}{100}.$$

При работе над курсовым проектом можно руководствоваться следующим: как правило, регуляторные пункты имеют пропускную способность от 1000 до 3000 м³/ч, радиус действия – от 400 до 800 м. Тип регуляторов давления, устанавливаемых в ГРП, можно определить по данным [9] или по номенклатурным сборникам заводов-изготовителей в зависимости от требуемой пропускной способности. Результаты определения оптимального количества ГРП сводятся в таблицу 4.1.

Таблица 4.1

Газорегуляторные пункты

Район	Равномерно распределённая нагрузка, м ³ /ч	Тип газорегуляторного пункта	Регулятор	Расход через 1 ГРП, м ³ /ч	Количе- ство ГРП

4.6. Конструктивные особенности газопроводов

Прокладку распределительных газопроводов следует предусматривать подземной. В обоснованных случаях допускается надземная прокладка газопроводов по стенам зданий внутри жилых домов и кварталов, а также на отдельных участках трассы, в том числе на участках переходов через искусственные и естественные преграды, при пересечении подземных коммуникаций.

При проектировании подземных газопроводов рекомендуется предусматривать полиэтиленовые трубы, за исключением случаев, когда по условиям прокладки, давлению и виду транспортируемого газа эти трубы применить нельзя.

Газопроводы из полиэтиленовых труб следует применять для подземной прокладки при давлении природного газа до 0,6 МПа включительно внутри поселений, до 1,2 МПа включительно – межпоселковые, и до 0,005 МПа включительно – для СУГ.

При прокладке полиэтиленовых газопроводов давлением до 0,3 МПа включительно на территориях городов и сельских населенных пунктов должны использоваться трубы и соединительные детали с коэффициентом запаса прочности не менее 2,7.

При прокладке полиэтиленовых газопроводов давлением свыше 0,3 до 0,6 МПа включительно на территориях городов и сельских населенных пунктов должны использоваться трубы и соединительные детали из полиэтилена ПЭ 100 с коэффициентом запаса прочности не менее 3,2. На территории сельских населенных пунктов при применении газопроводов из полиэтилена ПЭ 80 коэффициент запаса прочности следует принимать не менее 3,2 или из полиэтилена ПЭ 100 с коэффициентом запаса прочности не менее 2,6 при глубине прокладки не менее 0,9 м до верха трубы.

Для межпоселковых газопроводов при давлении газа свыше 0,3 до 0,6 МПа должны применяться трубы из ПЭ 80 с SDR не более SDR 11 или из ПЭ 100 с SDR не более SDR 13,6.

Не допускается прокладка газопроводов из полиэтиленовых труб для транспортирования газов, содержащих ароматические и хлорированные углеводороды, а также газопроводов СУГ, за исключением паровой фазы низкого давления, и при температуре стенки газопроводов в условиях эксплуатации ниже минус 20 °С.

При прокладке газопроводов давлением свыше 0,6 до 1,2 МПа включительно для межпоселковых газопроводов и в промышленной зоне населенных пунктов, а также в их незастроенной части, если это не противоречит схемам размещения объектов капитального строительства, предусмот-

ренным генеральным планом населенного пункта, следует применять трубы ПЭ 100 с коэффициентом запаса прочности не менее 2,0.

Глубина прокладки газопроводов должна быть не менее 1,0 м.

Газопроводы из стальных труб и их соединительные детали могут применяться для наружной и внутренней прокладки для всех давлений природного газа и до 1,6 МПа включительно – для СУГ [1].

Выбор материала труб, трубопроводной запорной арматуры, соединительных деталей следует производить с учетом давления газа, диаметра и толщины стенки газопровода, расчётной температуры наружного воздуха в районе строительства и температуры стенки трубы при эксплуатации, грунтовых и природных условий, наличия вибрационных нагрузок.

Толщину стенок труб следует определять расчетом и принимать ее номинальную величину равной значению ближайшей большей по ГОСТ (ТУ).

4.7. Рекомендации по проектированию схемы газоснабжения

На генплане города наносятся все потребители высокого давления. Размещать потребителей следует равномерно по территории города (определяется студентом самостоятельно).

Сетевые ГРП располагают в центре окружностей радиуса, равного радиусу действия ГРП. Источники теплоснабжения по возможности следует размещать в центре тепловых нагрузок.

При выборе трасс газопроводов следует стремиться к минимизации их протяжённости и прокладке в непосредственной близости от крупных промышленных предприятий и центральных источников теплоснабжения. Не рекомендуется трассировка сетей вне пределов застройки. Подземные газопроводы прокладывают по городским проездам. Рекомендуется предусматривать прокладку в технической зоне или в полосе зелёных насаждений. Газопроводы высокого давления следует прокладывать в районах с малой плотностью застройки и по проездам с малой насыщенностью другими подземными коммуникациями. Прокладка газопроводов по проездам с усовершенствованным дорожным покрытием, а также параллельно путям электрифицированных железных дорог на расстоянии менее 50 м не рекомендуется. Расстояния по горизонтали между подземными и другими сооружениями должны быть не менее величин, указанных в приложениях Б, В [1].

По рекомендациям [1] допускается укладка двух и более, в том числе стальных и полиэтиленовых, газопроводов в одной траншее на одном или разных уровнях (ступенями). В этих случаях, а также при прокладке проектируемого газопровода вдоль действующего газопровода высокого давления (свыше 0,6 МПа до 1,2 МПа) расстояние между газопроводами следует принимать исходя из условий возможности производства строительного-монтажных и ремонтных работ для стальных газопроводов диаметром

до 300 мм не менее 0,4 м, диаметром более 300 мм – не менее 0,5 м и не менее 0,1 м – для полиэтиленовых газопроводов.

При параллельной прокладке газопроводов расстояние между ними следует принимать как для газопровода большего диаметра. При пересечении газопроводом различных подземных инженерных сетей расстояние между ними по вертикали в свету должно быть не менее 0,2 м, при пересечении электрических сетей – в соответствии с указаниями правил устройства электроустановок (ПУЭ).

При пересечении газопроводами каналов теплосети, каналов и коллекторов различного назначения, тоннелей, их прокладывают в футлярах, выходящих на 2 м с каждой стороны от наружных стенок пересекаемых сооружений; при этом должен выполняться обязательный контроль всех сварных стыков в пределах пересечения и по 5 м в стороны от наружных стенок неразрушающими методами.

При пересечении автомобильных дорог газопровод заключается в футляр.

Глубина укладки газопровода (от подошвы шпалы до верха футляра) принимается под магистральными железнодорожными путями не менее 1,5 м, а под железнодорожными ветками промышленных предприятий и трамвайными путями – не менее 1 м. Глубина укладки газопровода под автомагистралями – не менее 1 м от полотна дороги до верха футляра. На одном конце футляра должна быть установлена контрольная трубка, выведенная под защитное устройство. Газопроводы, транспортирующие влажный газ, укладывают ниже зоны сезонного промерзания грунта с уклоном 2‰ (промилле) и установкой конденсатосборников в низших точках.

На планах газопроводов наносят и указывают: существующие и проектируемые здания (сооружения) в виде упрощённых контурных очертаний сплошной тонкой линией; привязку газопроводов к осям проектируемых зданий (сооружений); инженерные сети другого назначения, влияющие на прокладку проектируемых газопроводов; диаметры и толщины проектируемых газопроводов до и после точек их изменения; номера пикетов (ПК); сооружения на газопроводах, например, колодцы, конденсатосборники, контрольно-измерительные пункты, электрические переключки, электроизолирующие фланцевые соединения и электрические защиты: катодные, протекторные, электродренажные. Оформление графической части проекта должно отвечать требованиям [11, 12].

5. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ГАЗОПРОВОДА

5.1. Общие положения гидравлического расчёта

Расчётные внутренние диаметры газопроводов необходимо определять гидравлическим расчётом из условия обеспечения бесперебойного газоснабжения всех потребителей в часы максимального потребления газа.

Гидравлический расчёт газопроводов следует выполнять, как правило, на компьютере, с оптимальным распределением расчётных потерь давления между участками сети.

При невозможности или нецелесообразности выполнения расчёта на компьютере (отсутствие соответствующей программы, отдельные участки газопроводов и т.п.) гидравлический расчёт допускается производить по приведённым ниже формулам или номограммам, составленным по этим формулам (приложениеБ, [8]).

Расчётные потери давления в газопроводах высокого и среднего давления следует принимать в пределах категории давления, принятой для газопровода.

Расчётные суммарные потери давления газа в газопроводах низкого давления (от источника газоснабжения до наиболее удалённого прибора) следует принимать не более 180 даПа, в том числе в распределительных газопроводах – 120 даПа, в газопроводах-вводах и внутренних газопроводах – 60 даПа.

Значения расчётной потери давления газа при проектировании газопроводов всех давлений для промышленных, сельскохозяйственных и бытовых предприятий и предприятий коммунально-бытового обслуживания принимаются в зависимости от давления газа в месте подключения с учётом технических характеристик принимаемого к установке газового оборудования, устройств автоматики регулирования технологического режима тепловых агрегатов.

Пропускная способность газопроводов может приниматься из условий создания при максимально допустимых потерях давления газа наиболее экономичной и надёжной в эксплуатации системы, обеспечивающей устойчивость работы пунктов редуцирования газа, а также работы горелок потребителей в допустимых диапазонах давления газа.

Падение давления на участке газовой сети можно определять:

-для сетей среднего и высокого давлений по формуле

$$P_{\text{н}}^2 - P_{\text{к}}^2 = \frac{P_0}{81\pi^2} \lambda \frac{Q_0^2}{d^5} \rho_0 l = 1,2687 \cdot 10^{-4} \lambda \frac{Q_0^2}{d^5} \rho_0 l, \quad (5,1)$$

где $P_{\text{н}}$ - абсолютное давление в начале газопровода, МПа;

$P_{\text{к}}$ - абсолютное давление в конце газопровода, МПа;

$P_0 = 0,101325$ МПа;

λ - коэффициент гидравлического трения;
 l - расчетная длина газопровода постоянного диаметра, м;
 d - внутренний диаметр газопровода, см;
 ρ_0 - плотность газа при нормальных условиях, кг/м³;
 Q_0 - расход газа, м³/ч, при нормальных условиях;
 - для сетей низкого давления по формуле

$$P_H - P_K = \frac{10^6}{162\pi^2} \lambda \frac{Q_0^2}{d^5} \rho_0 l = 626,1 \lambda \frac{Q_0^2}{d^5} \rho_0 l, \quad (5.2)$$

где P_H - давление в начале газопровода, Па;
 P_K - давление в конце газопровода, Па;
 $\lambda, l, d, \rho_0, Q_0$ - обозначения те же, что и в формуле (5.1).

