

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный
институт

Инженерные системы зданий и сооружений
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ А.И. Матюшенко
подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2021г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01 «Строительство»

код и наименование направления

Разработка схемы газоснабжения в г. Северобайкальск

тема

Руководитель

подпись, дата

доцент, к.т.н
должность, ученая степень

И.Б.Оленев
инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

В.С. Захаров
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

И.Б.Оленев
инициалы, фамилия

Красноярск 2021

Содержание

РЕФЕРАТ	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Газоснабжение	5
1.1 Общие сведения о газификации города	5
1.2 Расчет низшей теплоты сгорания и плотности используемого газа	8
1.3 Расчет потребления природного газа населением	9
1.4 Расчет потребления газа котельными города.....	24
1.5 Расчет потребления газа коммунальными объектами (хлебозавод).....	25
1.6 Определение суммарного расхода газа для газоснабжения села.....	26
1.7 Принципиальная схема газоснабжения города.....	26
1.8 Выбор оптимального количества сетевых ГРП	27
1.9 Трассировка газовых сетей в городе.....	27
1.10 Гидравлический расчет распределительных сетей низкого давления	28
1.11 Гидравлический расчет сети среднего давления	92
1.12 Подбор газорегуляторных пунктов и газорегуляторной станции	97
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	104
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	105

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка схемы газоснабжения в г. Северобайкальск» содержит 106 страниц текстового документа, 17 использованных источников, 6 листов графического материала.

ГАЗОСНАБЖЕНИЕ, ГАЗОРЕГУЛЯТОРНЫЙ ПУНКТ, ПОТРЕБЛЕНИЕ ГАЗА, ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГАЗОВЫХ СЕТЕЙ.

Объект – г. Северобайкальск.

Цели работы:

- разработать проектные материалы по газификации г. Северобайкальск;
- выполнить один из вариантов распределительных систем газоснабжения;
- подобрать газовое оборудование для устойчивой работы системы газоснабжения.

Выполнен расчет потребления газа как в целом по городу, так и в отдельности по разнообразным видам потребления в соответствии с требованиями СП 62.13330.2011 Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002. В городе запроектирована двухступенчатая система газоснабжения. Для газификации жилой зоны запроектирована многокольцевая сеть низкого давления с шестью газорегуляторными пунктами. Гидравлический расчет сети низкого давления выполнен с использованием математического моделирования. Для сети среднего давления подобраны диаметры и определено давление в конечных точках сети. Подобрано оборудование 6 газорегуляторных пунктов.

Газификация города предполагается природным газом, добываемым на Ковыктинском месторождении. Материалы, представленные в работе, могут быть использованы как один из вариантов газоснабжения г. Северобайкальск.

ВВЕДЕНИЕ

Доля природного газа в топливном балансе России составляет 60%. Так как природный газ является высокоэффективным энергоносителем, который широко применяется в настоящее время, в условиях экономического роста в стране газификация может составить основу социально-экономического развития регионов России, обеспечить улучшение условий труда и быта населения, а также снижение загрязнения окружающей среды. Основной задачей при использовании природного газа является его рациональное потребление, то есть снижение удельного расхода посредством внедрения экономичных технологических процессов, при которых наиболее полно реализуются положительные свойства газа.

В данной бакалаврской работе представлены материалы по газификации г. Северобайкальск, Республика Бурятия, численность населения которого составляет 23500 человек. Газифицировать г. Северобайкальск предполагается природным газом.

Благодаря техническим решениям, представленным в работе, газификация г. Северобайкальск может вестись на современном технологическом уровне, решая, как задачи газоснабжения населения, так и поддержания экологического баланса.

БР выполнена в соответствии с СП 62.13330.2011 Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002.

1 Газоснабжение

При разработке бакалаврской работы рассмотрели следующие вопросы. Система газоснабжения города должна обеспечивать бесперебойную подачу газа потребителям, быть безопасной в эксплуатации, простой и удобной в обслуживании, а также предусматривать возможность отключения отдельных ее элементов или участков газопроводов для производства ремонтных и аварийных работ. Сооружения, оборудование и узлы в системе газоснабжения следует применять однотипные. Принятый вариант системы должен иметь максимальную экономическую эффективность и предусматривать строительство и ввод в эксплуатацию системы газоснабжения по частям.

При проектировании новых систем газоснабжения городов, использующих в качестве топлива природные газы с избыточным давлением до 1,2 Мпа, необходимо руководствоваться СП 62.13330.2011 и Правилами безопасности в газовом хозяйстве.

Все виды потребления газа в населенном пункте можно условно разделить на следующие группы:

- 1) расход газа населением в квартирах для приготовления пищи и горячей воды;
- 2) расход газа на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий от различных источников теплоснабжения (котельные, местные отопительные установки);
- 3) расход газа на горячее водоснабжение.

1.1 Общие сведения о газификации города

Город Северобайкальск расположен в Республике Бурятия. Численность населения данного поселка составляет 23500 человек.

В поселке находятся котельные: центральная котельная, котельная №6, котельная №10, котельная №12

Газифицировать г. Северобайкальск предполагается природным газом следующего состава горючих компонентов: метан – 85,6%, этан – 4,6%; пропан – 1,3%, бутан – 0,8%, пентан – 0,5%, углекислый газ – 0,2%, азот + редкие газы – 7%.

Метеорологические условия:

- температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, $t_{BH} = 22^{\circ}\text{C}$ [12];
- расчетная наружная для проектирования отопления, $t_{P.O} = -35^{\circ}\text{C}$ [12];
- расчетная наружная для проектирования вентиляции, $t_{P.B.} = -35^{\circ}\text{C}$ [12];
- средняя наружного воздуха за отопительный период, $t_{CP.O} = -9,6^{\circ}\text{C}$ [12];
- продолжительность отопительного периода, $n_0 = 255$ дней [12]. Исходные

данные для газификации жилого сектора – таблица 1

Таблица 1 – Исходные данные для газификации жилого сектора

Номер квартала	Число жителей (потребителей газа)	Площадь отапливаемых помещений автономной системой теплоснабжения, м ²	Примечание
1	160	2880	
2	140	2520	
3	140	2520	
4	130	2340	
5	140	2520	
6	130	2340	
7	140	2520	
8	150	2700	
9	150	2700	
10	140	2520	
11	160	1080	
12	120	2160	
13	940	16920	
14	160	2880	
15	530	9540	
16	490	8820	
17	320	5760	
18	220	1440	
19	180	900	
20	990	17820	
21	820	14760	
22	900	16200	
23	930		Отопление и ГВС от ЦК
24	230		Отопление и ГВС от ЦК
25	230		Отопление и ГВС от ЦК
26	400		Отопление и ГВС от ЦК
27	340		Отопление и ГВС от ЦК
28	540		Отопление и ГВС от ЦК
29	310		Отопление и ГВС от ЦК
30	400		Отопление и ГВС от ЦК
31	270		Отопление и ГВС от ЦК
32	380		Отопление и ГВС от ЦК
33	320		Отопление и ГВС от ЦК
34	290		Отопление и ГВС от ЦК
35	380		Отопление и ГВС от ЦК
36	340		Отопление и ГВС от ЦК
37	210		Отопление и ГВС от ЦК
38	310		Отопление и ГВС от ЦК
39	300		Отопление и ГВС от ЦК
40	280		Отопление и ГВС от ЦК
41	280		Отопление и ГВС от ЦК
42	290		Отопление и ГВС от ЦК
43	200	1260	
44	650	11700	

Окончание таблицы 1 – Исходные данные для газификации жилого сектора

Номер квартала	Число жителей (потребителей газа)	Площадь отапливаемых помещений автономной системой теплоснабжения, м ²	Примечание
45	310	5580	
46	310	5580	
47	640	11520	
48	1060	19080	
49	770	13860	
50	200	1080	
51	220	3960	
52	180	3240	
53	150	2700	
54	150	2700	
55	210	3780	
56	330	5940	
57	420	7560	
58	250	4500	
59	160	2880	
60	160	2880	
61	150	2700	
62	160	2880	
63	190	3420	
64	230	4140	
65	160	2880	
66	210	3780	
67	150	2700	
68	150	2700	
69	160	2880	
70	140	2520	
71	150	2700	
72	170	3060	
73	160	2880	
74	160	2880	
75	150	2700	
76	170	3060	
77	190	3420	
Всего	23500		

Таблица 2 – Исходные данные для расчета потребления природного газа котельными

Абонент	Наименование абонента	Адрес	Вырабатываемая тепловая мощность	
			Гкал/ч	Гкал/год
1	Центральная котельная		81,05	250000
2	Котельная №10	Ул. 18 съезда ВЛКСМ д. 2г	1,5	4200
3	Котельная №6	Ул. 40 лет победы д. 34	1,3	3640
4	Котельная №12	Ул. Космонавтов д.29	3,2	8960

1.2 Расчет низшей теплоты сгорания и плотности используемого газа

Для расчета потребления газа необходимо знать низшую теплоту сгорания сухого газа, кДж/м³, а для проведения гидравлических расчетов плотность газа, кг/м³, и его кинематическую вязкость, м²/с.

Низшая теплота сгорания газа, кДж/м³, определяется как сумма произведений величин, теплоты сгорания горючих компонентов, на их объемные доли по формуле

$$Q_H^P = \frac{\sum (C_m H_n)_i \cdot Q_{H_i}^P}{100} \quad (1)$$

где $(C_m H_n)_i$ - содержание i -го компонента метанового ряда в газе, %;

$Q_{H_i}^P$ - низшая теплота сгорания i -го компонента газа, кДж/м³ [16].

Плотность газа, кг/м³, рассчитывается по формуле

$$\rho_\Gamma = \frac{\sum \delta_i \cdot \rho_i}{100} \quad (2)$$

где δ_i - содержание i -го компонента в газе, % по объему;

ρ_i - плотность сгорания i -го компонента газа, кг/м³ [16].

Кинематическая вязкость газа, м²/с, определяется по формуле

$$v_\Gamma = \frac{\mu_\Gamma}{\rho_\Gamma} \quad (3)$$

где μ_Γ - динамическая вязкость газа, Па·с;

ρ_Γ - плотность газовой смеси, кг/м³, рассчитывается по формуле (28).

Динамическая вязкость газа, Па·с, определяется по формуле

$$\mu_\Gamma = \frac{\sum \delta_i \cdot \mu_i}{100} \quad (4)$$

где δ_i - содержание i -го компонента в газе, % по объему;

μ_i - динамическая вязкость i -го компонента в газе при н.у, Па·с

Газифицировать город Северобайкальск предполагается природным газом следующего состава горючих компонентов: метан – 85,6%, этан – 4,6%; пропан – 1,3%, бутан – 0,8%, пентан – 0,5%, углекислый газ – 0,2%, азот + редкие газы – 7%.

Расчет низшей теплоты сгорания природного газа производится по формуле (1), низшая теплота сгорания природного газа составляет

$$Q_H^P = \frac{85,6 \cdot 35840 + 4,6 \cdot 63730 + 1,3 \cdot 93370 + 0,8 \cdot 123770 + 0,5 \cdot 1466340}{100} = 36550 \frac{\text{кДж}^3}{\text{м}}$$

Расчет плотности природного газа производится по формуле (2), плотность природного газа составляет

$$\rho_\Gamma = \frac{85,6 \cdot 0,7168 + 4,6 \cdot 1,3566 + 1,3 \cdot 2,019 + 0,8 \cdot 2,703 + 0,5 \cdot 3,221}{100} + \frac{7 \cdot 1,2505 + 0,2 \cdot 1,9768}{100} = 0,831 \frac{\text{кг}^3}{\text{м}}$$

Расчет динамической вязкости природного газа производится по формуле (4), динамическая вязкость природного газа составляет

$$\mu_\Gamma = \frac{85,6 \cdot 101 \cdot 10^7 + 4,6 \cdot 86 \cdot 10^7 + 1,3 \cdot 75 \cdot 10^7 + 0,8 \cdot 68 \cdot 10^7}{100} + \frac{0,5 \cdot 2830 \cdot 10^7 + 7 \cdot 165 \cdot 10^7 + 0,2 \cdot 137 \cdot 10^7}{100} = 0,0000118 \text{Па} \cdot \text{с}$$

Кинематическая вязкость природного газа определяется по формуле (3) и составляет $\nu_\Gamma = 0,0000118/0,831=0,0000142 \text{ м}^2/\text{с}$.

1.3 Расчет потребления природного газа населением

Число потребителей газа по микрорайонам выявляют из анализа их населенности, этажности застройки и ее основных характеристик, числа и характеристики предприятий и учреждения городского хозяйства, наличии централизованного горячего водоснабжения, характеристики отопительных систем, топливного и теплового баланса города.

При расчете потребления газа в квартирах и частных домах на коммунально-бытовые нужды норма расхода теплоты отнесена к одному человеку в год.

Годовой расход газа, млн м³/год, потребляемого жилыми зданиями, определяется по формуле

$$Q_{\text{год}}^K = \frac{q_1^K \cdot n_1^K + q_2^K \cdot n_2^K + q_3^K \cdot n_3^K}{Q_H^P} \cdot 10^{-3} \quad (5)$$

где q_1 и n_1 – соответственно норма расхода теплоты на приготовление пищи при наличии в квартире централизованного горячего водоснабжения, МДж/год [16] и количество расчетных единиц данного вида потребления;

q_2 и n_2 – норма расхода теплоты на приготовление пищи и горячей воды при наличии в квартире газового водонагревателя, МДж/год [16] и количество расчетных единиц данного вида потребления;

q_3 и n_3 – норма расхода теплоты на приготовление пищи и горячей воды при отсутствии в квартире газового водонагревателя, МДж/год [16] и количество расчетных единиц данного вида потребления;

Q_H – низшая теплота сгорания сухого газа, кДж/м³.

Годовой расход газа, млн. м³/год, на отопление и вентиляцию жилых застроек вычисляется по формуле

$$Q_{\text{о.в.}} = \left[24 \cdot (1 + k_1) \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}} + Z \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.в}}} \right] \cdot \frac{q_0 \cdot F \cdot n_0}{\eta_0 \cdot Q_H^P} \cdot 10^{-6} \quad (6)$$

где $t_{\text{вн}}$, $t_{\text{р.о}}$, $t_{\text{р.в}}$, $t_{\text{ср.о}}$ – температура соответственно внутреннего воздуха отапливаемых зданий, расчетная наружная для проектирования отопления, расчетная наружная для проектирования вентиляции, средняя наружного воздуха за отопительный сезон, принимается по СП131.13330.2012 «Строительная климатология», °С;

k_1 - коэффициент, учитывающий расход теплоты на отопление жилых и общественных зданий, при отсутствии данных следует принимать равным 0,25;

k_2 - коэффициент, учитывающий расход теплоты на вентиляцию жилых и общественных зданий, при отсутствии данных следует принимать 0,6;

Z - среднее за отопительный период число часов работы системы вентиляции в течение суток (при отсутствии данных принимается 16 часов);

q_0 - укрупненный показатель максимального часового расхода теплоты на отопление жилых зданий F - площадь рассматриваемых зданий, м²;

n_0 - продолжительность отопительного периода (со среднесуточной температурой воздуха 8 °С и менее), принимается по СП 131.13330.2012 «Строительная климатология», сут;

η_0 - КПД отопительных установок в долях единиц, при отсутствии данных для местных котельных принимается $0,8 \div 0,85$, для районных котельных с учетом потерь в тепловых сетях – $0,8$;

Q_H - низшая теплота сгорания сухого газа, кДж/м³.