Коэффициент гидравлического трения λ определяется в зависимости от режима движения газа по газопроводу, характеризуемого числом Рейнольдса,

$$Re = \frac{Q_0}{9\pi d v} = 0,0354 \frac{Q_0}{d v}, \quad (5.3)$$

где v - коэффициент кинематической вязкости газа, м²/с, при нормальных условиях;

Q_0, d - обозначения те же, что и в формуле (5.3), и гидравлической гладкости внутренней стенки газопровода, определяемой по условию (5.4),

$$Re = \left(\frac{n}{d} \right) < 23, \quad (5.4)$$

где Re - число Рейнольдса;

n - эквивалентная абсолютная шероховатость внутренней поверхности стенки трубы, принимаемая равной для новых стальных - 0,01 см, для бывших в эксплуатации стальных - 0,1 см, для полиэтиленовых независимо от времени эксплуатации - 0,0007 см;

d - обозначение то же, что и в формуле (5.1).

В зависимости от значения Re коэффициент гидравлического трения λ определяется:

- для ламинарного режима движения газа $Re \leq 2000$

$$\lambda = \frac{64}{Re}; \quad (5.5)$$

- для критического режима движения газа $Re = 2000-4000$

$$\lambda = 0,0025 Re^{0,333}; \quad (5.6)$$

- при $Re > 4000$ - в зависимости от выполнения условия (5.4);

- для гидравлически гладкой стенки (неравенство (5.4) справедливо):

- при $4000 < Re < 100000$ по формуле:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}; \quad (5.7)$$

- при $Re > 100000$

$$\lambda = \frac{1}{(1,82 \lg Re - 1,64)^2}; \quad (5.8)$$

- для шероховатых стенок (неравенство (5.4) несправедливо) при $Re > 4000$

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{n}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (5.9)$$

где n - обозначение то же, что и в формуле (5.2);

d - обозначение то же, что и в формуле (5.1).

Расчетный расход газа на участках распределительных наружных газопроводов низкого давления, имеющих путевые расходы газа, следует определять как сумму транзитного и 0,5 путевого расходов газа на данном участке.

Падение давления в местных сопротивлениях (колена, тройники, запорная арматура и др.) допускается учитывать путем увеличения фактической длины газопровода на 5-10%.

Для наружных надземных и внутренних газопроводов расчетную длину газопроводов определяют по формуле (5.10)

$$l = l_1 + \frac{d}{100\lambda} \sum \xi, \quad (5.10)$$

где l_1 - действительная длина газопровода, м;

$\sum \xi$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений участка газопровода;

d - обозначение то же, что и в формуле (5.1);

λ - коэффициент гидравлического трения, определяемый в зависимости от режима течения и гидравлической гладкости стенок газопровода по формулам (5.5)-(5.9).

При расчете газопроводов низкого давления учитывается гидростатический напор H_g , даПа, определяемый по формуле (5.11)

$$H_g = \pm \lg h(\rho_a - \rho_0), \quad (5.11)$$

где g - ускорение свободного падения, $9,81 \text{ м/с}^2$;

h - разность абсолютных отметок начальных и конечных участков газопровода, м;

ρ_a - плотность воздуха, кг/м^3 , при температуре 0°C и давлении $0,10132 \text{ МПа}$;

ρ_0 - обозначение то же, что в формуле (5.1).

Расчет кольцевых сетей газопроводов следует выполнять с увязкой давлений газа в узловых точках расчетных колец. Неувязка потерь давления в кольце допускается до 10%.

При выполнении гидравлического расчета надземных и внутренних газопроводов с учетом степени шума, создаваемого движением газа, следует принимать скорости движения газа не более 7 м/с для газопроводов низкого давления, 15 м/с для газопроводов среднего давления, 25 м/с для газопроводов высокого давления.

При выполнении гидравлического расчета газопроводов, проведенного по формулам (5.5)-(5.14), а также по различным методикам и программам для электронно-вычислительных машин, составленным на основе этих формул, расчетный внутренний диаметр газопровода следует предварительно определять по формуле (5.12)

$$d_p = m \sqrt[m]{\frac{ABP_0 Q_0^m}{\Delta P_{уд}}}, \quad (5.12)$$

где d_p - расчетный диаметр, см;

A, B, m, m^1 - коэффициенты, определяемые по таблицам 5.1 и 5.2 в зависимости от категории сети (по давлению) и материала газопровода;

Q_0 - расчетный расход газа, м³/ч, при нормальных условиях;

$\Delta P_{уд}$ - удельные потери давления (Па/м - для сетей низкого давления, МПа/м - для сетей среднего и высокого давления), определяемые по формуле (5.13)

$$\Delta P_{уд} = \frac{\Delta P_{доп}}{1,1L}, \quad (5.13)$$

$\Delta P_{доп}$ - допустимые потери давления (Па - для сетей низкого давления, МПа/м - для сетей среднего и высокого давления);

L - расстояние до самой удаленной точки, м.

Таблица 5.1

Категория сети	A
Сети низкого давления	$10^6 / (162\pi^2) = 626$
Сети среднего и высокого давления	$P_0 / (P_m 162\pi^2),$ $P_0 = 0,101325$ МПа, P_m - усредненное давление газа (абсолютное) в сети, МПа.

Таблица 5.2

Материал	B	m	m^1
Сталь	0,22	2	5
Полиэтилен	$0,3164 (9_{\text{тв}})^{0,25} = 0,0446$ ν - кинематическая вязкость газа при нормальных условиях, $\text{м}^2/\text{с}$	1,75	4,75

Внутренний диаметр газопровода принимается из стандартного ряда внутренних диаметров трубопроводов: ближайший больший – для стальных газопроводов, и ближайший меньший – для полиэтиленовых.

5.2. Гидравлический расчёт сети высокого (среднего) давления

Газовые сети высокого давления являются верхним иерархическим уровнем городской системы газоснабжения. Для средних и больших городов их проектируют кольцевыми, и только для малых городов они могут выполняться в виде разветвлённых тупиковых сетей [7].

Расчётный перепад для сетей высокого давления определяют исходя из следующих соображений. Начальное давление принимают максимальным согласно [1]. Конечное давление принимают таким, чтобы при максимальной нагрузке сети было обеспечено минимально допустимое давление газа перед регуляторами. Величина этого давления складывается из максимального давления газа перед горелками, перепада давлений в абонентском ответвлении при максимальной нагрузке и перепада в ГРП. В большинстве случаев перед ГРП достаточно иметь избыточное давление примерно 0,15-0,2 МПа.

При расчёте кольцевых сетей необходимо оставлять резерв давления для увеличения пропускной способности системы при аварийных гидравлических режимах. Принятый резерв следует проверять расчётом при возникновении наиболее неблагоприятных аварийных ситуаций. Такие режимы обычно возникают при выключении головных участков сети. Для многокольцевой сети неблагоприятных режимов, которые необходимо проверить расчётом, может быть несколько.

Ввиду кратковременности аварийных ситуаций следует допускать снижение качества системы при отказах её элементов. Снижение качества оценивают коэффициентом обеспеченности, $K_{об}$, который зависит от категории потребителей.

Сети высокого (среднего) давления являются управляемыми, к ним присоединяют ограниченное число крупных потребителей, режимом подачи газа которых управляет диспетчерская служба.

Следствием управляемости сети является и особая постановка задачи расчёта аварийного гидравлического режима, заключающегося в том, что не только в расчётном режиме, но и в аварийных ситуациях узловые расходы газа являются заданными.

Это положение позволяет вести расчёт аварийных режимов теми же методами, какими определяют диаметр газопроводов при расчётном режиме. Отличие состоит лишь в том, что меняется геометрия сети: выключают один или несколько элементов и уменьшают узловые нагрузки в соответствии с принятыми $K_{об}$. Возможное уменьшение подачи газа ограничено нижним пределом, который устанавливают из соображений минимально допустимого давления газа перед приборами. Это минимальное давление определяется минимальной нагрузкой, которую принимают равной 50% расчётного значения. Половину нормы газообразного топлива будут получать примерно 20-30% потребителей, причём такое снижение подачи топлива существенно не отразится на приготовлении пищи [21].

В основном это будет отражаться на качестве горячего водоснабжения.

Как показывают исследования, при снижении давления после ГРП можно уменьшить максимальный расход примерно на 15-20%.

Следовательно, для коммунально-бытовых потребителей, присоединённых к сети низкого давления, коэффициент обеспеченности, $K_{об}$, можно принять равным 0,8-0,85. Учитывая кратковременность аварийных ситуаций и теплоаккумулирующую способность зданий, можно сократить подачу газа на отопительные цели. $K_{об}$ для отопительных котельных можно принимать равным 0,7-0,75.

Значение $K_{об}$ для промышленных предприятий определяют из следующих соображений. Если предприятие имеет резервную систему снабжения топливом, то $K_{об} = 0$. При её отсутствии допустимое сокращение подачи газа зависит от сокращения подачи теплоты на отопительные цели. Для технологических нужд сокращать подачу газа не следует. Таким образом, коэффициент $K_{об}$ можно определить для всех сосредоточенных потребителей и на их основе рассчитать аварийные гидравлические режимы. После обоснования коэффициентов обеспеченности для всех потребителей решают вторую задачу, то есть определяют необходимый резерв пропускной способности сети.

Для однокольцевого газопровода аварийных режимов, подлежащих расчёту, два: при выключении головных участков слева и справа от точки питания.

Так как при выключении головных участков однокольцевой газопровод превращается в тупиковый, то диаметр кольца можно определить из расчёта аварийного гидравлического режима при лимитированном газоснабжении для тупиковой линии. Рекомендуются следующий порядок расчёта однокольцевой газовой сети высокого (среднего) давления:

1. Давление газа на выходе из ГРС принимается по заданию. Давление перед конечными потребителями принимается равным минимально допустимому для данной ступени давления как абсолютное значение, $P_k = 0,3$ МПа.

Намечаем направление движения газа по сети и определяем резервирующую переемычку – это будет участок, лежащий на противоположном конце кольца относительно ГРС.

2. Определяем, по возможности, равновеликий диаметр кольца в зависимости от расчётного расхода, Q_p , м³/ч, и среднеквадратичной потери давления газа, A_{cp} , кПа²/м:

$$Q_p = 0,59 \sum_i^n K_{об} Q_i.$$

$$A_{cp} = \frac{P_n^2 - P_k^2}{1,1 L_k} = \lambda \rho_o l \frac{P_o}{81 \pi^2} \cdot \frac{Q_o^2}{d^5} \cdot \frac{1}{1,1 L_k}.$$

где Q_p – расчётный расход газа по кольцу, м³/ч;

$K_{об}$ – коэффициент обеспеченности потребителя газом при аварийной ситуации;

Q_i – расчётные расходы газа потребителями, м³/ч;

P_n и P_k – абсолютные давления газа в начале и в конце газопровода, кПа;

L_k – протяжённость кольца, м (коэффициент 1,1 учитывает местные сопротивления);

P_o – атмосферное давление, $P_o = 101,325$ кПа;

λ – коэффициент гидравлического трения;

l – расчётная длина газопровода постоянного диаметра, м;

ρ_o – плотность газа при нормальных условиях, кг/м³;

d – внутренний диаметр газопровода, определяется согласно формуле (5.12) пункта 5.1 настоящего пособия, см.

Целесообразно принимать постоянный диаметр кольца. Если такой диаметр подобрать не удастся, то участки газопроводов, расположенные диаметрально противоположно точке питания, следует прокладывать меньшего диаметра, но не менее чем 0,75 диаметра головного участка.

3. Рассчитывают аварийные режимы при выключенном головном участке справа, затем слева от начальной точки конца. Стремление использовать весь перепад давления, $(P_n - P_k)$, в обоих режимах требует корректировки первоначально принятых диаметров по кольцу.

Изменение диаметров (увеличение протяжённости большего или меньшего их значения) в одном режиме требует внесения изменения во втором режиме и наоборот. В результате этого расчёта диаметры по кольцу принимаются окончательно.

4. Затем считают нормальный режим при уже известных диаметрах по кольцу и снабжении газом всех потребителей на 100%. В результате расчёта нормального режима определяют резерв давления в точке

встречи потоков, минимально необходимый для нормального снабжения газом всех потребителей при самых сложных аварийных ситуациях, а также давления в каждой точке подсоединения потребителей, что позволяет разрабатывать проект газоснабжения каждого из них.

5. По завершении расчёта конечных давлений во всех узловых точках кольца проверяется увязка потерь давления в полукольцах (от точки разветвления до точки схода).

В результате расчёта кольца, исходя из предварительного распределения потоков, определяем невязку, δ , %, в кольце по формуле:

$$\delta = \frac{\sum (P_{hi}^2 - P_{ki}^2)}{0,5 \sum |P_{hi}^2 - P_{ki}^2|} \cdot 100\% \quad (5.14)$$

Невязка по давлению при расчёте нормального режима не должна превышать 10%, если данное условие не соблюдается, то вводим круговой поправочный расход ($\text{м}^3/\text{ч}$).

В соответствии с методом Якоби поправочный расход, ΔQ_k , $\text{м}^3/\text{ч}$, определяется по формуле:

$$\Delta Q_k = Q'_k + Q_k.$$

Поправочные расходы Q'_k , Q_k , $\text{м}^3/\text{ч}$, определяют по формулам

$$\Delta Q'_k = \frac{\sum (P_{hi}^2 - P_{ki}^2)}{2 \sum \frac{(P_{hi}^2 - P_{ki}^2)}{Q_i}},$$

$$Q_k = \frac{\sum P_{hi}^2 - P_{ki}^2 \Delta Q_j}{\sum \frac{P_{hi}^2 - P_{ki}^2}{Q_i}}.$$

Затем вычитаем круговой поправочный расход с перегруженной ветви и прибавляем к расходам на противоположной ветви тот же круговой поправочный расход.

При известном диаметре и новых расходах определяем потери давления на каждом участке. После чего определяем невязку заново по формуле (5.14).

Результаты расчёта сводятся в таблицы типа 5.3.

Таблица 5.3

Результаты гидравлического расчёта различных режимов сети высокого давления

№ уч-ка	d, см	d, см	Q, $\text{м}^3/\text{ч}$	Re	λ	$P_h^2 - P_k^2$, МПа	P_h , МПа	P_k , МПа

6. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЁТНОЙ ЧАСТИ РАБОТЫ

6.1. Исходные данные

Проект газового кольца высокого давления II категории разрабатывается для г. А. Территориально город разделен на два типа кварталов с различной этажностью застройки, кварталы с малоэтажной застройкой (1-2эт.); кварталы с многоэтажной застройкой (3-9эт.). В кварталах с малоэтажной застройкой имеется водопровод и канализация. Теплоснабжение общественных зданий предусмотрено централизованное, а индивидуального жилого фонда – от автономных источников тепла. В квартирах установлены газовые плиты и газовые проточные водонагреватели. Кварталы с многоэтажной застройкой полностью благоустроены. В кухнях квартир установлены только газовые плиты для приготовления пищи. Теплоснабжение кварталов – централизованное от ТЭЦ и районных отопительных котельных. Население района города Архангельска пользуется всеми видами коммунально-бытовых услуг. В каждом виде кварталов имеются бани, прачечные, учебные, детские и лечебные заведения. Приняты следующие климатические условия для города А.: расчётная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления $t_{p.o.} = -33\text{ }^{\circ}\text{C}$, расчётная температура для проектирования систем вентиляции $t_{p.в.} = -16\text{ }^{\circ}\text{C}$, средняя температура наружного воздуха за отопительный период $t_o = -4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, продолжительность отопительного периода $n_o = 250$ суток.

Другие исходные данные выбираются в соответствии шифру зачетной книжки.

Таблица 6.1

Годовой расход газа промышленными предприятиями

Предприятие	Годовой расход газа млн. м ³ /год	Продолжительность работы, ч
ПП-1	22,6	24
ПП-2	3,8	16
ПП-3	18,5	24
ПП-4	7,7	8
ПП-5	11,6	16
ПП-6	5,9	8

Таблица 6.2

**Охват населения коммунально-бытовыми услугами
(в процентах от общего числа пользователей)**

Вид услуг	Кварталы с 1-2 этажной застройкой	Кварталы с 3-9 этажной застройкой
1. Приготовление пищи в квартирах	-	100
2. То же и горячей воды при наличии только газовой плиты	50	-
3. То же и горячей воды при наличии газового водонагревателя и газовой плиты	50	-
4. Стирка белья в прачечных	47	28
5. Услуги предприятий бытового обслуживания: бань	79	11
- больниц	100	100
- столовых	52	100
-хлебозаводов	70	51

Таблица 6.3

Источник газа и состав газа

Месторождение газа	Административный район	Состав газа по объёму, %							
		CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	CO ₂	H ₂ S	N ₂
Ленинградское	Краснодарский край	86,9	6	1,6	1	0,5	1,2	-	2,8

6.2. Определение численности населения

Численность населения:

$$N_{1-2}=39,12 \cdot 180 = 7042 \text{ чел}$$

$$N_{3-9}=167,68 \cdot 215 = 36052 \text{ чел}$$

Численность жителей

№ п/п	Вид квартала	Площадь жилой застройки, га	Плотность населения, П, чел/га	Численность жителей, N, тыс. жит.
1	Кварталы с 1-2эт. застройкой	39,12	180	7,042
2	Кварталы с 3 – 9эт. застройкой	167,68	215	36,052

6.3. Определение параметров газа

Низшая теплота сгорания сухого состава:

$$Q_n^c = 0,01 \cdot (86,9 \cdot 35840 + 6 \cdot 63730 + 1,6 \cdot 93370 + 1 \cdot 121840 + 0,5 \cdot 14634) = 38412,78 \text{ кДж/м}^3.$$

Плотность сухого состава газа:

$$\rho^c = 0,01(86,9 \cdot 0,7168 + 6 \cdot 1,3566 + 1,6 \cdot 2,019 + 1 \cdot 2,668 + 0,5 \cdot 3,221 + 1,2 \cdot 1,9768 + 2,8 \cdot 1,2505) = 0,83812 \text{ кг/м}^3$$

Относительная плотность сухого состава газа:

$$S^c = \frac{0,838}{1,293} = 0,648.$$

Пересчет параметров газа на рабочий состав (с учетом влажности газа $d=0,005 \text{ кг/м}^3$ при нормальных физических условиях):

$$\begin{aligned} CH_4^p &= 0,994 \cdot 86,9 = 86,38; \\ C_2H_6^p &= 0,994 \cdot 6 = 5,96; \quad C_3H_8^p = 0,994 \cdot 1,6 = 1,59; \\ C_4H_{10}^p &= 0,994 \cdot 1 = 0,994; \quad C_5H_{12}^p = 0,994 \cdot 0,5 = 0,497; \\ CO_2^p &= 0,994 \cdot 1,2 = 0,199; \quad N_2^p = 0,994 \cdot 2,8 = 0,278; \\ H_2O^p &= \left(\frac{0,005}{0,804}\right) \cdot 0,994 \cdot 100 = 0,618. \end{aligned}$$

Влагосодержание газа, d , определяется по [4, 5] в зависимости от средней температуры наружного воздуха за отопительный период. Низшая теплота сгорания и плотность рабочего (с учётом влажности) состава газа:

$$\begin{aligned} Q_n^p &= 0,994 \cdot 38412,78 = 38182,3 \text{ кДж/м}^3, \\ \rho^p &= (0,838 + 0,005) \cdot 0,994 = 0,8379 \text{ кг/м}^3. \end{aligned}$$

6.4. Определение расходов газа различными потребителями

Все расчёты расходов выполняются в соответствии разделам 2.4 – 2.7 настоящего пособия.

Результаты расчёта годового расхода газа на коммунально-бытовые нужды в районах с малоэтажной и многоэтажной застройкой сводим в таблицы, соответственно, 6.5 и 6.6.

Расчётные часовые расходы на коммунально-бытовые нужды для рассматриваемого примера сводим в таблицу 6.7.

Расход газа на отопление и вентиляцию жилых общественных зданий и на горячее водоснабжение определяется для районов с мало- и многоэтажной застройкой в соответствии с разделом 2.6.

$$Q_h^{OB} = [1 + 0,25 \cdot (1 + 0,4)] \cdot 640,6 \cdot \frac{71198,4}{0,85 \cdot 38182,3} = 1897,19 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

$$Q_h^{OB} = [1 + 0,25 \cdot (1 + 0,4)] \cdot 640,6 \cdot \frac{620416}{0,85 \cdot 38182,3} = 16531,9 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Жилая площадь отапливаемых зданий определяется для каждого района по формуле:

$$F_{\text{ж}} = F_3 \cdot \Pi,$$

где F_3 – площадь жилой застройки, м^2 ;

Π – плотность жилищного фонда, который можно принять следующим:

для районов с высокой степенью градостроительной ценности - 0,37;
с низкой - 0,182.

$$F_{\text{ж } 1-2} = 391200 \cdot 0,182 = 71198,4 \text{ м}^2,$$

$$F_{\text{ж } 3-9} = 1676800 \cdot 0,37 = 620416 \text{ м}^2.$$

Расчётный часовой расход газа на нужды горячего водоснабжения:

$$Q_h^{\text{ГВ}} = 3,0 \cdot 1260 \cdot 36052 \cdot \frac{1}{0,85 \cdot 38182,3} = 4198,94 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Результаты расчёта сводим в таблицу 6.8.