Часовой расход газа, м³/ч, в жилых домах и на коммунально-бытовые нужды рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{ч}}^j = \frac{Q_{\text{ГОД}}^j \cdot 10^6}{m^j} \quad (7)$$

где $Q_{\text{ГОД}}$ - годовой расход газа, млн м³/год;

m^j - число часов использования максимума, ч/год.

Для жилых домов число часов максимума зависит от числа жителей, снабжаемых газом от сети [16].

Часовой расход газа, м³/ч, на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{ч(О.В)}} = \frac{Q_{\text{О.В}} \cdot 10^6}{m_{\text{О.В.}}} \quad (8)$$

где $Q_{\text{О.В.}}$ - годовой расход газа на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий, млн м³/год;

$m_{\text{О.В.}}$ - число часов использования максимума на отопление, вентиляцию жилых и общественных зданий, ч/год.

Число часов использования максимума, ч/год, на отопление, вентиляцию жилых и общественных зданий вычисляются по формуле

$$m_{\text{О.В.}} = n_0 \left[24 \cdot (1 + k_1) \cdot \frac{t_{\text{ВН}} - t_{\text{СР.О}}}{t_{\text{ВН}} - t_{\text{Р.О}}} + Z \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{t_{\text{ВН}} - t_{\text{СР.О}}}{t_{\text{ВН}} - t_{\text{Р.В}}} \right] \quad (9)$$

где n_0 , $t_{\text{ВН}}$, $t_{\text{СР.О}}$, $t_{\text{Р.О}}$, $t_{\text{Р.В}}$, k_1 , k_2 , Z - то же, что и в формуле (6).

Расчет проведен по формуле (5) и сведен в таблицу 3.

Низшая теплота сгорания сухого газа составляет $Q_H=39130$ кДж/м³ – расчет раздел 1.2. Норма расхода газа на данный вид коммунальных услуг, кДж [16]

Таблица 3 – Расчет годового расхода газа на коммунально-бытовые нужды

Номер квартала	Количество потребителей	Назначение расходуемого газа	Норма расхода газа на одного потребителя		Расход газа, тыс.м ³ /год
			МДж	м ³	
1	160	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	43,776
2	140	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	38,304
3	140	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	38,304
4	130	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	35,568
5	140	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	38,304
6	130	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	35,568
7	140	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	38,304
8	150	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	41,040
9	150	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	41,040
10	140	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	38,304
11	100	Приготовление пищи	4100	112,2	27,633
	60	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	
12	120	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	32,832
13	940	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	257,182
14	160	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	43,776
15	530	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	145,007
16	490	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	134,063
17	320	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	87,551
18	140	Приготовление пищи	4100	112,2	37,592
	80	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	
19	130	Приготовление пищи	4100	112,2	28,263
	50	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	

Продолжение таблицы 3 – Расчет годового расхода газа на коммунально-бытовые нужды

Номер квартала	Количество потребителей	Назначение расходуемого газа	Норма расхода газа на одного потребителя		Расход газа, тыс.м ³ /год
			МДж	м ³	
20	990	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	270,862
21	820	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	224,350
22	900	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	246,238
23	930	Приготовление пищи	4100	112,2	104,323
24	230	Приготовление пищи	4100	112,2	25,800
25	230	Приготовление пищи	4100	112,2	25,800
26	400	Приготовление пищи	4100	112,2	44,870
27	340	Приготовление пищи	4100	112,2	38,140
28	540	Приготовление пищи	4100	112,2	60,575
29	310	Приготовление пищи	4100	112,2	34,774
30	400	Приготовление пищи	4100	112,2	44,870
31	270	Приготовление пищи	4100	112,2	30,287
32	380	Приготовление пищи	4100	112,2	42,627
33	320	Приготовление пищи	4100	112,2	35,896
34	290	Приготовление пищи	4100	112,2	32,531
35	380	Приготовление пищи	4100	112,2	42,627
36	340	Приготовление пищи	4100	112,2	38,140
37	210	Приготовление пищи	4100	112,2	23,557
38	310	Приготовление пищи	4100	112,2	34,774
39	300	Приготовление пищи	4100	112,2	33,653
40	280	Приготовление пищи	4100	112,2	31,409
41	280	Приготовление пищи	4100	112,2	31,409
42	290	Приготовление пищи	4100	112,2	32,531
43	130	Приготовление пищи	4100	112,2	33,753
	70	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	
44	650	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	177,839
45	310	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	84,815
46	310	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	84,815
47	640	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	175,103
48	1060	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	290,014
49	770	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	210,670

Продолжение таблицы 3 – Расчет годового расхода газа на коммунально-бытовые нужды

Номер квартала	Количество потребителей	Назначение расходуемого газа	Норма расхода газа на одного потребителя		Расход газа, тыс.м ³ /год
			МДж	м ³	
50	140	Приготовление пищи и горячей воды	4100	112,2	32,120
	60	Приготовление пищи	10000	273,6	
51	220	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	60,192
52	180	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	49,248
53	150	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	41,040
54	150	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	41,040
55	210	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	57,456
56	330	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	90,287
57	420	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	114,911
58	250	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	68,399
59	160	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	43,776
60	160	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	43,776
61	150	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	41,040
62	160	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	43,776
63	190	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	51,984
64	230	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	62,927
65	160	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	43,776
66	210	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	57,456
67	150	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	41,040
68	150	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	41,040
69	160	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	43,776

Окончание таблицы 3 – Расчет годового расхода газа на коммунально-бытовые нужды

Номер квартала	Количество потребителей	Назначение расходуемого газа	Норма расхода газа на одного потребителя		Расход газа, тыс.м ³ /год
			МДж	мз	
70	140	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	38,304
71	150	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	41,040
72	170	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	46,512
73	160	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	43,776
74	160	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	43,776
75	150	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	41,040
76	170	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	46,512
77	190	Приготовление пищи и горячей воды	10000	273,6	51984
Всего					5191,45

Из таблицы 3 видно, что годовой расход газа на коммунально-бытовые нужды составляет 5191,45 тыс. м³/год.

Расчет часового расхода газа на коммунально-бытовые нужды.

Расчет проведен по формуле (7) и сведен в таблицу 4. Годовой расход газа из таблицы 3. Число часов использования максимума, ч/год [16].

Таблица 4 – Расчет часового расхода газа на коммунально-бытовые нужды

Номер квартала	Годовой расход газа, млн м ³ /год	Число часов максимума	Часовой расход газа, м ³ /ч
1	43,776	1800	24,3
2	38,304	1800	21,3
3	38,304	1800	21,3
4	35,568	1800	19,8
5	38,304	1800	21,3
6	35,568	1800	19,8
7	38,304	1800	21,3
8	41,040	1800	22,8
9	41,040	1800	22,8
10	38,304	1800	21,3
11	27,633	1800	15,4
12	32,832	1800	18,2
13	257,182	1800	142,9
14	43,776	1800	24,3

Продолжение таблицы 4 – Расчет часового расхода газа на коммунально-бытовые нужды

15	145,007	1800	80,6
16	134,063	1800	74,5
17	87,551	1800	48,6
18	37,592	1800	20,9
19	28,263	1800	15,7
20	270,862	1800	150,5
21	224,350	1800	124,6
22	246,238	1800	136,8
23	104,323	1800	58,0
24	25,800	1800	14,3
25	25,800	1800	14,3
26	44,870	1800	24,9
27	38,140	1800	21,2
28	60,575	1800	33,7
29	34,774	1800	19,3
30	44,870	1800	24,9
31	30,287	1800	16,8
32	42,627	1800	23,7
33	35,896	1800	19,9
34	32,531	1800	18,1
35	42,627	1800	23,7
36	38,140	1800	21,2
37	23,557	1800	13,1
38	34,774	1800	19,3
39	33,653	1800	18,7
40	31,409	1800	17,4
41	31,409	1800	17,4
42	32,531	1800	18,1
43	33,735	1800	18,7
44	177,839	1800	98,8
45	84,815	1800	47,1
46	84,815	1800	47,1
47	175,103	1800	97,3
48	290,014	1800	161,1
49	210,670	1800	117,0
50	32,120	1800	17,8
51	60,192	1800	33,4
52	49,248	1800	27,4
53	41,040	1800	22,8
54	41,040	1800	22,8
55	57,456	1800	31,9
56	90,287	1800	50,2
57	114,911	1800	63,8
58	68,399	1800	38,0
59	43,776	1800	24,3
60	43,776	1800	24,3
61	41,040	1800	22,8
62	43,776	1800	24,3
63	51,984	1800	28,9
64	62,927	1800	35,0

Окончание таблицы 4 – Расчет часового расхода газа на коммунально-бытовые нужды

Номер квартала	Годовой расход газа, млн м ³ /год	Число часов максимума	Часовой расход газа, м ³ /ч
65	43,776	1800	24,3
66	57,456	1800	31,9
67	41,040	1800	22,8
68	41,040	1800	22,8
69	43,776	1800	24,3
70	38,304	1800	21,3
71	41,040	1800	22,8
72	46,512	1800	25,8
73	43,776	1800	24,3
74	43,776	1800	24,3
75	41,040	1800	22,8
76	46,512	1800	25,8
77	51,984	1800	28,9
Всего			2883,9

Расчет годового расхода газа на нужды отопления и вентиляции.

Расчет проведен по формуле (6) и сведен в таблицу 5.

Исходные данные для расчета:

– раздел 1.1

– укрупненный показатель максимального часового расхода теплоты на отопление жилых зданий, $g = 649$ кДж/ч на 1 м² жилой площади [16].

Таблица 5 – Расчет годового расхода газа на нужды отопления и вентиляции

Номер квартала	Жилая площадь отапливаемых помещений частного сектора, м	Расход газа, тыс.м ³ /год
1	2880	292,769
2	2520	256,173
3	2520	256,173
4	2340	237,875
5	2520	256,173
6	2340	237,875
7	2520	256,173
8	2700	274,471
9	2700	274,471
10	2520	256,173
11	1080	109,788
12	2160	219,577
13	16920	1720,019
14	2880	292,769
15	9540	969,798
16	8820	896,605
17	5760	585,538
18	1440	146,385
19	900	91,490

Окончание таблицы 5 – Расчет годового расхода газа на нужды отопления и вентиляции

Номер квартала	Жилая площадь отапливаемых помещений частного сектора, м	Расход газа, тыс.м ³ /год
20	17820	1811,509
21	14760	1500,442
22	16200	1646,826
43	1260	128,086
44	11700	1189,375
45	5580	567,240
46	5580	567,240
47	11520	1171,077
48	19080	1939,596
49	13860	1408,951
50	1080	109,788
51	3960	402,558
52	3240	329,365
53	2700	274,471
54	2700	274,471
55	3780	384,259
56	5940	603,836
57	7560	768,519
58	4500	457,452
59	2880	292,769
60	2880	292,769
61	2700	274,471
62	2880	292,769
63	3420	347,663
64	4140	420,856
65	2880	292,769
66	3780	384,259
67	2700	274,471
68	2700	274,471
69	2880	292,769
70	2520	256,173
71	2700	274,471
72	3060	311,067
73	2880	292,769
74	2880	292,769
75	2700	274,471
76	3060	311,067
77	3420	347,663
Всего		28965,84

Из таблицы 5 видно, что годовой расход газа на нужды отопления и вентиляции составляет 28965,84 тыс.м³/год.

Расчет часового расхода газа на нужды отопления и вентиляции.

Расчет проведен по формуле (8) и сведен в таблицу 6. Годовой расход газа из

таблицы 5.

Число часов использования максимума на отопление и вентиляцию определяется по формуле (9) и составляет

$$m_{\text{ов}} = 255 \cdot (24 \cdot (1 + 0,25)) \cdot \frac{22 - (-9,6)}{22 - (-35)} + 16 \cdot 0,25 \cdot 0,6 \cdot \frac{22 - (-9,6)}{22 - (-35)}$$

$$= 4580 \text{ ч/год}$$

Таблица 6 – Расчет часового расхода газа на нужды отопления и вентиляции жилого сектора

Номер квартала	Годовой расход газа, тыс.м ³ /год	Число часов максимума	Часовой расход газа, м ³ /ч
1	292,769	4580	63,9
2	256,173	4580	55,9
3	256,173	4580	55,9
4	237,875	4580	51,9
5	256,173	4580	55,9
6	237,875	4580	51,9
7	256,173	4580	55,9
8	274,471	4580	59,9
9	274,471	4580	59,9
10	256,173	4580	55,9
11	109,788	4580	24,0
12	219,577	4580	47,9
13	1720,019	4580	375,6
14	292,769	4580	63,9
15	969,798	4580	211,7
16	896,605	4580	195,8
17	585,538	4580	127,8
18	146,385	4580	32,0
19	91,490	4580	20,0
20	1811,509	4580	395,5
21	1500,442	4580	327,6
22	1646,826	4580	359,6
43	128,086	4580	28,0
44	1189,375	4580	259,7
45	567,240	4580	123,9
46	567,240	4580	123,9
47	1171,077	4580	255,7
48	1939,596	4580	423,5
49	1408,951	4580	307,6
50	109,788	4580	24,0
51	402,558	4580	87,9
52	329,365	4580	71,9
53	274,471	4580	59,9
54	274,471	4580	59,9
55	384,259	4580	83,9
56	603,836	4580	131,8
57	768,519	4580	167,8
58	457,452	4580	47,9

Окончание таблицы 6 – Расчет часового расхода газа на нужды отопления и вентиляции жилого сектора

Номер квартала	Годовой расход газа, тыс.м ³ /год	Число часов максимума	Часовой расход газа, м ³ /ч
59	292,769	4580	63,9
60	292,769	4580	63,9
61	274,471	4580	59,9
62	292,769	4580	63,9
63	347,663	4580	75,9
64	420,856	4580	91,9
65	292,769	4580	63,9
66	384,259	4580	83,9
67	274,471	4580	59,9
68	274,471	4580	59,9
69	292,769	4580	63,9
70	256,173	4580	55,9
71	274,471	4580	59,9
72	311,067	4580	67,9
73	292,769	4580	63,9
74	292,769	4580	63,9
75	274,471	4580	59,9
76	311,067	4580	67,9
77	347,663	4580	75,9
Всего			6323,8

Часовой расход газа на нужды отопления и вентиляции в г. Северобайкальск по результатам расчета из таблицы 6 равен 6323,8 м³/ч.

Расчет годового расхода газа потребителями, расположенными в жилой зоне г. Северобайкальск.

Расчет сведен в таблицу 7. Исходные данные: таблицы 3 и 5.