Годовой расход газа на нужды теплоснабжения определяют на основании данных о часовом потреблении в соответствии 2.6.2:

$$m_{\text{ов}} = 250 \cdot \left[\frac{24 \cdot \frac{1 + 0,25}{1 + 0,25 + 0,25 \cdot 0,4} \cdot \left(\frac{20 + 4,5}{20 + 33} \right) + 16 \cdot \frac{0,25 \cdot 0,4}{1 + 0,25 + 0,25 \cdot 0,4} \cdot \left(\frac{20 + 4,5}{20 + 16} \right)}{1} \right]$$

$$= 2769,78 \text{ ч} / \text{год}$$

$$Q_{\text{ов } 1-2}^T = 2769,78 \cdot 1897,19 = 5,25 \text{ млн. м}^3 / \text{ч}$$

$$Q_{\text{ов } 3-9}^T = 2769,78 \cdot 16531,9 = 45,79 \text{ млн. м}^3 / \text{ч}$$

Таблица 6.5

Годовой расход газа на коммунально-бытовые услуги для кварталов с малозэтажной застройкой

№ п/п	Вид услуг	Расчётный потреби- тель	Норма годового расхода на расчётного потребителя, <i>Q_{норм}</i>		Район застройки					Годо- вой расход газа, млн. м ³	
			МДж	м ³	Расчётный норматив потребле- ния, <i>m</i>	Степень охвата населения услугами, <i>Z</i> , д.ед.	Степень охвата услуг газо- снаб- жения, <i>y</i> , д.ед.	Кол-во расчётных потребите- лей, <i>S</i> , на 1 тыс. жит.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	При наличии в квартире газовой плиты и централизованного горячего водоснабжения	-	-	-	-	-	-	-	-		
2	При наличии в квартире газовой плиты и водонагревателя (при отсутствии централизованного горячего водоснабжения)	1 чел.	10000	0,262		0,5	1,0	500	0,922		
3	При наличии в квартире газовой плиты и отсутствии централизованного горячего водоснабжения и газового водонагревателя при газоснабжении	1 чел	6000	0,157		0,5	1,0	500	0,553		
Итого											1,475
4	Стирка белья в немеханизированных прачечных										
5	То же в механизированных прачечных	1 т. белья	18800	0,492	100 т. белья на 1000 жителей	0,47	1,0	47	0,163		
6	Бани	1 помывка	40	0,00105	52 помывки на 1 чел. в год	0,79	1,0	41080	0,303		
7	Предпр. бытового обслуживания, торговли и т. д.	5% суммарного расхода газа на жилые дома									0,074

Окончание таблицы 6.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	Больницы	1 койка	12400	0,325	12 коек на 1000 жителей	1,0	1,0	12	0,027
9	Предприятия общественного питания	1 обед+1 завтрак	6,3	0.00016	360 обедов +завтраков на 1 чел в год	0,52	1,0	187200	0,217
10	Хлебозаводы	1 т.	15700	0,411	365(0,7 т./1000 жит.	0,7	1,0	178,15	0,518
Всего									2,777

Равномерно - распределённая нагрузка

2,067

Таблица 6.6

Годовой расход газа на коммунально-бытовые услуги для кварталов с многоэтажной застройкой

№ п/п	Вид услуг	Расчётный потребитель	Норма годового расхода на расчётного потребителя, $Q_{норм}$		Район застройки				Годовой расход газа, млн.м ³
			МДж	м ³	Расчётный норматив потребления, m	Степень охвата населения услугами, Z , д.ед.	Степень охвата услуг газоснабжения, y , д.ед.	Кол-во расчётных потребителей, S , на 1 тыс. жит.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	При наличии в квартире газовой плиты и централизованного горячего водоснабжения	1 чел.	4100	0,101			1,0	1000	3,871
2	При наличии в квартире газовой плиты и водонагревателя (при отсутствии централизованного горячего водоснабжения)								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	При наличии в квартире газовой плиты и отсутствиентрализованного горячего водоснабжения и газового водонагревателя								
Итого									3,871
4	Стирка белья в немеханизированных прачечных								
5	То же в механизированных прачечных	1 т. белья	18800	0,492	100 т. белья на 1000 жителей	0,28	1,0	28	0,497
6	Бани	1 помывка	40	0,00105	52 помывки на 1. чел. в год	0,11	1,0	15720	0,216
7	Предпр. бытового обслуживания, торговли и т. д.								0,194
5% суммарного расхода газа на жилые дома									
8	Больницы	1 койка	12400	0,325	12 коек на 1000 жителей	1,0	1,0	12	0,14
9	Предприятия общественного питания	1 обед+1 завтрак	6,3	0,00016	360 обедов +завтраков на 1 чел в год	1,0	1,0	360000	2,141
10	Хлебозаводы	1 т.	15700	0,411	365(0,7 т. /1000жиг.	0,51	1,0	130	1,932
Всего									8,991

Равномерно - распределённая нагрузка

5,996

Таблица 6.7

Определение часового расхода

№ п/п	Наименование потребителей	Кварталы с 1-2 эт. застройкой				Кварталы с 3-9 эт. застройкой			
		Число потребителей	K_{max}^h	Часовой расход газа, Q_d^h , м³/ч		Число потребителей	K_{max}^h	Часовой расход газа, Q_d^h , м³/ч	
				Общий	Удельный			Общий	Удельный
1	Мелкие коммунально-бытовые потребители	7042	$\frac{1}{2140}$	965,66	0,137	36052	$\frac{1}{2460}$	2437,47	0,068
2	Крупные коммунально-бытовые потребители:								
3	Бани	1	$\frac{1}{2700}$	112,212	112,212	2	$\frac{1}{2700}$	80,009	40,005
4	Больницы	2	$\frac{1}{2800}$	9,798	4,899	1	$\frac{1}{2800}$	50,175	50,175
5	Хлебозаводы	1	$\frac{1}{6000}$	86,288	86,288	1	$\frac{1}{6000}$	321,926	321,926
6	Прачечные	1	$\frac{1}{2900}$	56,179	56,179	1	$\frac{1}{2900}$	171,382	171,382
7	Общественного питания	2	$\frac{1}{2000}$	108,725	54,363	3	$\frac{1}{2000}$	1070,68	356,893
	Итого:	7		1338,87		8		4131,64	

Таблица 6.8

Определение часового расхода газа на нужды теплоснабжения

№ п/п	Квартал	Часовой расход газа, м³/ч					в том числе по источникам теплоснабжения		
		Отопление и вентиляция зданий		Горячее водоснабжение		Всего Q_{th}	ТЭЦ $Q_{тэц h}$	РОК $Q_{рок h}$	Инд. $Q_{и h}$
		$F_{ж}$, тыс.м2	$Q_{ов h}$	N , тыс.чел	$Q_{гв h}$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1-2эт	71,1984	1897,19	-	-	1897,19	-	379,44	1517,75
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	3-9эт	620,416	16531,9	36,05	4198,94	20730,8	16584,67	4146,1	-
	Итого:				4198,94	22628,03	16584,67	4525,61	1517,75

$$m_{гв} = \frac{24}{3} \cdot [250 + (350 - 250) \cdot 0,66] = 2528 \text{ ч / год}$$

$$Q_{гв}^T = 2528 \cdot 4198,94 = 10,61 \text{ млн.м}^3 / \text{ч}$$

Результаты расчётов сводим в таблицу 6.9.

Таблица 6.9

Годовой расход газа на нужды теплоснабжения

№ п/п	Вид кварталов	Годовой расход газа			в том числе по источникам теплоснабжения		
		на ОВ	на СГВ	общий	ТЭЦ	РОК	Индивиду- альные
1	Кварталы с 1-2 эт.	5,255		5,255	-	1,051	4,204
2	Кварталы с 3-9эт.	45,79	10,615	56,405	45,124	11,281	-
Итого:		51,045	10,615	61,659	45,124	12,332	4,204

При расчёте годового расход газа на технологические и отопительно-вентиляционные нужды промышленных предприятий принимаем:

для предприятий, работающих в 1 смену $A=0,55$; для предприятий, работающих в 2 смены $A=0,6$; для предприятий с непрерывным технологическим процессом $A=0,75$.

Распределение годового расхода газа на промышленное производство сводим в таблицу 6.10.

Таблица 6.10

Годовой расход газа промышленными предприятиями

№ п/п	Наименование предприятия	Шифр на схеме	Годовой расход газа, млн. м ³ /год		
			Общ.	В том числе на	
				техн. нужды	отопитель- ные нужды
1	2	3	4	5	6
1	Стекольный завод	ПП-1	22,6	9,7	12,9
2	Швейная фабрика	ПП-2	3,8	1,45	2,35
3	Машиностроительный завод	ПП-3	18,5	7,94	10,56
4	Мясокомбинат	ПП-4	7,7	2,72	4,97
5	Табачная фабрика	ПП-5	11,6	4,53	7,07
6	Ткацкая фабрика	ПП-6	5,9	2,1	3,79
Итого:			70,1	28,44	41,64

Расчетный часовой расход газа на технологические и отопительно-вентиляционные нужды промышленных предприятий следует определять как долю годовых в зависимости от количества часов использования максимума для данного вида нагрузки.

Число часов использования максимума промышленных предприятий зависит от вида производства, технологического процесса, соотношения технологической и отопительной нагрузок. Число часов использования максимума для промышленных предприятий ориентировочно можно принять[]:

- для предприятий, работающих в 3 смены с непрерывным технологическим процессом $m_{п.т.} = 6500 \text{ ч/год.}$;

- для предприятий, работающих в 2 смены $m_{п.т.} = 4750 \text{ ч/год.}$

- для предприятий, работающих в 1 смену $m_{п.т.} = 3500 \text{ ч/год.}$

Число часов использования максимума для отопительных котельных:

$$m_{н.О.В} = 24 \cdot 250 \frac{20 + 4,5}{20 + 33} = 2773,58 \text{ ч/год}$$

Расчетный часовой расход газа на дежурное отопление определяют как часть расчетного расхода газа на отопление в соответствии разделу 2.7.2.

Температуру внутреннего в рабочее время принимаем $t_{в.} = 20^{\circ} \text{C.}$

$$K_{\partial} = \frac{5 + 33}{20 + 33} = 0,717$$

Результаты расчёта сводим в таблицу 6.11.

Таблица 6.11

Часовой расход газа промышленными предприятиями

№ п/п	Шифр предприятия	Кол-во часов работы в сутки	Кол-во часов использования максимума		Расчетный часовой расход газа, м³/ч		Расход газа на дежурное отопление, м³/ч	Общий часовой расход газа, м³/ч
			$m_{п.т.}$	$m_{п.ов}$	На технологию	На отопление		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	ПП-1	24	6500	2773,58	1492,31	4651,03	-	6143,34
2	ПП-2	16	4750	2773,58	305,26	847,28	607,5	1760,04
3	ПП-3	24	6500	2773,58	1221,54	3807,35	-	5028,89
4	ПП-4	8	3500	2773,58	777,14	1791,91	1284,8	3853,85
5	ПП-5	16	4750	2773,58	953,68	2549,05	1827,67	5330,41
6	ПП-6	8	3500	2773,58	600,00	1366,47	979,76	2946,22
Итого:					5349,94	15013,1	4699,72	25062,75

6.5. Режим газопотребления

При определении количества магистральных источников следует руководствоваться следующим:

Таблица 6.12

Расчетный расход газа

№ п/п	Шифр на схеме	Наименование потре- бителей	Расчетный расход газа, м³/ч		
			Общий	в т.ч. на сети давления	
				высокого (сред- него)	низкого
1	-	Мелкие коммунально-бытовые объекты (население, предприятия бытового обслуживания т.д.):			
		Кварталы с 1-2эт.*	2483,416	-	2483,416
		Кварталы с 3-9эт.	2437,47	-	2437,47
		Итого по п.1	4920,89	-	4920,89
2	-	Крупные коммунально-бытовые объекты:			
		Бани	192,22	192,22	-
		Больницы	59,97	59,97	-
		Хлебозаводы	408,21	408,21	-
		Прачечные	227,56	227,56	-
2		Предприятия обще- ственного питания	1179,41	1179,41	-
3	РОК-1	Источники теплоснабжения:			
		Районная отопитель- ная котельная 1	379,44	379,44	-
	РОК-2	Районная отопитель- ная котельная 2	4146,17	4146,17	-
	ТЭЦ	ТЭЦ**	16584,67	16584,67	-
4	Промышленные предприятия:				
	ПП-1	Стекольный завод	6143,34	6143,34	-
	ПП-2	Швейная фабрика	1760,04	1760,04	-
	ПП-3	Машиностроитель- ный. завод	5028,89	5028,89	-
	ПП-4	Мясокомбинат	3853,85	3853,85	-
	ПП-5	Табачная фабрика	5330,41	5330,41	-
	2	3	4	5	6
	ПП-6	Ткацкая фабрика	2946,22	2946,22	-
Всего по городу:			53161,29	48240,4	4920,89

В курсовом проекте принята двухступенчатая система газоснабжения с максимальным избыточным давлением в сетях $P=0,6$ МПа.

В данном курсовом проекте запроектирована кольцевая сеть газопровода высокого давления.

В курсовом проекте при определении числа ГРП следует руководствоваться основными техническими характеристиками ГРП с различной нормируемой пропускной способностью газа. Количество и технические характеристики выбранных ГРП представлены в таблице 6.13.

Таблица 6.13

Газорегуляторные пункты

Квартал	Равномерно распределённая нагрузка, м ³ /ч	Тип газорегуляторного пункта	Регулятор	Расход через 1 ГРП, м ³ /ч	Количество ГРП
1-2 эт.	2207,02	ГРПШ-13-1ВУ1	РДГ-50В (седло D30)	1103,51	2
3-9 эт.	1573,6	ГРПШ-03БМ-1У1	РДСК-50БМ	524,53	3

В курсовом проекте запроектированы полиэтиленовые трубы ПЭ 100 со стандартным размерным соотношением SDR 9 и коэффициентом запаса прочности не менее 2,7.

6.6. Гидравлический расчёт газопровода

Давление на выходе из ГРС-1 принимаем 0,7 МПа (абс.). Оно и будет в нашем случае давлением газа в начале сети, P_n . Конечное давление газа в конце сети примем $P_k = 0,4$ МПа (абс.). Коэффициент обеспеченности для всех потребителей примем $K_{об} = 0,7$.

Гидравлический расчет газовой сети высокого давления II категории для кольца представлен в таблице 7.1-7.8.

Определим предварительный диаметр кольца по расчетному расходу и удельному падению квадрата давления по формуле:

$$Q_p = 0,59 \cdot 0,7 \cdot 35436,36 = 14635,22 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

где Q_p – расчетный расход газа в аварийном режиме.

$$\Delta P_{y0} = \frac{0,7^2 - 0,4^2}{1,1 \cdot 9956} = 0,000030 \text{ МПа}^2 / \text{м}.$$

Увеличивая длину кольца на 10%, учитываем потери давления газа в местных сопротивлениях.

Находим предварительный расчетный диаметр кольца по формуле:

$$d_p = \sqrt[4]{\frac{A \cdot B \cdot \rho_0 \cdot Q^{m_0}}{\Delta P_{y0}}} = \sqrt[4]{\frac{0,000115 \cdot 0,0446 \cdot 0,8379 \cdot 14635,22}{0,00003}} = 22,73 \text{ см}$$

По ГОСТ Р50838-2009 (ISO44372007) принимаем ближайший стандартный внутренний диаметр, который равен 22,92 см (SDR 11, $d_n=280\text{мм}$).

Производим расчеты для двух аварийных режимов при выключении участков 1-2 и 1-23.

Первоначально считаем, что диаметры всех участков равны 280 мм и проверяем использование заданного перепада давления. При необходимости корректируем диаметры.

Узловые расходы принимаем равными ($k_{об} \cdot Q_p = 0,7 \cdot Q_p$).

Давление в конце каждого участка рассчитываем по формуле:

$$P_{к.уч.} = \sqrt{P_{н.уч.}^2 - \Delta P_{уч}} [МПа]$$

В процессе гидравлического расчета выяснилось, что кольцо диаметром 280 мм не обеспечивает необходимого давления в конечных точках.

Чтобы обеспечить необходимое минимальное давление в конечных узлах, увеличиваем диаметры участков. ГРС-1 принимаем равным 29,06 см (355 мм), диаметры участков кольца 25,78 см (315 мм).

Результаты данного расчета приведены в таблицах 7.1- 7.4

Далее рассчитываем диаметры ответвлений для аварийных режимов при подаче потребителям $Q_{ав} = k_{об} \cdot Q_p [м^3/ч]$. Сначала определяем давление газа в начале всех ответвлений как при отказе участка 1-2, так и при отказе участка 1-23. Из сравнения двух значений начальных давлений для каждого ответвления $P_{н.от.}$ выбираем меньшее. Для этого давления и рассчитываем диаметр ответвления по формуле при условии, чтобы избыточное давление в конце ответвления было не менее 0,3 МПа.

Все расчеты для ответвлений в аварийном режиме сводим в таблицу 7.5.

Далее выполняем расчёт потокораспределения при нормальном гидравлическом режиме сети. Сначала задаёмся предварительным распределением потоков. Точка схода потоков в нулевом приближении определяется так: всё кольцо разбивается на две тупиковые ветви, приблизительно одинаковых по длине и по суммарным расходам в одну и другую сторону от точки схода потоков газа.

Далее, двигаясь против потоков газа по каждой ветви кольца, находим расчётные расходы газа для всех участков кольца.

По известным диаметрам и расходам находим потери давления на всех участках.

Затем проверяем достаточность принятых диаметров ответвлений в процессе расчета аварийных гидравлических режимов. Если конечное давление в конце ответвлений не менее 0,4 МПа (абс.), то принятый диаметр оставляем. В противном случае диаметры увеличиваем. Результаты расчета сводим в таблицу 7.7.

Результаты гидравлического расчета приведены в таблицах 7.1-7.8.

Таблица 7.1

Предварительный расчет аварийного режима при отказе участка 1-23

N участка	d, см	l, м	Q, м ³ /ч	Q, м ³ /с	Re	λ	$P^2_{2H} - P^2_{2K}$, МПа ²	P _H , МПа	P _K , МПа
ГРС-1	25,78	275,00	25603,63	7,11	697575,72	0,012342	0,025137	0,7	0,6818
1-2	22,92	165,00	25603,63	7,11	784620,51	0,012091	0,026600	0,6818	0,6620
2-3	22,92	390,50	22083,41	6,13	676743,61	0,012408	0,048061	0,6620	0,6247
3-4	22,92	236,50	22055,40	6,13	675885,46	0,012411	0,029040	0,6247	0,6010
4-5	22,92	189,20	21113,03	5,86	647006,56	0,012507	0,021454	0,6010	0,5828
5-6	22,92	324,50	21109,60	5,86	646901,46	0,012508	0,036785	0,5828	0,5504
6-7	22,92	487,30	17378,32	4,83	532556,64	0,012949	0,038760	0,5504	0,5140
7-8	22,92	452,10	16505,69	4,58	505815,13	0,013070	0,032742	0,5140	0,4811
8-9	22,92	631,40	15936,95	4,43	488386,07	0,013154	0,042902	0,4811	0,4342
9-10	22,92	826,10	13874,59	3,85	425185,44	0,013491	0,043634	0,4342	0,3806
10-11	22,92	834,90	13846,59	3,85	424327,29	0,013496	0,043937	0,3806	0,3177
11-12	22,92	216,70	13277,85	3,69	406898,23	0,013600	0,010568	0,3177	0,3006
12-13	22,92	617,10	13028,02	3,62	399242,36	0,013648	0,029074	0,3006	0,2476
13-14	22,92	832,70	12802,67	3,56	392336,58	0,013692	0,038009	0,2476	0,1526
14-15	22,92	644,60	11570,64	3,21	354581,14	0,013952	0,024489	0,1526	-
15-16	22,92	587,40	11055,21	3,07	338785,78	0,014072	0,020546	-	-
16-17	22,92	173,80	8357,52	2,32	256115,24	0,014840	0,003664	-	-
17-18	22,92	319,00	8240,92	2,29	252541,97	0,014881	0,006557	-	-
18-19	22,92	718,30	8141,19	2,26	249485,85	0,014916	0,014443	-	-
19-20	22,92	1068,10	5238,87	1,46	160544,63	0,016272	0,009702	-	-
20-21	22,92	204,60	4989,05	1,39	152888,76	0,016433	0,001702	-	-
21-22	22,92	607,20	688,71	0,19	21105,44	0,025726	0,000151	-	-
22-23	22,92	424,60	568,74	0,16	17429,06	0,027022	0,000075	-	-

Таблица 7.2

Предварительный расчет аварийного режима при отказе участка 1-2

N участка	d, см	l, м	Q, м ³ /ч	Q, м ³ /с	Re	λ	$P^2_{2H} - P^2_{2K}$, МПа ²	P _H , МПа	P _K , МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ГРС-1	25,78	275,00	25603,63	7,11	697575,72	0,012342	0,025137	0,7	0,6818
1-23	22,92	1038,40	25603,63	7,11	784620,51	0,012091	0,167404	0,6818	0,5454
23-22	22,92	424,60	25034,89	6,95	767191,45	0,012139	0,065700	0,5454	0,4814
22-21	22,92	607,20	24914,92	6,92	763515,07	0,012149	0,093134	0,4814	0,3723
21-20	22,92	204,60	20614,58	5,73	631731,75	0,012560	0,022212	0,3723	0,3412
20-19	22,92	1068,10	20364,76	5,66	624075,88	0,012588	0,113405	0,3412	0,0548
19-18	22,92	718,30	17462,44	4,85	535134,67	0,012938	0,057638	0,0548	-
18-17	22,92	319,00	17362,72	4,82	532078,55	0,012951	0,025332	-	-
17-16	22,92	173,80	17246,11	4,79	528505,28	0,012967	0,013633	-	-
16-15	22,92	587,40	14548,42	4,04	445834,73	0,013374	0,033818	-	-
15-14	22,92	644,60	14032,99	3,90	430039,37	0,013462	0,034757	-	-
14-13	22,92	832,70	12800,96	3,56	392283,93	0,013692	0,037999	-	-
13-12	22,92	617,10	12575,61	3,49	385378,16	0,013738	0,027268	-	-
12-11	22,92	216,70	12325,78	3,42	377722,29	0,013789	0,009233	-	-