Таблица 7 – Расчет годового расхода газа потребителями

Номер квартала	Расход газа, тыс.м ³ /год		
	на коммунально-бытовые нужды	на отопление и вентиляцию	всего
1	43,776	292,769	336,545
2	38,304	256,173	294,477
3	38,304	256,173	294,477
4	35,568	237,875	273,443
5	38,304	256,173	294,477
6	35,568	237,875	273,443
7	38,304	256,173	294,477
8	41,040	274,471	315,511
9	41,040	274,471	315,511
10	38,304	256,173	294,477
11	27,633	109,788	137,421
12	32,832	219,577	252,409
13	257,182	1720,019	1977,201

Продолжение таблицы 7 – Расчет годового расхода газа потребителями

Номер квартала	Расход газа, тыс.м ³ /год		
	на коммунально-	на отопление и вентиляцию	всего
14	43,776	292,769	336,545
15	145,007	969,798	1114,805
16	134,063	896,605	1030,668
17	87,551	585,538	673,089
18	37,592	146,385	183,977
19	28,263	91,490	119,753
20	270,862	1811,509	2082,371
21	224,350	1500,442	1724,792
22	246,238	1646,826	1893,064
23	104,323	0,000	104,323
24	25,800	0,000	25,800
25	25,800	0,000	25,800
26	44,870	0,000	44,870
27	38,140	0,000	38,140
28	60,575	0,000	60,575
29	34,774	0,000	34,774
30	44,870	0,000	44,870
31	30,287	0,000	30,287
32	42,627	0,000	42,627
33	35,896	0,000	35,896
34	32,531	0,000	32,531
35	42,627	0,000	42,627
36	38,140	0,000	38,140
37	23,557	0,000	23,557
38	34,774	0,000	34,774
39	33,653	0,000	33,653
40	31,409	0,000	31,409
41	31,409	0,000	31,409
42	32,531	0,000	32,531
43	33,735	128,086	161,821
44	177,839	1189,375	1367,214
45	84,815	567,240	652,055
46	84,815	567,240	652,055
47	175,103	1171,077	1346,180
48	290,014	1939,596	2229,610
49	210,670	1408,951	1619,621
50	32,120	109,788	141,908
51	60,192	402,558	462,750
52	49,248	329,365	378,613
53	41,040	274,471	315,511
54	41,040	274,471	315,511
55	57,456	384,259	441,715
56	90,287	603,836	694,123
57	114,911	768,519	883,430
58	68,399	457,452	525,851
59	43,776	292,769	336,545
60	43,776	292,769	336,545

Окончание таблицы 7 – Расчет годового расхода газа потребителями

Номер квартала	Расход газа, тыс.м ³ /год		
	на коммунально-	на отопление и вентиляцию	всего
61	41,040	274,471	315,511
62	43,776	292,769	336,545
63	51,984	347,663	399,647
64	62,927	420,856	483,783
65	43,776	292,769	336,545
66	57,456	384,259	441,715
67	41,040	274,471	315,511
68	41,040	274,471	315,511
69	43,776	292,769	336,545
70	38,304	256,173	294,477
71	41,040	274,471	315,511
72	46,512	311,067	357,579
73	43,776	292,769	336,545
74	43,776	292,769	336,545
75	41,040	274,471	315,511
76	46,512	311,067	357,579
77	51,984	347,663	399,647
Всего			34157,291

Годовой расход природного газа потребителями, расположенными в г. Северобайкальск составляет 34157,29 тыс.м³/год.

Расчет часового расхода газа потребителями, расположенными в жилой зоне г. Северобайкальск.

Расчет сведен в таблицу 8. Исходные данные: таблицы 6 и 8.

Таблица 8 – Расчет часового расхода газа потребителями

Номер квартала	Расход газа, м ³ /ч		
	на коммунально-бытовые нужды	на отопление и вентиляцию	всего
1	24,3	63,9	88,2
2	21,3	55,9	77,2
3	21,3	55,9	77,2
4	19,8	51,9	71,7
5	21,3	55,9	77,2
6	19,8	51,9	71,7
7	21,3	55,9	77,2
8	22,8	59,9	82,7
9	22,8	59,9	82,7
10	21,3	55,9	77,2
11	15,4	24,0	39,4
12	18,2	47,9	66,1
13	142,9	375,6	518,5
14	24,3	63,9	88,2
15	80,6	211,7	292,3

Продолжение таблицы 8 – Расчет часового расхода газа потребителями

Номер квартала	Расход газа, м ³ /ч		
	на коммунально-бытовые нужды	на отопление и вентиляцию	всего
16	74,5	195,8	270,3
17	48,6	127,8	176,4
18	20,9	32,0	52,9
19	15,7	20,0	35,7
20	150,5	395,5	546,0
21	124,6	327,6	452,2
22	136,8	359,6	496,4
23	58,0	-	58,0
24	14,3	-	14,3
25	14,3	-	14,3
26	24,9	-	24,9
27	21,2	-	21,2
28	33,7	-	33,7
29	19,3	-	19,3
30	24,9	-	24,9
31	16,8	-	16,8
32	23,7	-	23,7
33	19,9	-	19,9
34	18,1	-	18,1
35	23,7	-	23,7
36	21,2	-	21,2
37	13,1	-	13,1
38	19,3	-	19,3
39	18,7	-	18,7
40	17,4	-	17,4
41	17,4	-	17,4
42	18,1	-	18,1
43	18,7	28,0	46,7
44	98,8	259,7	358,5
45	47,1	123,9	171,0
46	47,1	123,9	171,0
47	97,3	255,7	353,0
48	161,1	423,5	584,6
49	117,0	307,6	424,6
50	17,8	24,0	41,8
51	33,4	87,9	121,3
52	27,4	71,9	99,3
53	22,8	59,9	82,7
54	22,8	59,9	82,7
55	31,9	83,9	115,8
56	50,2	131,8	182,0
57	63,8	167,8	231,6
58	38,0	99,9	137,9
59	24,3	63,9	88,2
60	24,3	63,9	88,2
61	22,8	59,9	82,7
62	24,3	63,9	88,2

Окончание таблицы 8 – Расчет часового расхода газа потребителями

Номер квартала	Расход газа, м ³ /ч		
	на коммунально-бытовые нужды	на отопление и вентиляцию	всего
63	28,9	75,9	104,8
64	35,0	91,9	126,9
65	24,3	63,9	88,2
66	31,9	83,9	115,8
67	22,8	59,9	82,7
68	22,8	59,9	82,7
69	24,3	63,9	88,2
70	21,3	55,9	77,2
71	22,8	59,9	82,7
72	25,8	67,9	93,7
73	24,3	63,9	88,2
74	24,3	63,9	88,2
75	22,8	59,9	82,7
76	25,8	67,9	93,7
77	28,9	75,9	104,8
Всего			9207,7

Часовой расход природного газа потребителями, расположенными в г. Северобайкальск составляет 9207,7 м³/ч.

1.4 Расчет потребления газа котельными города

Тепловая энергия, идущая на нужды населения, вырабатывается в котлах малой мощности, установленных в четырех котельных, расположенных в городе. Исходные данные к расчету приведены в таблице 2.

Годовой расхода газа в целом по котельной, млн. м³/год, определяется по формуле

$$Q_{\text{ГОД}}^P = \frac{4,187 \cdot D}{Q_H \cdot (\eta/100)} \quad (10)$$

где D – нагрузка котельной в течение года, Гкал/год;

Q_H – низшая теплота сгорания сухого газа, кДж/м³, [раздел 1.2].

η – коэффициент полезного действия котла при работе на газе, %.

Требуемый часовой расход газа на котел, м³/ч, определяется по формуле

$$Q_{\text{Ч}} = \frac{4,187 \cdot D^{\text{Ч}}}{Q_H \cdot (\eta/100)} \cdot 10^3 \quad (11)$$

где $D^{\text{Ч}}$ – нагрузка котла, Гкал/год;

Q_H – низшая теплота сгорания сухого газа, кДж/м³, [раздел 1.2].

η – коэффициент полезного действия котла при работе на газе, %.

Расчет потребления природного газа котельными проведен по формулам (10) и (11) и приведен в таблице 9. Низшая теплота сгорания $Q_H=36550$ кДж/м³.

Таблица 9 – Расчет потребления природного газа котельными

Абонент	Производительность котла		КПД	Расход газа, м ³ /ч	тыс.м ³ /год
	Гкал/ч	Гкал/год			
Центральная котельная	81,05	250000	90	6705,6	31820,9
Котельная №10	1,5	4200	90	124,1	534,592
Котельная №6	1,3	3640	90	107,6	463,313
Котельная №12	3,2	8960	90	264,8	1140,46
Всего				7202,1	33959,3

Для газоснабжения котельных города Северобайкальск требуется 33959,3 тыс.м³/год газа.

1.5 Расчет потребления газа коммунальными объектами (хлебозавод)

При расчете потребления газа хлебозаводом, норма расхода теплоты отнесена к одной тонне выпускаемой продукции. При производстве хлеба расчет ведется в предположении, что объем суточной выпечки на 1000 жителей составляет 0,6... 0,8 т.

Количество расчетных единиц потребления для хлебозаводов определяется по формуле

$$n^X = \frac{P}{1000} \cdot 365 \cdot N_i \cdot \frac{\delta^X}{100} \quad (12)$$

где P - объем суточной выпечки на 1000 жителей, т;

N_i - численность населения, чел.

δ^X - процент охвата населения услугами хлебозавода, %.

Годовой расход газа, млн. м³/год, потребляемого хлебозаводами, определяется по формуле

$$Q_{\text{год}}^X = \frac{q^X \cdot n^X}{Q_H^P} \cdot 10^{-3} \quad (13)$$

где q^X и n^X - соответственно норма расхода теплоты при выпечке хлеба и кондитерских изделий, МДж/год [16] и количество расчетных единиц данного вида потребления;

Q_H^P - низшая теплота сгорания сухого газа, кДж/м³.

Расчет количества расчетных единиц потребления для хлебозавода проводится по формуле (12) и составляет

$$n^x = \frac{0,7}{1000} \cdot 365 \cdot 23500 = 6004,3 \text{ ед}$$

Годовой расход газа, потребляемого хлебозаводами, рассчитывается по формуле (13) и составляет

$$Q_{\text{Год}}^x = \frac{6004,3 \cdot 2500}{36550} = 410,687 \text{ тыс. м}^3/\text{год}$$

Часовой расход газа, м³/ч, для коммунально-бытовых предприятий рассчитывается по формуле (7) и составляет

$$Q_{\text{Ч}}^x = \frac{410,687 \cdot 1000}{6000} = 68,4 \text{ м}^3/\text{ч}$$

1.6 Определение суммарного расхода газа для газоснабжения села

На основании расчетов в разделах 1.2 – 1.5 данные о расходах газа по видам потребления приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Расход газа по видам потребления в г. Северобайкальск

Наименование абонента	Часовой расход газа, м ³ /ч	Расход газа тыс.м ³ /год
КБП население	2883,9	5191,449
ОВ население	6323,8	28965,842
Население	9207,7	34157,291
Центральная котельная	6705,6	31820,945
Котельная №10	124,1	534,592
Котельная №6	107,6	463,313
Котельная №12	264,8	1140,463
Хлебозавод	68,4	410,687
Всего	16478,2	68527,291

1.7 Принципиальная схема газоснабжения города

В выпускной работе предлагается двухступенчатая система газоснабжения, низкого и среднего давления.

Система состоит из комбинированной сети среднего давления, запитанной от ГРС, которая размещается на северо-западе города и четырех комбинированных сетей низкого давления.

Первая, вторая и третья сеть низкого давления присоединяется к сети среднего давления при помощи 2 сетевых ГРП и состоит из 3 колец и тупиковых ответвлений.

Четвертая сеть низкого давления присоединяется к сети среднего давления при помощи 1 сетевого ГРП и состоит из тупиковых ответвлений.

Котельная №6 запитывается от сети низкого давления №1, котельная №10 и котельная №12 запитывается от сети низкого давления №3, хлебозавод запитывается от сети низкого давления №4.

1.8 Выбор оптимального количества сетевых ГРП

Для подвода газа в город проектом предусмотрен комбинированный распределительный подземный газопровод среднего давления, к которому производится присоединение шести сетевых ГРП.

Из условия оптимального расстояния действия ГРП, снижающего давление со среднего до низкого, в городе предусматривается проектирование шести сетевых газорегуляторных пунктов.

1.9 Трассировка газовых сетей в городе

На территории города Северобайкальск газопроводы среднего давления прокладываются под землей, газопроводы низкого давления прокладываются подземно.

Выбор трассы газопроводов производится с учетом коррозионной активности грунтов и наличия блуждающих токов, плотности застройки, экономической эффективности и т. д.

Вводы газопроводов в жилые дома предусматриваются в нежилые вводы газопроводов в общественные и жилые здания осуществлять непосредственно в помещения, где установлены газовые приборы. Вводы не должны проходить через фундаменты и под фундаментами зданий.

Соединение стальных труб выполняется на сварке. Резьбовые и фланцевые соединения предусматриваются в местах установки запорной арматуры, горелок, контрольно-измерительных приборов, автоматики и др.

Минимальные расстояния по горизонтали и вертикали между газопроводами и зданиями, промпроводками, сооружениями принимаются проектными организациями в соответствии с действующими нормативными документами. Допускается уменьшение этих расстояний в стесненных условиях. Решение об этом принимается проектной организацией с указанием дополнительных мероприятий по качеству применяемых труб, контролю сварных соединений и др. Глубина прокладки газопроводов принимается не менее 0,8 м до верха газопровода или футляра, допускается уменьшение до 0,6 м в местах, где нет проезда транспорта.

Надземные газопроводы прокладываются на негорючих опорах или по стенам зданий.

В котельных проектом предлагается для снижения давления газа перед

газогорелочными устройствами установить газорегуляторные установки. С учетом планировки г. Северобайкальск, для газоснабжения жилого сектора проектируются подземные кольцевые сети низкого давления, тупиковые участки проектируются надземными.

При газификации города Северобайкальск в центральной части прокладываются подземные газопроводы низкого давления, тупиковые участки проектируются надземными по экономическим соображениям.

1.10 Гидравлический расчет распределительных сетей низкого давления

Гидравлический расчет, как смешанных газовых сетей низкого давления, так и тупиковых состоит из нескольких последовательных этапов.

На первом этапе, согласно принятой принципиальной схеме, производят трассировку распределительной сети, в результате чего выявляют контуры газопроводов в закольцованной части. Так же выявляют сектора, обслуживаемые тупиковыми участками комбинированной газовой сети или сектора, если сеть является тупиковой.

На втором этапе газовую сеть разбивают на участки, к которым будет присоединено большое число различных потребителей. Это могут быть отдельные стояки жилых зданий, отдельные жилые здания, коммунальные, общественные и прочие потребители. Кроме того, к ним присоединяют ответвления, которые подают газ группам зданий. Отличительная особенность этих потребителей состоит в том, что заранее не известны места их присоединения к газопроводу.

На третьем этапе определяются длины участков и предварительные расчетные расходы газа на участках, для закольцованной части газовой указывается направление движения газа.

На четвертом этапе определяются диаметры газопроводов закольцованной части газовой сети.

На пятом этапе проводится гидравлический расчет закольцованной части газовой сети, увязываются кольца, определяется давление в узловых точках, для выполнения данного этапа мною разработана компьютерная (математическая) модель работы газовой сети.

На шестом этапе проводится гидравлический расчет тупиковых ответвлений и проверяется полнота использования перепада давления.

Гидравлический расчет закольцованной части газовой сети является наиболее трудоемким этапом выполнения поставленной задачи. Его рекомендуется выполнять с использованием современных вычислительных средств, позволяющих решить поставленную задачу с использованием математического (компьютерного) моделирования.