Окончание таблицы 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11-10	22,92	834,90	11757,04	3,27	360293,22	0,013911	0,032651	-	-
10-9	22,92	826,10	11729,04	3,26	359435,07	0,013917	0,032168	-	-
9-8	22,92	631,40	9666,68	2,69	296234,44	0,014433	0,017319	-	-
8-7	22,92	452,10	9097,94	2,53	278805,38	0,014601	0,011113	-	-
7-6	22,92	487,30	8225,31	2,28	252063,88	0,014886	0,009982	-	-
6-5	22,92	324,50	4494,03	1,25	137719,05	0,016787	0,002238	-	-
5-4	22,92	189,20	4490,60	1,25	137613,96	0,016790	0,001303	-	-
4-3	22,92	236,50	3548,23	0,99	108735,06	0,017631	0,001068	-	-
3-2	22,92	390,50	3520,22	0,98	107876,90	0,017660	0,001738	-	-
ГРС-1	25,78	275,00	25603,63	7,11	697575,72	0,012342	0,025137		

Таблица 7.3

Окончательный расчет аварийного режима при отказе участка 1-2

Окончательный расчет аварийного режима при отказе участка 1-2									
N уч	d, см	l, м	Q, м ³ /ч	Q, м ³ /с	Re	λ	$\frac{P^2_{н-}}{P^2_{к}}$, МПа ²	P _н , МПа	P _к , МПа
ГРС-1	32,74	275,00	25603,63	7,11	549282,29	0,012878	0,007939	0,7	0,6943
1-23	29,06	1038,40	25603,63	7,11	618840,41	0,012606	0,053269	0,6943	0,6548
23-22	29,06	424,60	25034,89	6,95	605093,88	0,012657	0,020908	0,6548	0,6387
22-21	29,06	607,20	24914,92	6,92	602194,27	0,012668	0,029639	0,6387	0,6150
21-20	29,06	204,60	20614,58	5,73	498255,05	0,013106	0,007074	0,6150	0,6092
20-19	29,06	1068,10	20364,76	5,66	492216,76	0,013135	0,036117	0,6092	0,5788
19-18	29,06	718,30	17462,44	4,85	422067,67	0,013509	0,018368	0,5788	0,5627
18-17	29,06	319,00	17362,72	4,82	419657,27	0,013523	0,008073	0,5627	0,5555
17-16	29,06	173,80	17246,11	4,79	416838,99	0,013540	0,004345	0,5555	0,5516
16-15	29,06	587,40	14548,42	4,04	351635,65	0,013974	0,010785	0,5516	0,5417
15-14	29,06	644,60	14032,99	3,90	339177,65	0,014069	0,011086	0,5417	0,5314
14-13	29,06	832,70	12800,96	3,56	309399,44	0,014314	0,012124	0,5314	0,5199
13-12	29,06	617,10	12575,61	3,49	303952,77	0,014363	0,008701	0,5199	0,5114
12-11	29,06	216,70	12325,78	3,42	297914,48	0,014417	0,002946	0,5114	0,5086
11-10	25,78	834,90	11757,04	3,27	320322,76	0,014221	0,018541	0,5086	0,4900
10-9	25,78	826,10	11729,04	3,26	319559,81	0,014227	0,018267	0,4900	0,4710
9-8	22,92	631,40	9666,68	2,69	296234,44	0,014433	0,017319	0,4710	0,4522
8-7	22,92	452,10	9097,94	2,53	278805,38	0,014601	0,011113	0,4522	0,4398
7-6	22,92	487,30	8225,31	2,28	252063,88	0,014886	0,009982	0,4398	0,4283
6-5	22,92	324,50	4494,03	1,25	137719,05	0,016787	0,002238	0,4283	0,4256
5-4	22,92	189,20	4490,60	1,25	137613,96	0,016790	0,001303	0,4256	0,4241
4-3	20,72	236,50	3548,23	0,99	120280,29	0,017263	0,001731	0,4241	0,4221
3-2	20,72	390,50	3520,22	0,98	119331,02	0,017291	0,002819	0,4221	0,4187

Таблица 7.4

Окончательный расчет аварийного режима при отказе участка 1-23

Окончательный расчет аварийного режима при отказе участка 1-23									
N уч	d, см	1.1L, м	Q, м ³ /ч	Q, м ³ /с	Re	λ	P ² _H - P ² _K , МПа ²	P _H , МПа	P _K , МПа
ГРС-1	32,74	275,00	25603,63	7,11	549282,29	0,012878	0,007939	0,7	0,6943
1-2	29,06	165,00	25603,63	7,11	618840,41	0,012606	0,008464	0,6943	0,6882
2-3	29,06	390,50	22083,41	6,13	533756,49	0,012944	0,015302	0,6882	0,6770
3-4	29,06	236,50	22055,40	6,13	533079,65	0,012947	0,009246	0,6770	0,6701
4-5	29,06	189,20	21113,03	5,86	510302,49	0,013049	0,006832	0,6701	0,6650
5-6	29,06	324,50	21109,60	5,86	510219,60	0,013050	0,011714	0,6650	0,6561
6-7	29,06	487,30	17378,32	4,83	420034,35	0,013521	0,012352	0,6561	0,6466
7-8	29,06	452,10	16505,69	4,58	398942,97	0,013650	0,010436	0,6466	0,6385
8-9	29,06	631,40	15936,95	4,43	385196,45	0,013739	0,013677	0,6385	0,6277
9-10	29,06	826,10	13874,59	3,85	335349,29	0,014099	0,013918	0,6277	0,6165
10-11	29,06	834,90	13846,59	3,85	334672,45	0,014104	0,014015	0,6165	0,6051
11-12	25,78	216,70	13277,85	3,69	361757,46	0,013900	0,005999	0,6051	0,6001
12-13	22,92	617,10	13028,02	3,62	399242,36	0,013648	0,029074	0,6001	0,5754
13-14	22,92	832,70	12802,67	3,56	392336,58	0,013692	0,038009	0,5754	0,5413
14-15	22,92	644,60	11570,64	3,21	354581,14	0,013952	0,024489	0,5413	0,5182
15-16	20,72	587,40	11055,21	3,07	374757,25	0,013809	0,033395	0,5182	0,4849
16-17	20,72	173,80	8357,52	2,32	283308,94	0,014556	0,005952	0,4849	0,4787
17-18	20,72	319,00	8240,92	2,29	279356,27	0,014595	0,010651	0,4787	0,4675
18-19	20,72	718,30	8141,19	2,26	275975,66	0,014629	0,023461	0,4675	0,4417
19-20	20,72	1068,10	5238,87	1,46	177590,88	0,015945	0,015746	0,4417	0,4235
20-21	20,72	204,60	4989,05	1,39	169122,13	0,016102	0,002762	0,4235	0,4202
21-22	20,72	607,20	688,71	0,19	23346,37	0,025079	0,000243	0,4202	0,4199
22-23	20,72	424,60	568,74	0,16	19279,64	0,026326	0,000122	0,4199	0,4198
11226,60									

Таблица 7.5

Расчет аварийного режима ответвления

Расчет аварийного режима ответвлений										
N уч	d _H , мм	d, см	1.1L, м	Q, м ³ /ч	Q, м ³ /с	Re	λ	P ² _H - P ² _K , МПа ²	P _H , МПа	P _K , МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2- ПП-3	160	13,08	139,70	3520,2	0,9778	189032,0	0,015748	0,009161	0,4187	0,4076
3- БН-1	40	3,26	1034,00	28,00	0,0078	6033,40	0,036359	0,010300	0,4221	0,4097
4-25	140	11,46	663,30	942,37	0,2618	57757,80	0,020229	0,007755	0,4241	0,4149
25- ГРП- 2	90	7,36	99,00	869,20	0,2414	82949,26	0,018677	0,008321	0,4149	0,4047

Продолжение таблицы 7.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
25-24	75	6,14	174,90	73,18	0,0203	8370,99	0,033017	0,000456	0,4149	0,4143
24-ОП-2	63	5,14	126,50	38,05	0,0106	5200,06	0,038045	0,000250	0,4143	0,4140
24-БЛ-1	63	5,14	483,00	35,12	0,0098	4799,53	0,039004	0,000833	0,4143	0,4133
5-БЛ-2	20	1,54	78,10	3,43	0,0010	1564,15	0,057321	0,000782	0,4256	0,4247
6-ПП-5	140	11,46	139,70	3731,3	1,0365	228689,6	0,015170	0,019203	0,4283	0,4052
7-26	90	7,36	299,20	872,63	0,2424	83276,54	0,018661	0,025326	0,4398	0,4100
26-ГРП-3	90	7,36	99,00	869,20	0,2414	82949,26	0,018677	0,008321	0,4100	0,3997
26-БЛ-3	20	1,54	627,00	3,43	0,0010	1564,15	0,057321	0,006278	0,4100	0,4022
8-ГРП-4	90	7,36	1008,70	568,74	0,1580	54276,38	0,020515	0,039873	0,4522	0,4057
9-ПП6	90	7,36	139,70	2062,35	0,5729	196815,0	0,015623	0,055297	0,4710	0,4081
10-БН-3	20	1,54	137,50	28,00	0,0078	12772,00	0,029346	0,046996	0,4900	0,4394
11-ГРП-5	50	4,08	130,90	568,74	0,1580	97910,32	0,018025	0,086847	0,5086	0,4145
12-ОП-4	50	4,08	718,30	249,83	0,0694	43007,98	0,021641	0,110396	0,5114	0,3888
13-ХЗ-2	40	3,26	137,50	225,35	0,0626	48552,24	0,021043	0,051337	0,5199	0,4679
14-ПП-2	63	5,14	139,70	1232,0	0,3422	168357,0	0,016117	0,122547	0,5314	0,3998
15-27	75	6,14	653,40	515,43	0,1432	58962,47	0,020136	0,051528	0,5182	0,4658
27-РОК-1	75	6,14	96,80	265,61	0,0738	30383,88	0,023503	0,002366	0,4658	0,4633
27-ОП-4	110	9	486,20	249,83	0,0694	19496,95	0,026251	0,001735	0,4658	0,4640
16-ПП-4	110	9	139,70	2697,7	0,7494	210534,33	0,015417	0,034148	0,4849	0,4483
17-28	50	4,08	680,90	116,60	0,0324	20073,37	0,026056	0,027447	0,4787	0,4492
28-ОП-3	50	4,08	119,90	38,05	0,0106	6551,05	0,035473	0,000701	0,4492	0,4484
28-БН-2	90	7,36	689,70	78,55	0,0218	7496,07	0,034090	0,000864	0,4492	0,4482
18-29	40	3,26	310,20	99,73	0,0277	21486,57	0,025609	0,027604	0,4675	0,4370
29-ПР-2	25	2,04	104,50	39,33	0,0109	13539,80	0,028887	0,016998	0,4370	0,4171

Окончание таблицы 7.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
29-ХЗ-1	40	3,26	473,00	60,40	0,0168	13013,81	0,029197	0,017604	0,4370	0,4163
19-РОК-2	125	10,22	132,00	2902,3	0,8062	199465,0	0,015582	0,019991	0,4417	0,4184
20-ОП-1	50	4,08	102,30	249,83	0,0694	43007,98	0,021641	0,015722	0,4235	0,4045
21-ПП-1	200	16,36	580,80	4300,34	1,1945	184625,53	0,015822	0,018655	0,4202	0,3974
22-ПР-1	40	3,26	119,90	119,97	0,0333	25847,45	0,024452	0,014742	0,4199	0,4020
23-ГРП-1	75	6,14	130,90	568,74	0,1580	65060,93	0,019698	0,012296	0,4198	0,4049

Таблица 7.6

Окончательный расчет нормального режима

N	d, см	l, м	Q, м3/ч		Re	λ	$P_H^2 - P_K^2$, МПа ²	P_H , МПа	P_K , МПа
ГРС-1	32,74	275,00	36576,61	10,16	784689,0	0,012	0,01521	0,7000	0,6890
1-2	29,06	165,00	17434,78	4,84	421399,0	0,014	0,00421	0,6890	0,6860
2-3	29,06	390,50	12405,88	3,45	299850,6	0,014	0,00537	0,6860	0,6821
3-4	29,06	236,50	12365,88	3,43	298883,6	0,014	0,00323	0,6821	0,6797
4-5	29,06	189,20	11019,63	3,06	266344,8	0,015	0,00210	0,6797	0,6781
5-6	29,06	324,50	11014,73	3,06	266226,4	0,015	0,00360	0,6781	0,6755
6-7	29,06	487,30	5684,33	1,58	137390,4	0,017	0,00164	0,6755	0,6743
7-8	29,06	452,10	4437,72	1,23	107259,8	0,018	0,00098	0,6743	0,6735
8-9	29,06	631,40	3625,23	1,01	87621,9	0,018	0,00095	0,6735	0,6728
9-10	29,06	826,10	679,01	0,19	16411,7	0,027	0,00006	0,6728	0,6728
10-11	29,06	834,90	639,01	0,18	15444,8	0,028	0,00006	0,6728	0,6727
11-12	29,06	216,70	-173,48	0,05	4193,1	0,041	0,00000	0,6727	0,6727
12-13	29,06	617,10	-530,38	0,15	12819,2	0,029	0,00003	0,6727	0,6727
13-14	29,06	832,70	-852,30	0,24	20600,2	0,026	0,00010	0,6727	0,6726
14-15	29,06	644,60	-2612,35	0,73	63140,5	0,020	0,00054	0,6726	0,6722
15-16	29,06	587,40	-3348,68	0,93	80937,6	0,019	0,00077	0,6722	0,6717
16-17	29,06	173,80	-7202,53	2,00	174085,3	0,016	0,00090	0,6717	0,6710
17-18	29,06	319,00	-7369,10	2,05	178111,4	0,016	0,00171	0,6710	0,6697
18-19	29,06	718,30	-7511,57	2,09	181554,8	0,016	0,00399	0,6697	0,6667
19-20	29,06	1068,10	-11657,74	3,24	281767,8	0,015	0,01313	0,6667	0,6568
20-21	29,06	204,60	-12014,63	3,34	290393,9	0,014	0,00266	0,6568	0,6548
21-22	29,06	607,20	-18157,97	5,04	438878,5	0,013	0,01667	0,6548	0,6419
22-23	29,06	424,60	-18329,35	5,09	443020,8	0,013	0,01186	0,6419	0,6326
23-1	29,06	1038,40	-19141,84	5,32	462658,7	0,013	0,03137	0,6326	0,6073

Увязка:

$$\delta \frac{\sum (P_H^2 - P_K^2)_{14-23} - \sum (P_H^2 - P_K^2)_{1-13}}{\sum (P_H^2 - P_K^2)_{14-23}} * 100\% = \frac{0,08369 - 0,02224}{0,08369} * 100\% = 73,42\%$$

Таким образом, для кольца ошибка составляет 73,42%. Ошибка должна быть не более 10%.

Рассчитаем поправочный круговой расход по формуле

$$\Delta Q_k = - \frac{\sum_k (P_n^2 - P_k^2)}{2 \cdot \sum_k \frac{(P_n^2 - P_k^2)}{Q_k}} = \frac{0.10594}{2 \cdot 0,0000029} = 18288,31 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Принимаем $\Delta Q_k = 3900 \text{ м}^3 / \text{ч}$.

Таблица 7.7

Окончательный расчет нормального режима

N	d, см	l, м	Q, м3/ч	Q, м3/с	Re	λ	$P_n^2 - P_k^2$, МПа ²	P_n , МПа	P_k , МПа
ГРС-1	32,74	275,00	36576,61	5	784689,0	0,012	0,01521	0,7000	0,6890
1-2	29,06	165,00	21334,78	10,16	515662,1	0,013	0,00607	0,6890	0,6846
2-3	29,06	390,50	16305,88	5,93	394113,7	0,014	0,00882	0,6846	0,6782
3-4	29,06	236,50	16265,88	4,53	393146,7	0,014	0,00532	0,6782	0,6742
4-5	29,06	189,20	14919,63	4,52	360607,9	0,014	0,00364	0,6742	0,6715
5-6	29,06	324,50	14914,73	4,14	360489,5	0,014	0,00623	0,6715	0,6669
6-7	29,06	487,30	9584,33	4,14	231653,5	0,015	0,00420	0,6669	0,6637
7-8	29,06	452,10	8337,72	2,66	201522,9	0,016	0,00303	0,6637	0,6614
8-9	29,06	631,40	7525,23	2,32	181885,0	0,016	0,00352	0,6614	0,6588
9-10	29,06	826,10	4579,01	2,09	110674,8	0,018	0,00189	0,6588	0,6573
10-11	29,06	834,90	4539,01	1,27	109707,9	0,018	0,00188	0,6573	0,6559
11-12	29,06	216,70	3726,52	1,26	90070,0	0,018	0,00034	0,6559	0,6556
12-13	29,06	617,10	3369,62	1,04	81443,9	0,019	0,00082	0,6556	0,6550
13-14	29,06	832,70	3047,70	0,94	73662,9	0,019	0,00092	0,6550	0,6543
14-15	29,06	644,60	1287,65	0,85	31122,6	0,023	0,00016	0,6543	0,6542
15-16	29,06	587,40	551,32	0,36	13325,5	0,029	0,00003	0,6542	0,6542
16-17	29,06	173,80	-3302,53	0,15	79822,2	0,019	0,00022	0,6542	0,6540
17-18	29,06	319,00	-3469,10	0,92	83848,3	0,019	0,00044	0,6540	0,6536
18-19	29,06	718,30	-3611,57	0,96	87291,7	0,018	0,00107	0,6536	0,6528
19-20	29,06	1068,10	-7757,74	1,00	187504,7	0,016	0,00629	0,6528	0,6480
20-21	29,06	204,60	-8114,63	2,15	196130,8	0,016	0,00131	0,6480	0,6470
21-22	29,06	607,20	-14257,97	2,25	344615,4	0,014	0,01075	0,6470	0,6386
22-23	29,06	424,60	-14429,35	3,96	348757,7	0,014	0,00768	0,6386	0,6326
23-1	29,06	1038,40	-15241,84	4,01	368395,6	0,014	0,02074	0,6326	0,6160

Увязка:

$$\delta = \frac{\sum (P_n^2 - P_k^2)_{14-23} - \sum (P_n^2 - P_k^2)_{1-13}}{\sum (P_n^2 - P_k^2)_{14-23}} * 100\% = \frac{0,04962 - 0,04576}{0,04962} * 100\% = 7,88\%$$

Таблица 7.8

Окончательный расчет ответвлений

N	d _н , мм	d, см	l, м	Q, м3/ч	Q, м3/с	Re	λ	$P_n^2 - P_k^2$, МПа ²	P_n , МПа	P_k , МПа
1	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10
2-ПП-3	160	13,08	139,70	5028,89	1,3969	270045,72	0,014690	0,017439	0,6890	0,6763
3-БН-1	40	3,26	1034,00	40,00	0,0111	8619,14	0,032742	0,018930	0,6782	0,6641
4-25	140	11,46	663,30	1346,25	0,3740	82511,15	0,018699	0,014630	0,6742	0,6633
25-ГРП-2	90	7,36	99,00	1241,71	0,3449	118498,94	0,017317	0,015745	0,6633	0,6513
25-24	75	6,14	174,90	104,54	0,0290	11958,56	0,029876	0,000842	0,6633	0,6627