При движении газа по трубопроводам происходит постепенное снижение первоначального давления за счет преодоления сил трения и местных сопротивлений, которые определяются по формуле

$$\Delta p = \Delta p_{TR} + \Delta p_{M.C.} \text{ Па} \quad (14)$$

где Δp_{TR} - потери давления на трение, Па;

$\Delta p_{M.C.}$ - потери давления в местных сопротивлениях, Па.

Средняя скорость движения газа в газопроводе определяются по формуле

$$w = V/F \text{ м/м} \quad (15)$$

где w - средняя скорость движения газа, м/с,

V - объемный расход газа, м³/ч;

F - площадь поперечного сечения участка газопровода, м².

В зависимости от скорости потока, диаметра трубы и вязкости газа течение его может быть ламинарным, т. е. упорядоченным в виде движущихся один относительно другого слоев, и турбулентным, когда в потоке газа возникают завихрения и слои перемешиваются между собой.

Режим движения газа характеризуется величиной критерия Рейнольдса

$$Re = \frac{w \cdot D}{\nu} \quad (16)$$

где w - скорость потока газа, м/с;

D - внутренний диаметр газопровода, м;

ν - кинематическая вязкость газа, м²/с.

При $Re < 2000$ в газопроводах газ движется в режиме ламинарного течения, а при $Re > 4000$ в режиме турбулентного течения. При $2000 > Re > 4000$ в газопроводе возникает так называемая критическая область движения газа (переходная от ламинарного течения в турбулентное).

Для сетей низкого давления потери давления на преодоление сил трения описываются формулой

$$p_H - p_K = 626.1 \cdot \lambda \frac{V^2}{d^5} \cdot \rho l \text{ Па} \quad (17)$$

где p_H - давление в начале газопровода, Па;

p_K - давление в конце газопровода, Па;

λ - безразмерный коэффициент гидравлического трения;

V - объемный расход газа, м³/ч;

d - внутренний диаметр газопровода, см;

ρ - плотность газа при нормальных условиях, кг/м³;

l - длина газопровода, м.

Коэффициент гидравлического трения λ определяется в зависимости от режима движения газа по газопроводу, характеризуемого числом Рейнольдса. Учитывая, что при определении потерь давления на преодоление сил трения по формуле (17), используются объемный расход газа, выраженный в м³/ч, и внутренний диаметр газопровода, выраженный в см, подставляя эти значения в формулу (16), получаем формулу критерия Рейнольдса для этих расчетных величин

$$Re = 0,0354 \cdot \frac{V}{dv'} \quad (18)$$

где V - объемный расход газа, м³/ч;

d - внутренний диаметр газопровода, см; v

v' - кинематическая вязкость газа, м²/с.

Турбулентное движение газа в газопроводе может происходить в так называемой зоне гидравлическигладких труб, и в зоне, когда на гидравлическое сопротивление влияет шероховатость стенки. Критерием гидравлической гладкости внутренней стенки газопровода является значение, определяемое по формуле:

$$Re \left(\frac{k}{d} \right) < 23 \quad (19)$$

где Re – число Рейнольдса;

k - эквивалентная абсолютная шероховатость внутренней поверхности стенки трубы, см;

d - внутренний диаметр газопровода, см.

Эквивалентная абсолютная шероховатость внутренней поверхности стенки газопровода, принимаемая равной: для новых стальных труб 0,01 см, для стальных бывших в эксплуатации - 0,1 см, для полиэтиленовых независимо от времени эксплуатации - 0,0007 см, для медных труб - 0,001 см.

При расчете газопроводов безразмерный коэффициент гидравлического трения λ определяется:

- для ламинарного режима движения газа ($Re < 2000$) по формуле Стокса

$$\lambda = \frac{64}{Re'} \quad (20)$$

- для переходного (критического) режима движения газа ($2000 > Re > 4000$) по формуле Зайченко

$$\lambda = 0,0025 \cdot \sqrt[3]{Re} \quad (21)$$

- для турбулентного режима движения газа ($Re > 4000$) безразмерный коэффициент гидравлического трения для гидравлически гладкой стенки при $Re \left(\frac{k}{d}\right) < 23$, определяется при $4000 > Re > 100000$ по формуле Блазиуса (22) и при $Re > 100000$ формуле Альтшуля (23)

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} \quad (22)$$

$$\lambda = \frac{1}{(1,82 \cdot \lg Re - 1,64)^2} \quad (23)$$

- для турбулентного режима движения газа ($Re > 4000$) для гидравлически шероховатой стенки при $Re \left(\frac{k}{d}\right) > 23$ по формуле Альтшуля

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{k}{d} + \frac{68}{Re}\right)^{0,25} \quad (24)$$

Основной целью гидравлического расчета закольцованной части газовой сети является определение давления газа в узловых точках, которое должно быть больше разности начального давления газа после ГРП и допустимых потерь давления характерных для газовой сети. Для того чтобы определить давление газа в узловых точках необходимо провести увязку колец газовой сети. Для кольцевых газовых сетей приемлемо при увязке колец использовать уравнение, аналогичное второму закону Кирхгофа для электрических сетей: алгебраическая сумма всех перепадов давлений в замкнутом контуре равна нулю при условии, если в этом контуре нет нагнетателей, т.е.

$$\sum \Delta P_{\text{ПО КОЛЬЦУ}} = 0.$$

Для того чтобы определить, увязаны ли все кольца газовой сети с допустимой погрешностью не влияющей на давление газа в узловых точках, для каждого кольца определяется относительная ошибка по формуле

$$\Delta = \frac{\sum \Delta P}{0,5 \cdot \Delta P / \cdot 100\%} \quad (25)$$

где Δ - относительная ошибка, %;

$\sum \Delta P$ - суммарные потери давления всех участков кольца, Па;

$/\sum \Delta P /$ - суммарные потери давления всех участков кольца по модулю, Па.

Потери давления на участке газовой сети складываются из потерь давления на преодоление сил трения и потерь давления в местных сопротивлениях. Для сетей низкого давления потери давления на преодоление сил трения описываются формулой (17), потери давления в местных сопротивлениях в распределительных газопроводах большой протяженности принимают равными 10 % от последних независимо от материала труб. Таким образом, общие потери давления на отдельно взятом участке газовой сети можно охарактеризовать формулой

$$\Delta P = 1,1 \cdot 626,1 \cdot \lambda \cdot \frac{Q_P^2}{d^5} \rho l \text{ Па} \quad (26)$$

где ΔP - потери давления на рассматриваемом участке, Па;

Q_P - расчетный расход газа на участке, м³/ч;

λ - безразмерный коэффициент гидравлического трения, определяется по одной из формул (20-24) в зависимости от режима течения газа и шероховатости внутренней поверхности труб;

d - внутренний диаметр газопровода, см;

ρ - плотность газа при нормальных условиях, кг/м³; l

l - длина участка газопровода, м.

Для того чтобы добиться увязки колец газовой сети с относительной ошибкой менее 1% потребуется несколько приближений с учетом откорректированного расхода на каждом участке.

Чтобы определить откорректированного расхода газа на каждом участке, необходимо знать поправочный круговой расход в кольце. Для этого необходимо вычислить величину зависимости потерь давления и расхода на участках - $\Delta P/Q_P$, где ΔP - потери давления на участке, Па; Q_P - расчетный расход газа на участке, м³/ч.

Первый поправочный круговой расход рассчитывается по формуле

$$\Delta Q_{K_i}^1 = \frac{-\sum \Delta P}{1,75 \sum \frac{\Delta P}{Q_P}} \text{ м}^3/\text{ч} \quad (27)$$

где ΔQ_K - первый поправочный круговой расход в рассматриваемом кольце, м³/ч;

$\sum \Delta P$ - потери давления в кольце, Па;

$\sum \frac{\Delta P}{Q}$ - зависимость потерь давления и расхода в кольце.

Поправочные круговые расходы для колец сети определяются с учетом рассчитанного поправочного расхода предыдущих колец. Для первого кольца поправочный круговой расход определяется по формуле

$$\Delta Q_{K_1} = \Delta Q_{K_1}^1 + \frac{\sum((\Delta P/Q_P)_n \Delta Q_{K_n}^1)}{\sum(\Delta P/Q_P)_1} \text{ м}^3/\text{ч} \quad (28)$$

где ΔQ_K - поправочный круговой расход первого по ходу расчета кольца, $\text{м}^3/\text{ч}$;

ΔQ_{K_1} - первый поправочный круговой расход первого кольца, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$(\Delta P/Q_P)_n$ - зависимость потерь давления и расхода на участках соседнего кольца, попадающих в контур расчетного кольца;

ΔQ_{K_n} - первый поправочный круговой расход в n -м кольце, $\text{м}^3/\text{ч}$

$\sum(\Delta P/Q_P)_1$ - зависимость потерь давления и расхода в первом кольце.

При определении величины $\sum((\Delta P/Q_P)_n \Delta Q_{K_n})$ учитываются все участки соседних колец, попадающих в контур расчетного кольца.

Поправочные круговые расходы для последующих колец сети определяются по формуле

$$\Delta Q_{K_i} = \Delta Q_{K_i}^1 + \frac{\sum((\Delta P/Q_P)_n Q_{K_n})}{\sum(\Delta P/Q)_1} + \frac{\sum((\Delta P/Q_P)_n Q_{K_n})}{\sum(\Delta P/Q)_1} \text{ м}^3/\text{ч} \quad (29)$$

где ΔQ_{K_i} - поправочные круговые расходы последующих по ходу расчета колец, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$\Delta Q_{K_i}^1$ - первый поправочный круговой расход рассчитываемого кольца, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$(\Delta P/Q_P)_n$ - зависимость потерь давления и расхода на участках соседнего кольца, попадающих в контур расчетного кольца;

ΔQ_{K_n} - поправочный круговой расход в n -м кольце, $\text{м}^3/\text{ч}$;

ΔQ_{K_n} - первый поправочный круговой расход в n -м кольце, $\text{м}^3/\text{ч}$, используется в расчетах, если не определен поправочный круговой расход в данном кольце;

$\sum(\Delta P/Q_P)_i$ - зависимость потерь давления и расхода в рассчитываемом кольце.

Определив поправочный круговой расход, выполняют дальнейший расчет (первое и последующие приближения), при этом расчетный расход газа с учетом поправочного расхода определяется по формуле

$$Q_P^{\text{II}} = Q_P + Q_{\text{уч}} \text{ м}^3/\text{ч} \quad (30)$$

где Q_P - расчетный расход газа на участке кольца с учетом поправочного расхода, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Q_P - расчетный расход газа на участке кольца, м³/ч;

$Q_{уч}$ - поправочный круговой расход на участке кольца, м³/ч.

Поправочный круговой расход на участке кольца определяется по формуле

$$Q_{уч} = Q_{K_i} + Q_{K_n} \text{ м}^3/\text{ч} \quad (31)$$

где $Q_{уч}$ - поправочный круговой расход на участке кольца, м³/ч;

Q_{K_i} - поправочный круговой расход в рассчитываемом кольце, м³/ч;

Q_{K_n} - поправочный круговой расход в соседнем кольце, м³/ч, для участков, обслуживающих одно кольцо $Q_{K_n}=0$.

Потери давления на участках газовой сети зависят от протяженности участка его диаметра и расхода газа, а так же от физических свойств газа.

Из условий экономичности газовой сети расчетный внутренний диаметр участков газопровода определяется по формуле

$$d_P = \sqrt[n]{\frac{AB\rho Q_P^m}{\Delta P_{уд}}} \text{ см} \quad (32)$$

где d_P - расчетный внутренний диаметр участка, см;

A - коэффициент, зависящий от категории сети, для низкого давления $A=626$;

B, n, m - коэффициенты, зависящие от материала газопровода, для стальных труб $B=0,022, n=5, m=2$, для полиэтиленовых труб $B=0,0446, n=4,75, m=1,75$;

Q_P - расчетный расход газа на участке, м³/ч;

$\Delta P_{уд}$ - удельные потери давления на трение, Па/м – для сетей низкого давления.

Удельные потери давления на трение определяется по формуле

$$\Delta P_{уд} = \frac{\Delta P_{доп}}{1,1L} \text{ Па/м} \quad (33)$$

где $\Delta P_{уд}$ - удельные потери давления на трение, Па/м;

$\Delta P_{доп}$ - допустимые потери давления, Па;

L - расстояние от ГРП до самой удаленной точки, м

Из условий надежности газовой сети кольца проектируются из газопроводов одного диаметра, осредненный ориентировочный диаметр участков кольца газовой сети определяется по формуле

$$d_K = k \cdot \frac{\sum (d_P \cdot l)_{\text{уч}}}{\sum l_{\text{уч}}} \text{ см} \quad (34)$$

где d_K - расчетный внутренний диаметр рассматриваемого кольца, см;

k - коэффициент, учитывающий увеличение материальной характеристики кольца с постоянным диаметром, в общем случае $k = 1,1$;

d_P - расчетный внутренний диаметр участка, см;

l - длина участка, м.

Ориентировочный внутренний диаметр газопровода кольца газовой сети принимается из стандартного ряда внутренних диаметров трубопроводов - ближайший больший.

Газ в сеть низкого давления поступает из сетевых газорегуляторных пунктов, газ после выхода из газорегуляторного пункта начинает постепенно разбираться потребителями и его расход постепенно уменьшается по пути движения. Для определения расхода газа по пути его движения схему распределительной сети низкого давления необходимо разбить на участки и указать предварительное распределение потоков газа по сети. При этом для узловых точек газовой сети приемлемо использовать уравнение, аналогичное первому закону Кирхгофа для электрических сетей: алгебраическая сумма всех потоков газа, сходящихся в узле включая узловые расходы газа равна нулю. Потокам, подходящим к узлу, присваивается знак плюс, а выходящим – минус, другими словами, сколько газа входит в узловую точку столько и должно из нее выходить. То есть при выборе схемы потокораспределения для тройников (крестовин) распределительной газовой сети входящий или выходящий поток ни на одном участке, примыкающим к тройнику (крестовине), не может быть равен нулю.

В схеме подачи газа не указаны места присоединения отдельных потребителей, поэтому при проведении расчета предполагают равномерно присоединение потребителей по длине участков газовой сети, тем самым предполагая, что газ равномерно расходуется по пути движения. Такую нагрузку называют путевой. Кроме этого, согласно схеме распределения потоков по участкам проходит определенное количество газа, разбираемое на последующих участках газовой сети. Такую нагрузку называют транзитной. Тем самым расход газа, проходящий по участку, включает в себя как путевую, так и транзитную нагрузку, такой расход принято называть расчетным.

Расчетный расход газа на участке определяется по формуле

$$Q_P = Q_T + k \cdot Q_{\Pi} \text{ м}^3/\text{ч} \quad (35)$$

где Q_P - расчетный расход газа на участке, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Q_T - транзитный расход газа на участке, $\text{м}^3/\text{ч}$;

k - поправочный коэффициент к путевому расходу газа, учитывающий что в начале участка значение путевого расхода газа составляет 100% от Q_{Π} , а в конце участка 0% от Q_{Π} ;

Q_{Π} - путевой расход газа на участке, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Транзитный расход газа – это расход газа, проходящий по участку газопровода, и разбираемый потребителями на последующих участках газовой сети. Путевой расход газа – это расход газа, разбираемый потребителями на конкретно взятом участке газовой сети.