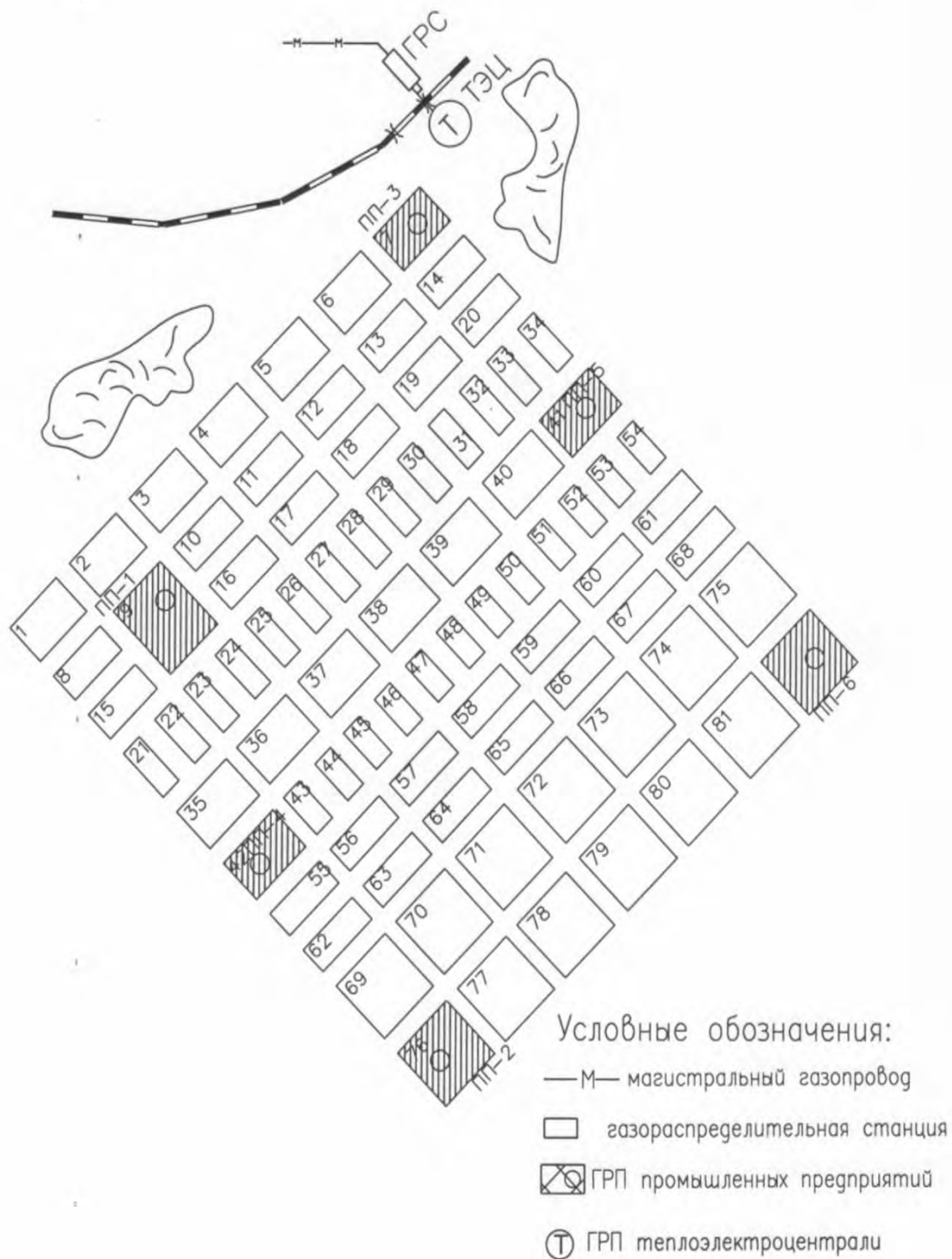
Окончание таблицы 7.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
24-ОП-2	63	5,14	126,50	54,36	0,0151	7428,65	0,034180	0,000458	0,6627	0,6623
24-БЛ-1	63	5,14	483,00	50,18	0,0139	6856,48	0,034996	0,001526	0,6627	0,6615
5-БЛ-2	20	1,54	78,10	4,90	0,0014	2234,50	0,050298	0,001400	0,6715	0,6705
1	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10
6-ПП-5	140	11,46	139,70	5330,41	1,4807	326699,49	0,014168	0,036602	0,6669	0,6388
7-26	90	7,36	299,20	1246,61	0,3463	118966,48	0,017302	0,047922	0,6637	0,6266
26-ГРП-3	90	7,36	99,00	1241,71	0,3449	118498,94	0,017317	0,015745	0,6266	0,6139
26-БЛ-3	20	1,54	627,00	4,90	0,0014	2234,50	0,050298	0,011243	0,6266	0,6175
8-ГРП-4	90	7,36	1008,70	812,49	0,2257	77537,68	0,018953	0,075176	0,6614	0,6019
9-ПП-6	90	7,36	139,70	2946,22	0,8184	281164,28	0,014577	0,105295	0,6588	0,5733
10-БН-3	20	1,54	137,50	40,00	0,0111	18245,71	0,026703	0,087271	0,6573	0,5872
11-ГРП-5	50	4,08	130,90	812,49	0,2257	139871,89	0,016734	0,164540	0,6559	0,5154
12-ОП-4	50	4,08	718,30	356,89	0,0991	61439,96	0,019951	0,207702	0,6556	0,4713
13-ХЗ-2	40	3,26	137,50	321,93	0,0894	69360,34	0,019421	0,096694	0,6550	0,5765
14-ПП-2	63	5,14	139,70	1760,04	0,4889	240509,94	0,015022	0,233102	0,6543	0,4416
15-27	75	6,14	653,40	736,33	0,2045	84232,10	0,018616	0,097220	0,6542	0,5751
27-РОК-1	75	6,14	96,80	379,44	0,1054	43405,54	0,021595	0,004437	0,5751	0,5712
27-ОП-4	110	9	486,20	356,89	0,0991	27852,78	0,024006	0,003239	0,5751	0,5723
16-ПП-4	110	9	139,70	3853,85	1,0705	300763,33	0,014391	0,065053	0,6542	0,6024
17-28	50	4,08	680,90	166,57	0,0463	28676,25	0,023836	0,051243	0,6540	0,6136
28-ОП-3	50	4,08	119,90	54,36	0,0151	9358,64	0,031984	0,001290	0,6136	0,6125
28-БН-2	90	7,36	689,70	112,21	0,0312	10708,67	0,030799	0,001593	0,6136	0,6123
18-29	40	3,26	310,20	142,47	0,0396	30695,10	0,023445	0,051573	0,6536	0,6129
29-ПР-2	25	2,04	104,50	56,18	0,0156	19342,57	0,026304	0,031589	0,6129	0,5866
29-ХЗ-1	40	3,26	473,00	86,29	0,0240	18591,16	0,026574	0,032698	0,6129	0,5856
19-РОК-2	125	10,22	132,00	4146,17	1,1517	284950,04	0,014540	0,038069	0,6528	0,6230
20-ОП-1	50	4,08	102,30	356,89	0,0991	61439,96	0,019951	0,029581	0,6480	0,6247
21-ПП-1	200	16,36	580,80	6143,34	1,7065	263750,76	0,014757	0,035506	0,6470	0,6189
22-ПР-1	40	3,26	119,90	171,38	0,0476	36924,92	0,022430	0,027598	0,6386	0,6166
23-ГРП-1	75	6,14	130,90	812,49	0,2257	92944,19	0,018226	0,023218	0,6326	0,6139

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 62.13330.2011*. Свод правил. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002 [Электронный ресурс]. – Москва : Минрегион России, 2010. – Режим доступа : <https://baxi.ru/upload/illock/3c9>.
2. Попова Н.В. Газораспределительные системы района города : учебно-метод. пособие / Н.В. Попова, Е.В. Михайленко. – Ухта : УГТУ, 2014. – 92 с.
3. СП 131.13330.2012*. Свод правил. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. – Москва : ГУП ЦПП, 2008. – 70 с.
4. Стаскевич Н.Л. Справочник по газоснабжению и использованию газа / Н.Л. Стаскевич, Г.Н. Северинец, Д.Я. Вигдорчик. – Ленинград : Недра, 1990. – 762 с.
5. Кулаков И.Г. Справочник по газоснабжению / И.Г. Кулаков, И.А. Бережнов. – Киев : Будивельник, 1979. – 224 с.
6. Ионин А.А. Газоснабжение : учеб. для вузов / А.А. Ионин – Москва : Стройиздат, 1989. – 439 с.
7. Фалалев, Ю.П. Системы газоснабжения : учеб. пособие / Ю.П. Фалалев, А.А. Клоков, А.И. Марухин. – Нижний Новгород : Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, 1993. – 99 с.
8. СП 42-101-2003. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полимерных труб. – Взамен СП 42-104-97; введ. 08.07.2003. – Изд. офиц. – Москва : ГП ЦПП, 2003. – 172 с.
9. Комина Г.П. Гидравлический расчёт и проектирование газопроводов : учеб. пособие / Г.П. Комина, А.О. Прошутинский. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2010. – 148 с.
10. Скафтымов, Н. А. Основы газоснабжения : учеб. для вузов / Н.А. Скафтымов. – Ленинград : Недра, 1975. – 343 с.
11. ГОСТ Р 21.101-2013. СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации [Электронный ресурс]. – Введ. 01.01.2014. – Режим доступа : docs.cntd.ru/document/1200075974.
12. ГОСТ 21.610-85. СПДС. Газоснабжение. Наружные газопроводы / Госстрой СССР. – Введ. 01.01.1986. – Москва : Изд-во стандартов, 1986. – 6 с.

Генеральный план района города М 1:20 000



Приложение Б

Нормы расхода газа на коммунально-бытовые нужды (из СП 42-101-2003)

Потребители газа	Показатель потребления газа	Нормы расхода теплоты, МДж (тыс. ккал.)
1. Жилые дома		
При наличии в квартире газовой плиты и централизованного горячего водоснабжения при газоснабжении: природным газом СУГ	на 1 чел. в год то же	4100 (970) 3850 (920)
При наличии в квартире газовой плиты и газового водонагревателя (при отсутствии централизованного горячего водоснабжения) при газоснабжении: природным газом СУГ	на 1 чел. в год то же	10000 (2400) 9400 (2250)
При наличии в квартире газовой плиты и отсутствии централизованного горячего водоснабжения газового водонагревателя при газоснабжении: природным газом СУГ	на 1 чел. в год то же	6000 (1430) 5800 (1380)
2. Предприятия бытового обслуживания населения		
Фабрики-прачечные		
на стирку белья в механизированных прачечных	на 1 т сухого белья	8800(2100)
на стирку белья в немеханизированных прачечных с сушильными шкафами	то же	12600(3000)
на стирку белья в механизированных прачечных, включая сушку и глажение	то же	18800 (4500)
Дезкамеры:		
на дезинфекцию белья и одежды в паровых камерах	то же	2240 (535)
на дезинфекцию белья и одежды в горячевоздушных камерах	то же	1260 (300)
Бани: мытье без ванн	на 1 помывку	40 (9,5)
мытье в ваннах	то же	50 (12)
3. Предприятия общественного питания		
Столовые, рестораны, кафе: при приготовлении обедов (вне зависимости от пропускной способности предприятия)	на 1 обед	4,2 (1)
на приготовление завтраков или ужинов	на 1 завтрак или ужин	2,1 (0,5)
4. Учреждения здравоохранения		
Больницы, родильные дома:	на 1 койку в	
на приготовление пищи	год	3200 (760)
на приготовление горячей воды для хозяйственно-бытовых нужд и лечебных процедур (без стирки белья)	то же	9200 (2200)
5. Предприятия по производству хлеба и кондитерских изделий		
Хлебозаводы, комбинаты, пекарни:	на 1 т	
на выпечку хлеба формового	изделий	2500 (600)
на выпечку хлеба подового, батонов, булок, сдобы	то же	5450 (1300)
на выпечку кондитерских изделий (тортов, пирожных, печенья, пряников)	то же	7750 (1850)

Примечания: 1. Нормы расхода теплоты на жилые дома, приведенные в таблице, учитывают расход теплоты на стирку белья в домашних условиях. 2. При применении газа для лабораторных нужд школ, вузов, техникумов и других специальных учебных заведений норму расхода газа следует принимать в размере 50 МДж (12 тыс. ккал) в год на одного учащегося.

Учебное издание

СИСТЕМА ГАЗОСНАБЖЕНИЯ РАЙОНА ГОРОДА

Составители

Куриленко Николай Ильич
Михайлова Лариса Юрьевна

В авторской редакции

Подписано в печать 26.06.2018 Формат 60х90 1/16. Печ. л. 4.
Тираж 500 экз. Заказ № 1015.

Библиотечно-издательский комплекс
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Тюменский индустриальный университет».
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Типография библиотечно-издательского комплекса.
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52.