Путевой расход для каждого участка рассчитывается по формуле

$$Q_{\Pi} = g_{уд} \cdot l \text{ м}^3/\text{ч} \quad (36)$$

где $g_{уд}$ - удельный путевой расход газа на участке, $\text{м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}$;

l - длина участка, м.

Удельный путевой расход газа на участке равен сумме удельных расходов газа контуров (секторов), которые обслуживает данный участок.

Удельный путевой расход газа для питающих контуров (секторов) рассчитывается по формуле

$$g_{уд} = Q_i/l_i, \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}, \quad (37)$$

где Q_i - расход газа в питающем контуре (секторе), $\text{м}^3/\text{ч}$

l_i - длина рассматриваемого контура (сектора), м.

Для определения транзитного расхода газа необходимо учитывать путь движения газа, согласно схемы предварительного распределения потоков. Транзитный расход газа рассчитывается по формуле

$$Q_{T_i} = \sum(Q_{T_{i+1}} + Q_{\Pi_{i+1}}) \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м} \quad (38)$$

где Q_{T_i} - транзитный расход газа рассматриваемого участка, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{T_{i+1}}$ - транзитный расход газа на следующем участке по ходу движения, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$Q_{\Pi_{i+1}}$ - путевой расход газа на следующем участке по ходу движения, $\text{м}^3/\text{ч}$.

При расчете транзитного расхода газа на участке необходима знать

транзитный и путевой расход газа на следующем участке по ходу движения газа.

Расчет удельного путевого расхода газа питающих контуров (секторов) проведен по формуле (37) и сведен в таблицу 11, 11.1, 11.2 и 11.3.

Таблица 11 - Удельные путевые расходы газа для всех питающих контуров (секторов) распределительной сети №1

Номер контура (сектора)	Квартал		Расход газа в питающем контуре (секторе), м ³ /ч	Длина питающего контура (сектора), м	Удельный путевой расход газа питающего контура, м ³ /ч ·
	номер	расход газа, м ³ /ч			
Контур №1	17	176,4	1177,9	2960	0,398
	18	52,9			
	21	452,2			
	22	496,4			
Контур №2	2	77,2	761	3360	0,226
	4	71,7			
	5	77,2			
	8	82,7			
	9	82,7			
	10	77,2			
	15	292,3			
Контур №3	11	39,4	957,5	3720	0,257
	12	66,1			
	16	270,3			
	19	35,7			
	20	546			
Сектор №1	13	518,5	518,5	1110	0,467
Сектор №2	1	88,2	88,2	580	0,152
Сектор №3	3	77,2	314,3	1510	0,208
	6	71,7			
	7	77,2			
	14	88,2			
Сектор №7	48	584,6	584,6	1120	0,522
Сектор №8	49	424,6	466,4	640	0,729
	50	41,8			

Таблица 11.1 – Удельные путевые расходы газа для всех питающих контуров (секторов) распределительной сети №2

Номер контура (сектора)	Квартал		Расход газа в питающем контуре (секторе), м ³ /ч	Длина питающего контура (сектора), м	Удельный путевой расход газа питающего контура, м ³ /ч ·
	номер	расход газа, м ³ /ч			
Контур №4	24	14,3	155,6	4380	0,036
	25	14,3			
	29	19,3			
	31	16,8			
	38	19,3			
	39	18,7			
	40	17,4			
	41	17,4			
Контур №5	42	18,1	87,9	2880	0,031
	30	24,9			
	34	18,1			
	35	23,7			
Контур №6	36	21,2	68,5	3050	0,022
	26	24,9			
	32	23,7			
Сектор №4	33	19,9	58	1720	0,034
	23	58			
Сектор №5	27	21,2	21,2	1110	0,019
Сектор №6	28	33,7	33,7	1580	0,021
Сектор №9	43	46,7	46,7	480	0,097
Сектор №10	45	171	342	1340	0,255
	46	171			
Сектор №11	47	353	353	1030	0,343
Сектор №12	44	358,5	358,5	1480	0,242
Сектор №13	37	13,1	13,1	130	0,101

Таблица 11.2 – Удельные путевые расходы газа для всех питающих контуров (секторов) распределительной сети №3

Номер контура (сектора)	Квартал		Расход газа в питающем контуре (секторе), м ³ /ч	Длина питающего контура (сектора), м	Удельный путевой расход газа питающего контура, м ³ /ч ·
	номер	расход газа, м ³ /ч			
Контур №1	54	82,7	612,1	3490	0,175
	55	115,8			
	56	182			
	57	231,6			
Контур №2	66	115,8	297,7	2890	0,103
	69	88,2			
	72	93,7			
Контур №3	62	88,2	275,7	2800	0,098
	63	104,8			
	67	82,7			
Сектор №1	52	99,3	99,3	950	0,105

Окончание таблицы 11.2 – Удельные путевые расходы газа для всех питающих контуров (секторов) распределительной сети №3

Номер контура (сектора)	Квартал		Расход газа в питающем контуре (секторе), м ³ /ч	Длина питающего контура (сектора), м	Удельный путевой расход газа питающего контура, м ³ /ч ·
	номер	расход газа, м ³ /ч			
Сектор №8	68	82,7	82,7	710	0,116
Сектор №9	61	82,7	170,9	1120	0,152
	65	88,2			
Сектор №10	53	82,7	259,1	1660	0,156
	59	88,2			
	60	88,2			
Сектор №2	51	121,3	121,3	1500	0,081
Сектор №3	58	137,9	137,9	1540	0,09
Сектор №4	64	126,9	292,3	1980	0,148
	70	77,2			
	73	88,2			
Сектор №5	74	88,2	193	2190	0,088
	77	104,8			
Сектор №6	75	82,7	176,4	970	0,182
	76	93,7			
Сектор №7	71	82,7	82,7	910	0,091

Таблица 11.3 – Удельные путевые расходы газа для всех питающих контуров (секторов) распределительной сети №4

Номер контура (сектора)	Квартал		Расход газа в питающем контуре (секторе), м ³ /ч	Длина питающего контура (сектора), м	Удельный путевой расход газа питающего контура, м ³ /ч ·
	номер	расход газа, м ³ /ч			
Сектор №10	45	171	342	1330	0,257
	46	171			
Сектор №11	47	353	353	1030	0,343
Сектор №12	44	358,5	358,5	1270	0,282

Расчет путевого расхода газа в распределительных газопроводах низкого давления проведен по формуле (35) и сведен в таблицу 12, 12.1, 12.2 и 12.3.

Таблица 12 - Расчет путевого расхода газа распределительной сети №1

Номер участка	Длина участка, м	Номер контура (сектора), обслуживаемый участком	Удельный путевой расход газа на участке, м ³ /ч · м	Путевой расход газа, м ³ /ч
1-2	420	Контур №1	0,398	167,1
2-3	370	Контур №1, Сектор №6	0,398+0,021=0,419	155,1
3-4	400	Контур №1, Сектор №6	0,398+0,021=0,419	167,7
4-5	490	Контур №1, Контур №3	0,398+0,257=0,655	321,1
5-6	150	Контур №1, Контур №3	0,398+0,257=0,655	98,3
6-7	230	Контур №1, Контур №3	0,398+0,257=0,655	150,7
18-19	630	Контур №2, Сектор №4	0,226+0,034=0,26	163,9
19-20	510	Контур №2, Сектор №3	0,226+0,208=0,434	221,7

Окончание таблицы 12 - Расчет путевого расхода газа распределительной сети №1

Номер участка	Длина участка, м	Номер контура (сектора), обслуживаемый участком	Удельный путевой расход газа на участке, $\text{м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}$	Путевой расход газа, $\text{м}^3/\text{ч}$
20-21	300	Контур №2, Сектор №3	$0,226+0,208=0,434$	130,4
21-22	120	Контур №2, Сектор №3	$0,226+0,208=0,434$	52,2
10-22	80	Контур №2, Сектор №3	$0,226+0,208=0,434$	16,7
7-27	200	Контур №3	0,257	51,5
26-27	300	Контур №3	0,257	77,2
25-26	250	Контур №3	0,257	64,3
15-25	430	Контур №3	0,257	110,7
18-23	260	Контур №3, Сектор №4	$0,257+0,034=0,291$	75,7
23-24	200	Контур №3, Сектор №4	$0,257+0,034=0,291$	58,2
4-24	380	Контур №3, Сектор №5	$0,257+0,019=0,276$	105,1
7-28	710	Контур №1	0,398	331,7
13-29	270	Сектор №2	0,152	41,1
30-31	480	Сектор №7	0,522	250,5
30-32	640	Сектор №7	0,522	800,5
14-33	50			
2-30	220			
7-8	400	Контур №1, Сектор №1	$0,398+0,467=0,865$	346,0
8-9	210	Контур №1, Сектор №1	$0,398+0,467=0,865$	83,6
1-9	290	Контур №1	0,398	115,4
10-11	130	Контур №2, Сектор №3	$0,226+0,208=0,434$	27,1
11-12	370	Контур №2, Сектор №3	$0,226+0,208=0,434$	160,8
12-13	310	Контур №2, Сектор №2	$0,226+0,152=0,378$	117,4
13-14	130	Контур №2	0,226	29,4
14-15	160	Контур №2	0,226	36,2
15-16	340	Контур №2, Контур №3	$0,226+0,257=0,483$	164,5
16-17	280	Контур №2, Контур №3	$0,226+0,257=0,483$	135,5
17-18	210	Контур №2, Контур №3	$0,226+0,257=0,483$	101,6

Таблица 12.1 - Расчет путевого расхода газа распределительной сети №2

Номер участка	Длина участка, м	Номер контура (сектора) обслуживаемым участком	Удельный путевой расход газа на участке, $\text{м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}$	Путевой расход газа, $\text{м}^3/\text{ч}$
40-41	270	Контур №4	0,036	9,6
41-42	210	Контур №4	0,036	58,3
42-43	250	Контур №4	0,036	8,9
43-44	130	Контур №4, Сектор №13	$0,036+0,101=0,137$	17,7
44-45	230	Контур №4	0,036	8,2
45-46	320	Контур №4	0,036	11,4
46-47	230	Контур №4	0,036	8,2
47-48	320	Контур №4	0,036	11,4
48-49	220	Контур №4, Сектор №4	$0,036+0,034=0,07$	15,2
49-50	200	Контур №4, Сектор №4	$0,036+0,034=0,07$	13,8
50-51	300	Контур №4, Контур №6	$0,036+0,021=0,057$	17,4
51-52	290	Контур №4, Контур №6	$0,036+0,021=0,057$	16,8
66-67	180	Контур №5	0,031	5,5
67-68	120	Контур №5	0,031	3,7

Окончание таблицы 12.1 - Расчет путевого расхода газа распределительной сети №2

Номер участка	Длина участка, м	Номер контура (сектора) обслуживаемым участком	Удельный путевой расход газа на участке, м ³ /ч · м	Путевой расход газа, м ³ /ч
68-69	90	Контур №5	0,031	11,5
69-70	410	Контур №5, Контур №6	0,031+0,022=0,053	21,7
70-71	250	Контур №5	0,031	7,6
60-71	170	Контур №5	0,031	5,2
55-72	130	Контур №6	0,022	2,9
72-73	190	Контур №6, Сектор №9	0,022+0,097=0,119	22,8
69-73	200	Контур №6, Сектор №9	0,022+0,097=0,119	24,0
70-74	230	Контур №6	0,022	5,2
74-75	170	Контур №6	0,022	3,8
75-76	200	Контур №6	0,022	0,0
76-77	270	Контур №6	0,022	6,1
50-77	210	Контур №6, Сектор №4	0,022+0,034=0,056	11,8
61-78	600	Сектор №5	0,019	11,5
63-79	310	Сектор №6	0,021	6,6
40-80	230			
87-90	20			
52-53	360	Контур №4, Контур №6	0,036+0,021=0,057	20,9
53-54	110	Контур №4, Контур №6	0,036+0,021=0,057	3,9
54-55	290	Контур №4, Контур №6	0,036+0,021=0,057	16,8
55-56	320	Контур №4	0,036	11,4
40-56	330	Контур №4	0,036	11,7
60-61	120	Контур №5	0,031	3,7
61-62	130	Контур №5, Сектор №5	0,031+0,019=0,05	6,5
62-63	500	Контур №5, Сектор №6	0,031+0,021=0,052	25,9
63-64	480	Контур №5	0,031	14,7
64-65	250	Контур №5	0,031	7,6
65-66	180	Контур №5	0,031	5,5

Таблица 12.2 - Расчет путевого расхода газа распределительной сети №3

Номер участка	Длина участка, м	Номер контура (сектора) обслуживаемым участком	Удельный путевой расход газа на участке, м ³ /ч · м	Путевой расход газа, м ³ /ч
1-2	300	Контур №1, Сектор №2	0,175+0,081=0,256	76,9
2-3	280	Контур №1	0,175	49,1
3-4	420	Контур №1, Сектор №3	0,175+0,09=0,265	111,3
4-5	450	Контур №1, Контур №3	0,175+0,098=0,273	123,2
5-6	300	Контур №1, Контур №3	0,175+0,098=0,273	82,1
6-7	240	Контур №1, Сектор №9	0,175+0,152=0,327	78,6
7-8	270	Контур №1, Сектор №10	0,175+0,156=0,331	89,5
8-9	260	Контур №1, Сектор №10	0,175+0,156=0,331	86,2
9-10	230	Контур №1, Сектор №10	0,175+0,156=0,331	76,2
10-11	170	Контур №1	0,175	29,8
11-12	520	Контур №1, Сектор №1	0,175+0,105=0,28	145,6
1-12	50	Контур №1, Сектор №2	0,175+0,081=0,256	12,8
6-26	290	Контур №3, сектор №9	0,098+0,152=0,25	72,6
18-26	65	Контур №3, Сектор №9	0,098+0,152=0,25	16,3

Окончание таблицы 12.2 - Расчет путевого расхода газа распределительной сети №3

Номер участка	Длина участка, м	Номер контура (сектора) обслуживаемым участком	Удельный путевой расход газа на участке, $\text{м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}$	Путевой расход газа, $\text{м}^3/\text{ч}$
21-25	380	Контур №3, Сектор №4	$0,098+0,148=0,246$	93,4
24-25	230	Контур №3, Сектор №4	$0,098+0,148=0,246$	56,6
4-24	200	Контур №3, Сектор №4	$0,098+0,148=0,246$	49,2
12-27	430	Сектор №1, Сектор №2	$0,105+0,081=0,186$	79,7
2-28	720	Сектор №2	0,081	58,2
3-29	630	Сектор №3	0,09	56,4
4-30	490	Сектор №3, Сектор №4	$0,09+0,148=0,238$	116,2
22-31	260	Сектор №4, Сектор №5	$0,148+0,088=0,236$	61,3
31-32	960	Сектор №5	0,088	84,6
23-33	430	Сектор №5, Сектор №6	$0,088+0,182=0,27$	116,1
33-34	190	Сектор №5	0,088	16,7
14-35	280	Сектор №6, Сектор №7	$0,182+0,091=0,273$	76,4
15-36	240	Сектор №7, Сектор №8	$0,091+0,116=0,207$	49,8
16-37	210	Сектор №8, Сектор №9	$0,116+0,152=0,268$	56,4
7-38	730	Сектор №10	0,156	113,9
10-39	170	Сектор №10	0,156	26,5
24-40	90			
26-41	40			
13-14	140	Контур №2, Сектор №6	$0,103+0,182=0,285$	39,9
14-15	390	Контур №2, Сектор №7	$0,103+0,091=0,194$	75,6
15-16	260	Контур №2, Сектор №8	$0,103+0,116=0,219$	57,1
16-17	260	Контур №2, Сектор №9	$0,103+0,152=0,255$	66,3
17-18	60	Контур №2 Сектор №9	$0,103+0,152=0,255$	15,3
18-19	360	Контур №2, Контур №3	$0,103+0,09=0,193$	72,5
19-20	230	Контур №2, Контур №3	$0,103+0,09=0,193$	46,3
20-21	300	Контур №2, Контур №3	$0,103+0,09=0,193$	60,4
21-22	420	Контур №2, Сектор №4	$0,103+0,148=0,251$	105,3
22-23	350	Контур №2, Сектор №5	$0,103+0,088=0,191$	66,9
13-23	120	Контур №2, Сектор №6	$0,103+0,182=0,285$	34,2

Таблица 12.3 - Расчет путевого расхода газа распределительной сети №4

Номер участка	Длина участка, м	Номер контура (сектора) обслуживаемым участком	Удельный путевой расход газа на участке, $\text{м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}$	Путевой расход газа, $\text{м}^3/\text{ч}$
40-80	230		0,257	59,1
80-81	450	Сектор №10	0,257	115,7
80-82	80	Сектор №10	0,257	20,6
82-83	290	Сектор №10, Сектор №12	$0,257+0,282=0,539$	156,4
83-84	510	Сектор №10, Сектор №11	$0,257+0,343=0,6$	305,9
83-85	210	Сектор №11, Сектор №12	$0,343+0,282=0,625$	131,3
85-86	310	Сектор №11	0,343	106,2
87-88	290	Сектор №12	0,282	81,9
82-87	110	Сектор №12	0,282	31,1
85-89	370	Сектор №12	0,282	104,4
87-90	20			

Расчет транзитного расхода газа в распределительных газопроводах низкого давления проведен по формуле (38) и сведен в таблицу 13, 13.1, 13.2 и 13.3.

Таблица 13 - Расчет транзитного расхода газа распределительной сети №1

Номер участка	Путевой расход газа, м ³ /ч	Номер участка для определения транзитного расхода газа (котельной)	<i>k</i> _д	Транзитный расход газа, м ³ /ч
1-2	167,1	2-3, 2-30		155,1+331,2+1051=1537,3
2-3	155,1	3-4		167,7+163,5=331,2
3-4	167,7	4-5	0,509	321,1· 0,509=163,4
4-5	321,1	нет		
5-6	98,3	нет		
6-7	150,7	5-6		98,3
7-8	346,0	6-7, 7-27, 7-28		150,7+98,3+51,5+77,2+331,7=709,4
8-9	83,6	7-8		346+709,4=1055,4
1-9	115,4	8-9		83,6+1055,4=1139,0
10-11	27,1	11-12		160,8+828,5=989,3
11-12	160,8	12-13		117,3+711,1=828,4
12-13	117,4	13-14, 13-29		29,4+640,6+41,1=711,1
13-14	29,4	14-15, 14-33		36,2+339,5+110,6+64,3=640,6
14-15	36,2	15-16, 15-25		164,5+110,7+64,3=339,5
15-16	164,5	нет		
16-17	135,5	нет		
17-18	101,6	16-17		135,5
18-19	163,9	17-18, 18-23		101,5+135,5+75,6+321=633,7
19-20	221,7	18-19		163,9+633,8=797,7
20-21	130,4	19-20		221,6+797,7=1019,3
21-22	52,2	20-21		130,4+1019,3=1149,7
10-22	16,7	21-22		52,2+1149,7=1201,9
7-27	51,5	26-27		77,2
26-27	77,2	нет		
25-26	64,3	нет		
15-25	110,7	25-26		64,3
18-23	75,7	23-24		58,3+262,7=321,0
23-24	58,2	4-24		105,1+157,6=262,7
4-24	105,1	4-5	0,491	321,1·0,491=157,7
7-28	331,7	нет		
13-29	41,1	нет		
30-31	250,5	нет		
30-32	800,5	нет		
14-33		нет		
2-30		30-31, 30-32		250,5+800,5=1051

Таблица 13.1 - Расчет транзитного расхода газа распределительной сети №2

Номер участка	Путевой расход газа, м ³ /ч	Номер участка для определения транзитного расхода газа (котельной)	кд	Транзитный расход газа, м ³ /ч
40-41	9,6	41-42		58,3+124=182,3
41-42	58,3	42-43		8,9+115,1=124,0
42-43	8,9	43-44		17,7+97,4=115,1
43-44	17,7	44-45		8,2+89,2=97,4
44-45	8,2	45-46		11,4+77,8=89,2
45-46	11,4	46-47		8,2+69,6=77,8
46-47	8,2	47-48		11,4+58,2=69,6
47-48	11,4	48-49		15,3+43=58,3
48-49	15,2	49-50		13,8+29,2=43,0
49-50	13,8	50-51, 50-77		17,4+11,8=29,2
50-51	17,4	нет		
51-52	16,8	нет		
52-53	20,9	51-52		16,8
53-54	3,9	52-53		20,9+16,8=37,7
54-55	16,8	53-54		3,9+37,7=41,6
55-56	11,4	54-55		16,8+16=32,8
40-56	11,7	55-56		11,4+32,7=44,1
60-61	3,7	61-62, 61,78		6,5+60,3+11,4=78,2
61-62	6,5	62-63		25,9+34,4=60,3
62-63	25,9	63-64, 63-79		14,7+13,1+6,6=34,4
63-64	14,7	64-65		7,6+5,5=13,1
64-65	7,6	65-66		5,5
65-66	5,5	нет		0,0
66-67	5,5	нет		0,0
67-68	3,7	66-67		5,5
68-69	11,5	67-68		3,7+5,5=9,2
69-70	21,7	68-69,69-73		11,5+9,2+24+51,2=95,9
70-71	7,6	69-70, 70-74		21,7+95,9+5,2+9,9=132,7
60-71	5,2	70-71		7,6+132,7=140,3
55-72	2,9	72-73		22,9+28,7=25,6
72-73	22,8	нет		28,6
69-73	24,0	нет		51,3
70-74	5,2	74-75		3,8+6,1=9,9
74-75	3,8	75-76		6,1
75-76	0,0	76-77		6,1
76-77	6,1	нет		0,0
50-77	11,8	нет		0,0
61-78	11,5	нет		0,0
63-79	6,6	нет		0,0
80-81	114,9	нет		0,0
80-82	23,0	82-83, 82-87		144,3+623,7+26,6+138,6=933,2
82-83	144,3	83-84, 83-85		305+122,8+195,9=623,7
83-84	305,0	нет		0,0
83-85	122,8	85-86, 85-89		106,2+89,7=195,9
85-86	106,2	нет		0,0

Окончание таблицы 13.1 - Расчет транзитного расхода газа распределительной сети №2

Номер участка	Путевой расход газа, м ³ /ч	Номер участка для определения транзитного расхода газа (котельной)	<i>кд</i>	Транзитный расход газа, м ³ /ч
85-89	89,6	нет		
82-87	26,6	87-88, 87-90		70,2+68,4=138,6
87-88	70,2	нет		
40-80		80-81, 80-82		114,9+23+933,2=1071
87-90		нет		68,4

Таблица 13.2 - Расчет транзитного расхода газа распределительной сети №3

Номер участка	Путевой расход газа, м ³ /ч	Номер участка для определения транзитного расхода газа (котельной)	<i>кд</i>	Транзитный расход газа, м ³ /ч
1-2	76,9	2-3, 2-28		49,2+495,3+58,2=602,7
2-3	49,1	3-4, 3-29		111,3+327,6+56,4=495,3
3-4	111,3	4-5, 4-30, 4-24		123,1+116,2+49,2+39,1=327,6
4-5	123,2	нет		
5-6	82,1	нет		
6-7	78,6	5-6	0,337	82·0,337=30,4
7-8	89,5	6-7, 7-38		78,6+30,4+113,9=222,9
8-9	86,2	7-8		89,5+222,9=312,4
9-10	76,2	8-9		86,2+312,4=398,6
10-11	29,8	9-10, 10-39		76,2+398,6+26,5=501,3
11-12	145,6	10-11		29,8+501,3=531,1
1-12	12,8	11-12, 12-27		145,6+531,1+79,7=756,4
13-14	39,9	14-15, 14-35		75,6+611,7+76,4=763,7
14-15	75,6	15-16, 15-36		57,1+504,8+49,8=611,7
15-16	57,1	16-17, 16-37		66,3+382,1+56,4=504,8
16-17	66,3	17-18		15,3+366,8=382,2
17-18	15,3	18-19, 18-26		72,5+46,3+16,2+231,9=366,9
18-19	72,5	19-20		46,3
19-20	46,3	нет		
20-21	60,4	нет		
21-22	105,3	20-21, 21-25		60,4+93,4+141,6=295,4
22-23	66,9	21-22, 22-31		105,3+295,4+61,3+84,6=546,6
13-23	34,2	22-23, 23-33		66,9+546,6+116,1+16,7=746,3
6-26	72,6	5-6	0,63	82,1·0,63=51,7
18-26	16,3	26-41, 6-26		107,6+72,6+51,7=231,9
21-25	93,4	24-25		56,6+85=141,6
24-25	56,6	24-40	0,685	124,1·0,685=85,0
4-24	49,2	24-40	0,315	124,1·0,315=39,1
12-27	79,7	нет		
2-28	58,2	нет		

Окончание таблицы 13.2 - Расчет транзитного расхода газа распределительной сети №3

Номер участка	Путевой расход газа, м ³ /ч	Номер участка для определения транзитного расхода газа (котельной)	<i>кд</i>	Транзитный расход газа, м ³ /ч
3-29	56,4	нет		
4-30	116,2	нет		
22-31	61,3	31-32		84,6
31-32	84,6	нет		
23-33	116,1	33-34		16,7
33-34	16,7	нет		
14-35	76,4	нет		
15-36	49,8	нет		
16-37	56,4	нет		
7-38	113,9	нет		
10-39	26,5	нет		
24-40		нет		124,1
26-41		нет		107,6

Таблица 13.3 - Расчет транзитного расхода газа распределительной сети №4

Номер участка	Путевой расход газа, м ³ /ч	Номер участка для определения транзитного расхода газа (котельной)	<i>кд</i>	Транзитный расход газа, м ³ /ч
40-80	59,1	80-81, 80-82		115,7+20,6+917,2=1053,5
80-81	115,7	нет		
80-82	20,6	82-83, 82-87		156,4+647,9+31,1+81,9=917,2
82-83	156,4	83-84, 83-85		305,9+131,3+210,7=647,9
83-84	305,9	нет		
83-85	131,3	85-86, 85-89		106,2+104,5=210,7
85-86	106,2	нет		
87-88	81,9	нет		
82-87	31,1	87-88, 87-90		81,9
85-89	104,4	нет		
87-90		нет		

При выполнении гидравлического расчета сети низкого давления, если сеть обслуживают несколько ГРП, необходимо учитывать, чтобы давление газа в узловых точках слияния потоков газа, идущих от разных ГРП, было одинаковым. Этого можно добиться, только изменяя нагрузку на ГРП (уменьшая или увеличивая), при этом общий расход газа на сеть должен оставаться постоянным. Изменение нагрузки на ГРП влияет как на транзитный, так и на расчетный расход газа на участках.

Расчетный расход газа на участках слияния потоков газа от разных ГРП определяется по формуле

$$Q_P = k_{\Pi} \cdot Q_{\Pi} + (k_D Q_T) \text{ м}^3/\text{ч} \quad (39)$$

где Q_P - расчетный расход газа на участке слияния потоков газа от разных ГРП, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Q_T - транзитный расход газа на участке, $\text{м}^3/\text{ч}$;

k_{Π} - поправочный коэффициент к путевому расходу газа, учитывающий что в начале участка значение путевого расхода газа составляет 100% от Q_{Π} , а в конце участка 0% от Q_{Π} ;

Q_{Π} - путевой расход газа на участке, $\text{м}^3/\text{ч}$.

k_D - поправочный коэффициент к транзитному расходу газа, для увязки давлений газа в узловых точках, определяется путем математического (компьютерного) моделирования работы газовой сети низкого давления.

Согласно схеме распределения потоков газа, приведенной в приложении А, мною разработана компьютерная математическая модель работы газовой сети. На основании этой модели произведен расчет расчетного расхода газа в распределительных газопроводах низкого давления, расчет сведен в таблицу 14, 14.1, 14.2 и 14.3.

Таблица 14 - Определение расчетного расхода газа распределительной сети №1

Номер участка	Путевой расход газа, $\text{м}^3/\text{ч}$	k_{Π}	Транзитный расход газа, $\text{м}^3/\text{ч}$	Расчетный расход газа, $\text{м}^3/\text{ч}$
1-2	167,1	0,55	1537,3	1629,2
2-3	155,1	0,55	331,2	416,5
3-4	167,7	0,55	163,4	255,7
4-5	321,1	0,55	-	176,6
5-6	98,3	0,55	-	54,1
6-7	150,7	0,55	98,3	181,2
7-8	346,0	0,55	709,4	899,7
8-9	83,6	0,55	1055,4	1101,4
1-9	115,4	0,55	1139,0	1202,4
10-11	27,1	0,55	989,3	1004,1
11-12	160,8	0,55	828,4	916,9
12-13	117,4	0,55	711,1	775,6
13-14	29,4	0,55	640,6	656,8
14-15	36,2	0,55	339,5	359,5
15-16	164,5	0,55	-	90,5
16-17	135,5	0,55	-	74,5
17-18	101,6	0,55	135,5	191,4
18-19	163,9	0,55	633,7	723,9
19-20	221,7	0,55	797,7	919,6
20-21	130,4	0,55	1019,3	1091,1
21-22	52,2	0,55	1149,7	1178,4

Окончание таблицы 14 - Определение расчетного расхода газа распределительной сети №1

Номер участка	Путевой расход газа, м ³ /ч	<i>кП</i>	Транзитный расход газа, м ³ /ч	Расчетный расход газа, м ³ /ч
10-22	16,7	0,55	1201,9	1211,0
25-26	64,3	0,55	-	35,4
15-25	110,7	0,55	64,3	125,2
18-23	75,7	0,55	321,0	362,6
23-24	58,2	0,55	262,7	294,8
4-24	105,1	0,55	157,7	215,5
7-28	331,7	0,55	-	182,4
13-29	41,1	0,55	-	22,6
30-31	250,5	0,55	-	137,8
30-32	800,5	0,55	-	440,3
14-33	0,0	0,55	264,8	264,8
2-30	0,0	0,55	1051,0	1051,0
7-27	51,5	0,55	77,2	105,5
26-27	77,2	0,55	-	42,5

Таблица 14.1 - Определение расчетного расхода газа распределительной сети №2

Номер участка	Путевой расход газа, м ³ /ч	<i>кП</i>	Транзитный расход газа, м ³ /ч	Расчетный расход газа, м ³ /ч
40-41	9,6	0,5	182,3	187,1
41-42	58,3	0,5	124,0	153,1
42-43	8,9	0,5	115,1	119,5
43-44	17,7	0,5	97,4	106,2
44-45	8,2	0,5	89,2	93,3
45-46	11,4	0,5	77,8	83,5
46-47	8,2	0,5	69,6	73,7
47-48	11,4	0,5	58,3	64,0
48-49	15,2	0,5	43,0	50,7
49-50	13,8	0,5	29,2	36,1
50-51	17,4	0,5	-	8,7
51-52	16,8	0,5	-	8,4
52-53	20,9	0,5	16,8	27,3
53-54	3,9	0,5	37,7	39,6
54-55	16,8	0,5	41,6	50,0
55-56	11,4	0,5	84,1	89,8
40-56	11,7	0,5	95,5	101,3
60-61	3,7	0,5	78,2	80,1
61-62	6,5	0,5	60,3	63,5
62-63	25,9	0,5	34,4	47,3
63-64	14,7	0,5	13,1	20,4
64-65	7,6	0,5	5,5	9,3
65-66	5,5	0,5	-	2,7
66-67	5,5	0,5	-	2,7
67-68	3,7	0,5	5,5	7,3
68-69	11,5	0,5	9,2	14,9
55-72	2,9	0,5	22,8	24,2

Окончание таблицы 14.1 - Определение расчетного расхода газа распределительной сети №2

Номер участка	Путевой расход газа, м ³ /ч	<i>kП</i>	Транзитный расход газа, м ³ /ч	Расчетный расход газа, м ³ /ч
72-73	22,8	0,5	-	11,4
69-73	24,0	0,5	-	12,0
70-74	5,2	0,5	9,9	12,5
74-75	3,8	0,5	6,1	8,0
75-76	0,0	0,5	6,1	6,1
76-77	6,1	0,5	-	3,0
50-77	11,8	0,5	-	5,9
61-78	11,5	0,5	-	5,7
63-79	6,6	0,5	-	3,3
80-81	114,9	0,5	-	57,4
80-82	23,0	0,5	933,2	944,7
82-83	144,3	0,5	623,7	695,8
83-84	305,0	0,5	-	152,5
83-85	122,8	0,5	195,9	257,3
85-86	106,2	0,5	-	53,1
85-89	89,6	0,5	-	44,8
82-87	26,6	0,5	138,6	152,0
87-88	70,2	0,5	-	35,1
40-80	0,0	0,5	1071,0	1071,0
87-90	0,0	0,5	68,4	68,4
69-70	21,7	0,5	44,6	55,5
70-71	7,6	0,5	81,4	85,2
60-71	5,2	0,5	89,0	91,6

Таблица 14.2 - Определение расчетного расхода газа распределительной сети №3

Номер участка	Путевой расход газа, м ³ /ч	<i>kП</i>	Транзитный расход газа, м ³ /ч	Расчетный расход газа, м ³ /ч
1-2	76,9	0,55	602,7	644,9
2-3	49,1	0,55	495,3	522,3
3-4	111,3	0,55	327,6	388,8
4-5	123,2	0,55	-	67,7
5-6	82,1	0,55	-	45,2
6-7	78,6	0,55	30,4	73,6
7-8	89,5	0,55	222,9	272,1
8-9	86,2	0,55	312,4	359,8
9-10	76,2	0,55	398,6	440,5
10-11	29,8	0,55	501,3	517,7
11-12	145,6	0,55	531,1	611,2
1-12	12,8	0,55	756,4	763,5
13-14	39,9	0,55	763,7	785,6
14-15	75,6	0,55	611,7	653,3
15-16	57,1	0,55	504,8	536,2
19-20	46,3	0,55	-	25,5

Окончание таблицы 14.2 - Определение расчетного расхода газа распределительной сети №3

Номер участка	Путевой расход газа, м ³ /ч	<i>kП</i>	Транзитный расход газа, м ³ /ч	Расчетный расход газа, м ³ /ч
20-21	60,4	0,55	-	33,2
21-22	105,3	0,55	295,4	353,3
22-23	66,9	0,55	546,6	583,4
13-23	34,2	0,55	746,3	765,1
6-26	72,6	0,55	51,7	91,6
18-26	16,3	0,55	231,9	240,8
21-25	93,4	0,55	141,6	193,0
24-25	56,6	0,55	85,0	116,1
4-24	49,2	0,55	39,1	66,1
12-27	79,7	0,55	-	43,8
2-28	58,2	0,55	-	32,0
3-29	56,4	0,55	-	31,0
4-30	116,2	0,55	-	63,9
22-31	61,3	0,55	84,6	118,3
31-32	84,6	0,55	-	46,5
23-33	116,1	0,55	16,7	80,6
33-34	16,7	0,55	-	9,2
14-35	76,4	0,55	-	42,0
15-36	49,8	0,55	-	27,4
16-37	56,4	0,55	-	31,0
7-38	113,9	0,55	-	62,7
10-39	26,5	0,55	-	14,6
24-40	0,0	0,55	124,1	124,1
26-41	0,0	0,55	107,6	107,6
16-17	66,3	0,55	382,2	418,7
17-18	15,3	0,55	366,9	375,3
18-19	72,5	0,55	46,3	86,2

Таблица 14.3 - Определение расчетного расхода газа распределительной сети №4

Номер участка	Путевой расход газа, м ³ /ч	<i>kП</i>	Транзитный расход газа, м ³ /ч	Расчетный расход газа, м ³ /ч
40-80	59,1	0,55	1053,5	1086,0
80-81	115,7	0,55	-	63,6
80-82	20,6	0,55	917,2	928,5
82-83	156,4	0,55	647,9	733,9
83-84	305,9	0,55	-	168,3
83-85	131,3	0,55	210,7	282,9
85-86	106,2	0,55	-	58,4
87-88	81,9	0,55	-	45,0
82-87	31,1	0,55	81,9	98,9
85-89	104,4	0,55	-	57,4
87-90	0,0	0,55	-	-

Таблица 15 - Гидравлический расчет сети низкого давления №1 (предварительное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков					Предварительное распределение потоков			
	номер	номер соседнего контура (кольца)	l , м	$d_n \times s$, мм	d , см	Q_P , м ³ /ч	λ	ΔP , Па	$\Delta P/Q_P$
К1	1-2		420	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	1629,2	0,0165	753	0,4620
	2-3		370	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	416,5	0,0226	59	0,1423
	3-4		400	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	255,7	0,0255	27	0,1067
	4-5	К3	490	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	176,6	0,0280	17	0,0991
	5-6	К3	150	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	-54,1	0,0376	-1	0,0125
	6-7	К3	230	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	-181,2	0,0278	-9	0,0474
	7-8		400	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	-899,7	0,0186	-247	0,2742
	8-9		210	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	-1101,4	0,0179	-187	0,1693
	1-9		290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	-1202,4	0,0176	-301	0,2506
								$\Sigma 113$	$\Sigma 1,5642$
$\Delta = \frac{113}{0,5 \cdot 1601} \cdot 100\% = 14,1\%$ $\Delta Q_k^1 = \frac{-113}{1,75 \cdot 1,5642} = -41,2 \frac{м^3}{ч}$ $\Delta Q_k = -41,2 \frac{(0,0991 + 0,0125 + 0,0474) \cdot 58,2}{1,5642} = -35,3 \frac{м^3}{ч}$								$\Sigma/\Delta P/=1601$	

Продолжение таблицы 15 - Гидравлический расчет сети низкого давления №1 (предварительное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков					Предварительное распределение потоков			
	номер	номер соседнего контура (кольца)	l , м	$d_n \times s$, мм	d , см	Q_p , м ³ /ч	λ	ΔP , Па	$\Delta P/QP$
К2	10-11		130	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	1004,1	0,0181	97	0,0968
	11-12		370	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	916,9	0,0185	236	0,2573
	12-13		310	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	775,6	0,0193	147	0,1901
	13-14		130	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	656,8	0,0201	46	0,0704
	14-15		160	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	359,5	0,0234	20	0,0551
	15-16	К3	340	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	90,5	0,0331	4	0,0416
	16-17	К3	280	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	-74,5	0,0347	-2	0,0296
	17-18	К3	210	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	-191,4	0,0274	-9	0,0451
	18-19		630	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	-723,9	0,0197	-266	0,3669
	19-20		510	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	-919,6	0,0185	-327	0,3554
	20-21		300	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	-1091,1	0,0179	-262	0,2401
	21-22		120	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	-1178,4	0,0176	-120	0,1021
10-22		80	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	-1211,0	0,0175	-84	0,0695	
$\Delta = \frac{-519}{0,5 \cdot 1620} \cdot 100\% = 43,75\% \Delta Q_k^1 = \frac{- - 519}{1,75 \cdot 1,92} = 154,6 \text{ м}^3/\text{ч}$								$\Sigma -519$	$\Sigma 1,92$
$\Delta Q_k = 154,6 \frac{(0,0416 + 0,0296 + 0,0451) \cdot 58,2}{1,92} = 154,6 \text{ м}^3/\text{ч}$								$\Sigma/\Delta P = 1620$	

52

Окончание таблицы 15 - Гидравлический расчет сети низкого давления №1 (предварительное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков					Предварительное распределение потоков			
	номер	номер соседнего контура (кольца)	l , м	$d_n \times s$, мм	d , см	Q_p , м ³ /ч	λ	ΔP , Па	$\Delta P/QP$
К3	4-5	К1	490	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	-176,6	0,0280	-17,5	0,0991
	5-6	К1	150	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	54,1	0,0376	0,7	0,0125
	6-7	К1	230	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	181,2	0,0278	8,6	0,0474
	7-27		200	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	-105,5	0,0318	-2,9	0,0275
	26-27		300	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	-42,5	0,0395	-0,9	0,0206
	25-26		250	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	35,4	0,0372	0,5	0,0135
	15-25		430	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	125,2	0,0305	8,4	0,0672
	15-16	К2	340	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	-90,5	0,0331	-3,8	0,0416
	16-17	К2	280	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	74,5	0,0347	2,2	0,0296
	17-18	К2	210	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	191,4	0,0274	8,6	0,0451
	18-23		260	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	-362,6	0,0234	-32,7	0,0902
	23-24		200	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	-294,8	0,0246	-17,5	0,0594
4-24		380	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	26,86	-215,5	0,0266	-19,2	0,0892	
$\Delta = \frac{-65}{0,5 \cdot 123} \cdot 100\% = -106,05\% \Delta Q_k^1 = \frac{-65}{1,75 \cdot 0,6427} = 58,2 \text{ м}^3/\text{ч}$								$\Sigma = -65$	$\Sigma 0,6427$
$\Delta Q_k = 58,2 \frac{(0,0991 + 0,0125 + 0,0474) \cdot (-35,3) + (0,0416 + 0,0296 + 0,0451) \cdot 154,6}{0,6427} = 77,4 \text{ м}^3/\text{ч}$								$\Sigma/\Delta P = 123$	

53

Таблица 16 - Гидравлический расчет сети низкого давления №1 (первое приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Первое приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{\text{уч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К1	1-2		420	26,86	1629,2	-35,3	1593,9	0,0166	724	0,4540
	2-3		370	26,86	416,5	-35,3	381,2	0,0231	51	0,1332
	3-4		400	26,86	255,7	-35,3	220,4	0,0265	21	0,0955
	4-5	К3	490	26,86	176,6	-112,8	63,9	0,0361	3	0,0462
	5-6	К3	150	26,86	-54,1	-112,8	-166,8	0,0284	-5	0,0291
	6-7	К3	230	26,86	-181,2	-112,8	-294,0	0,0246	-20	0,0681
	7-8		400	26,86	-899,7	-35,3	-935,0	0,0184	-264	0,2822
	8-9		210	26,86	-1101,4	-35,3	-1136,7	0,0178	-197	0,1736
	1-9		290	26,86	-1202,4	-35,3	-1237,8	0,0175	-317	0,2564
$\Delta = \frac{-5}{0,5 \cdot 1602} \cdot 100\% = -0,65\% \Delta Q_k^1 = \frac{- - 5}{1,75 \cdot 1,5383} = 1,9 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = 1,9 \frac{(0,0462 + 0,0291 + 0,0681) \cdot 2,2}{1,5383} = 2,1 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma = -5$	$\Sigma 1,5383$
									$\Sigma/\Delta P = 1602$	

Продолжение таблицы 16 - Гидравлический расчет сети низкого давления №1 (первое приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Первое приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{\text{уч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К2	10-11		130	26,86	1004,1	154,6	1158,7	0,0177	126	0,1091
	11-12		370	26,86	916,9	154,6	1071,5	0,0178	310	0,2892
	12-13		310	26,86	775,6	154,6	930,2	0,0185	203	0,2179
	13-14		130	26,86	656,8	154,6	811,4	0,0191	67	0,0825
	14-15		160	26,86	359,5	154,6	514,1	0,0214	37	0,0721
	15-16	К3	340	26,86	90,5	77,1	167,6	0,0283	11	0,0661
	16-17	К3	280	26,86	-74,5	77,1	2,6	0,2626	0	0,0079
	17-18	К3	210	26,86	-191,4	77,1	-114,2	0,0312	-3	0,0306
	18-19		630	26,86	-723,9	154,6	-569,3	0,0209	-174	0,3064
	19-20		510	26,86	-919,6	154,6	-765,0	0,0194	-237	0,3096
	20-21		300	26,86	-1091,1	154,6	-936,5	0,0184	-198	0,2119
	21-22		120	26,86	-1178,4	154,6	-1023,8	0,0180	-93	0,0906
	10-22		80	26,86	-1211,0	154,6	-1056,5	0,0179	-65	0,0619
$\Delta = \frac{-17}{0,5 \cdot 1525} \cdot 100\% = -2,28\% \Delta Q_k^1 = \frac{- - 17}{1,75 \cdot 1,8557} = 5,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = 5,3 \frac{(0,0661 + 0,0079 + 0,0306) \cdot 2,2}{1,8557} = 5,3 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma = -17$	$\Sigma 1,8557$
									$\Sigma/\Delta P = 1525$	

55

Окончание таблицы 16 - Гидравлический расчет сети низкого давления №1 (первое приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Первое приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{\text{уч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К3	4-5	К1	490	26,86	-176,6	112,8	-63,9	0,0361	-3	0,0462
	5-6	К1	150	26,86	54,1	112,8	166,8	0,0284	5	0,0291
	6-7	К1	230	26,86	181,2	112,8	294,0	0,0246	20	0,0681
	7-27		200	26,86	-105,5	77,4	-28,1	0,0344	0	0,0079
	26-27		300	26,86	-42,5	77,4	35,0	0,0370	1	0,0159
	25-26		250	26,86	35,4	77,4	112,8	0,0313	4	0,0361
	15-25		430	26,86	125,2	77,4	202,7	0,0270	20	0,0964
	15-16	К2	340	26,86	-90,5	-77,1	-167,6	0,0283	-11	0,0661
	16-17	К2	280	26,86	74,5	-77,1	-2,6	0,2626	0	0,0079
	17-18	К2	210	26,86	191,4	-77,1	114,2	0,0312	3	0,0306
	18-23		260	26,86	-362,6	77,4	-285,1	0,0248	-21	0,0753
	23-24		200	26,86	-294,8	77,4	-217,3	0,0265	-10	0,0472
	4-24		380	26,86	-215,5	77,4	-138,0	0,0297	-9	0,0639
$\Delta = \frac{-2}{0,5 \cdot 107} \cdot 100\% = -4,24\% \Delta Q_k^1 = \frac{-2}{1,75 \cdot 0,5907} = 2,2 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = 2,2 \frac{(0,0462 + 0,0291 + 0,0681) \cdot 2,1 + (0,0661 + 0,079 + 0,0306) \cdot 5,3}{0,5907} = 3,7 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma = -2$	$\Sigma 0,5907$
									$\Sigma/\Delta P = 107$	

Таблица 17 - Гидравлический расчет сети низкого давления №1 (второе приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Второе приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{\text{уч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К1	1-2		420	26,86	1593,9	2,1	1596,0	0,0166	725	0,4545
	2-3		370	26,86	381,2	2,1	383,3	0,0230	51	0,1337
	3-4		400	26,86	220,4	2,1	222,5	0,0264	21	0,0962
	4-5	К3	490	26,86	63,9	-1,5	62,3	0,0363	3	0,0454
	5-6	К3	150	26,86	-166,8	-1,5	-168,4	0,0283	-5	0,0293
	6-7	К3	230	26,86	-294,0	-1,5	-295,5	0,0246	-20	0,0684
	7-8		400	26,86	-935,0	2,1	-932,9	0,0184	-263	0,2818
	8-9		210	26,86	-1136,7	2,1	-1134,5	0,0178	-197	0,1734
	1-9		290	26,86	-1237,8	2,1	-1235,6	0,0175	-316	0,2561
$\Delta = \frac{-0,3}{0,5 \cdot 1602} \cdot 100\% = -0,04\% \Delta Q_k^1 = \frac{- - 0,3}{1,75 \cdot 1,5386} = 0,1 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = 0,1 \frac{(0,0454 + 0,0293 + 0,0684) \cdot (-0,1)}{1,5386} = 0,1 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma = -0,3$	$\Sigma 1,5386$
									$\Sigma / \Delta P = 1602$	

57

Продолжение таблицы 17 - Гидравлический расчет сети низкого давления №1 (второе приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Второе приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{у\check{ч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К2	10-11		130	26,86	1158,7	5,3	1164,1	0,0177	127	0,1095
	11-12		370	26,86	1071,5	5,3	1076,8	0,0178	313	0,2902
	12-13		310	26,86	930,2	5,3	935,6	0,0184	205	0,2188
	13-14		130	26,86	811,4	5,3	816,7	0,0191	68	0,0829
	14-15		160	26,86	514,1	5,3	519,4	0,0214	38	0,0726
	15-16	К3	340	26,86	167,6	1,7	169,3	0,0283	11	0,0666
	16-17	К3	280	26,86	2,6	1,7	4,3	0,1601	0	0,0079
	17-18	К3	210	26,86	-114,2	1,7	-112,6	0,0313	-3	0,0303
	18-19		630	26,86	-569,3	5,3	-564,0	0,0209	-172	0,3042
	19-20		510	26,86	-765,0	5,3	-759,7	0,0194	-234	0,3079
	20-21		300	26,86	-936,5	5,3	-931,1	0,0185	-196	0,2110
	21-22		120	26,86	-1023,8	5,3	-1018,5	0,0180	-92	0,0903
	10-22		80	26,86	-1056,5	5,3	-1051,1	0,0179	-65	0,0616
$\Delta = \frac{-1}{0,5 \cdot 1524} \cdot 100\% = -0,09\% \Delta Q_k^1 = \frac{- - 1}{1,75 \cdot 1,8540} = 0,2 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = 0,2 \frac{(0,0666 + 0,0079 + 0,0303) \cdot 0,1}{1,8540} = 0,2 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma = -1$	$\Sigma 1,8540$
									$\Sigma/\Delta P = 1524$	

Окончание таблицы 17 - Гидравлический расчет сети низкого давления №1 (второе приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Второе приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{\text{уч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К3	4-5	К1	490	26,86	-63,9	1,5	-62,3	0,0363	-3	0,0454
	5-6	К1	150	26,86	166,8	1,5	168,4	0,0283	5	0,0293
	6-7	К1	230	26,86	294,0	1,5	295,5	0,0246	20	0,0684
	7-27		200	26,86	-28,1	3,7	-24,4	0,0328	0	0,0066
	26-27		300	26,86	35,0	3,7	38,6	0,0383	1	0,0182
	25-26		250	26,86	112,8	3,7	116,5	0,0310	4	0,0370
	15-25		430	26,86	202,7	3,7	206,3	0,0269	20	0,0977
	15-16	К2	340	26,86	-167,6	-1,7	-169,3	0,0283	-11	0,0666
	16-17	К2	280	26,86	-2,6	-1,7	-4,3	0,1601	0	0,0079
	17-18	К2	210	26,86	114,2	-1,7	112,6	0,0313	3	0,0303
	18-23		260	26,86	-285,1	3,7	-281,5	0,0249	-21	0,0746
	23-24		200	26,86	-217,3	3,7	-213,6	0,0267	-10	0,0466
	4-24		380	26,86	-138,0	3,7	-134,3	0,0299	-8	0,0626
$\Delta = \frac{0,1}{0,5 \cdot 107} \cdot 100\% = 0,12\% \Delta Q_k^1 = \frac{-0,1}{1,75 \cdot 0,591} = -0,1 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = -0,1 \frac{(0,0454 + 0,0293 + 0,0684) \cdot 0,1 + (0,0666 + 0,079 + 0,0303) \cdot 0,2}{0,591} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma=0,1$	$\Sigma 0,591$
									$\Sigma/\Delta P=107$	

Таблица 18 - Гидравлический расчет сети низкого давления №1 (третье приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Третье приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{\text{уч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К1	1-2		420	26,86	1596,0	0,1	1596,1	0,0166	725	0,4545
	2-3		370	26,86	383,3	0,1	383,4	0,0230	51	0,1338
	3-4		400	26,86	222,5	0,1	222,6	0,0264	21	0,0962
	4-5	К3	490	26,86	62,3	0,1	62,4	0,0363	3	0,0454
	5-6	К3	150	26,86	-168,4	0,1	-168,3	0,0283	-5	0,0292
	6-7	К3	230	26,86	-295,5	0,1	-295,4	0,0246	-20	0,0684
	7-8		400	26,86	-932,9	0,1	-932,8	0,0184	-263	0,2817
	8-9		210	26,86	-1134,5	0,1	-1134,4	0,0178	-197	0,1733
	1-9		290	26,86	-1235,6	0,1	-1235,5	0,0175	-316	0,2561
$\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 1602} \cdot 100\% = -0,04\% \Delta Q_k^1 = \frac{-0}{1,75 \cdot 1,5386} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = 0 \frac{(0,0454 + 0,0292 + 0,0684) \cdot (-0,1)}{1,5386} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma=0$	$\Sigma 1,5386$
									$\Sigma/\Delta P=1602$	

Продолжение таблицы 18 - Гидравлический расчет сети низкого давления №1 (третье приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Третье приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{\text{уч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К2	10-11		130	26,86	1164,1	0,2	1164,3	0,0177	128	0,1095
	11-12		370	26,86	1076,8	0,2	1077,0	0,0178	313	0,2903
	12-13		310	26,86	935,6	0,2	935,8	0,0184	205	0,2189
	13-14		130	26,86	816,7	0,2	816,9	0,0191	68	0,0829
	14-15		160	26,86	519,4	0,2	519,6	0,0214	38	0,0727
	15-16	К3	340	26,86	169,3	0,2	169,5	0,0283	11	0,0667
	16-17	К3	280	26,86	4,3	0,2	4,5	0,1528	0	0,0079
	17-18	К3	210	26,86	-112,6	0,2	-112,3	0,0313	-3	0,0302
	18-19		630	26,86	-564,0	0,2	-563,8	0,0209	-171	0,3042
	19-20		510	26,86	-759,7	0,2	-759,5	0,0194	-234	0,3079
	20-21		300	26,86	-931,1	0,2	-930,9	0,0185	-196	0,2110
	21-22		120	26,86	-1018,5	0,2	-1018,3	0,0180	-92	0,0903
	10-22		80	26,86	-1051,1	0,2	-1050,9	0,0179	-65	0,0616
$\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 1524} \cdot 100\% = 0\% \Delta Q_k^1 = \frac{- - 1}{1,75 \cdot 1,8539} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = 0 \frac{(0,0667 + 0,0079 + 0,0302) \cdot 0}{1,8539} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma=0$	$\Sigma 1,8539$
									$\Sigma/\Delta P=1524$	

19

Окончание таблицы 18 - Гидравлический расчет сети низкого давления №1 (третье приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Третье приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{уц}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К3	4-5	К1	490	26,86	-62,3	-0,1	-62,4	0,0363	-3	0,0454
	5-6	К1	150	26,86	168,4	-0,1	168,3	0,0283	5	0,0292
	6-7	К1	230	26,86	295,5	-0,1	295,4	0,0246	20	0,0684
	7-27		200	26,86	-24,4	0,0	-24,4	0,0328	0	0,0066
	26-27		300	26,86	38,6	0,0	38,6	0,0383	1	0,0182
	25-26		250	26,86	116,5	0,0	116,5	0,0310	4	0,0370
	15-25		430	26,86	206,3	0,0	206,3	0,0269	20	0,0977
	15-16	К2	340	26,86	-169,3	-0,2	-169,5	0,0283	-11	0,0667
	16-17	К2	280	26,86	-4,3	-0,2	-4,5	0,1528	0	0,0079
	17-18	К2	210	26,86	112,6	-0,2	112,3	0,0313	3	0,0302
	18-23		260	26,86	-281,5	0,0	-281,5	0,0249	-21	0,0746
	23-24		200	26,86	-213,6	0,0	-213,6	0,0267	-10	0,0466
	4-24		380	26,86	-134,3	0,0	-134,3	0,0299	-8	0,0626
$\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 107} \cdot 100\% = 0\% \Delta Q_k^1 = \frac{-0}{1,75 \cdot 0,591} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = 0 \frac{(0,0454 + 0,0292 + 0,0684) \cdot 0 + (0,0667 + 0,079 + 0,0302) \cdot 0}{0,591} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma=0$	$\Sigma 0,591$
									$\Sigma/\Delta P=107$	

Давление газа в узловых точках определяется по формуле

$$P = P_i - \sum / \Delta P_{\text{уч}} \text{ кПа} \quad (40)$$

где P - давление газа в рассматриваемой точке, кПа;

P_i - давление газа в предыдущей узловой точке по ходу движения газа, кПа;

$/\Delta P_{\text{уч}}/$ - потери давления газа на участках газовой сети от предыдущей узловой точки до рассматриваемой, при условии, что газ движется в одном направлении, кПа.

Таблица 19 – Результаты гидравлического расчета кольцевой сети низкого давления №1

Номер участка	$QH, \text{ м}^3/\text{ч}$	$QK, \text{ м}^3/\text{ч}$	$PH, \text{ кПа}$	$PK, \text{ кПа}$
1-2	1671,3	1149,4	5,000	4,275
2-3	453,2	988,6	4,275	4,223
3-4	298,1	871,2	4,223	4,202
4-5	206,9	800,7	4,202	4,199
5-6	212,5	499,7	4,204	4,199
6-7	363,2	79,0	4,224	4,204
7-8	1088,5	-79,0	4,487	4,224
8-9	1172,1	56,5	4,684	4,487
1-9	1287,5	473,6	5,000	4,684
10-11	1176,5	637,5	5,000	4,872
11-12	1149,4	859,2	4,872	4,560
12-13	988,6	989,6	4,560	4,355
13-14	830,2	1041,7	4,355	4,287
14-15	535,9	1149,4	4,287	4,250
15-16	243,5	988,6	4,250	4,238
16-17	56,5	871,2	4,238	4,238
17-18	158,1	800,7	4,242	4,238
18-19	637,5	499,7	4,413	4,242
19-20	859,2	79,0	4,647	4,413
20-21	989,6	-79,0	4,843	4,647
21-22	1041,7	56,5	4,935	4,843
10-22	1058,4	473,6	5,000	4,935
7-27	47,6	-3,9	4,224	4,224
26-27	81,1	3,9	4,225	4,224
25-26	145,5	81,1	4,229	4,225
15-25	256,1	145,5	4,250	4,229
18-23	315,534	239,8	4,242	4,221
23-24	239,8	181,6	4,221	4,211
4-24	181,6	76,6	4,211	4,202

Таблица 20 - Гидравлический расчет тупиковых ответвлений сети низкого давления №1

Номер участка	l , м	$d_n \times s$, мм	d , см	Q_p , м ³ /ч	λ	ΔP , Па	P_H , кПа	P_K , кПа
7-28	400	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-180x16,4	14,72	182,4	0,0239	257	4,224	3,967
13-29	270	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-125x11,4	10,22	22,6	0,0368	25	4,355	4,330
2-30	220	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-315x28,6	25,78	1051,0	0,0179	214	4,275	4,061
30-31	480	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-180x16,4	14,72	137,8	0,0256	189	4,061	3,872
30-32	640	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	22,92	440,3	0,0214	234	4,061	3,827

Таблица 21 - Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (предварительное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков					Предварительное распределение потоков			
	номер	номер соседнего контура (кольца)	l , м	$d_n \times s$, мм	d , см	Q_p , м ³ /ч	λ	ΔP , Па	$\Delta P/QP$
К4	40-41		270	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	187,6	0,0225	503,8	2,6862
	41-42		210	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	156,0	0,0236	284,0	1,8199
	42-43		250	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	120,0	0,0252	213,4	1,7788
	43-44		130	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	107,1	0,0259	91,0	0,8496
	44-45		230	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	93,7	0,0268	127,4	1,3595
	45-46		320	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	84,1	0,0275	146,6	1,7440
	46-47		230	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	74,1	0,0284	84,6	1,1407
	47-48		320	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	64,5	0,0294	92,3	1,4302
	48-49		220	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	51,4	0,0311	42,6	0,8293
	49-50		200	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	36,8	0,0338	21,6	0,5867
	50-51	К6	300	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	9,6	0,0320	2,1	0,2169
	51-52	К6	290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	-9,2	0,0331	-1,9	0,2096
	52-53	К6	360	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	-28,3	0,0361	-24,5	0,8670
	53-54	К6	110	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	-39,8	0,0331	-13,6	0,3424
	54-55	К6	290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	-50,8	0,0312	-55,1	1,0840
	55-56		320	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	-39,0	0,0333	-38,3	0,9807
40-56		330	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	-50,6	0,0312	-62,2	1,2287	
$\Delta = \frac{1414}{0,5 \cdot 1805} \cdot 100\% = 156,64\% \Delta Q_k^1 = \frac{-1414}{1,75 \cdot 19,1544} = -42,2 \text{ м}^3/\text{ч}$								$\Sigma=1414$	$\Sigma 19,1544$
$\Delta Q_k = -42,2 \frac{(0,2169 + 0,2096 + 0,867 + 0,3424 + 1,084) \cdot (-33,3)}{19,1544} = -46,9 \text{ м}^3/\text{ч}$								$\Sigma/\Delta P=1805$	

Продолжение таблицы 21 - Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (предварительное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков					Предварительное распределение потоков			
	номер	номер соседнего контура (кольца)	l , м	$d_n \times s$, мм	d , см	Q_P , м ³ /ч	λ	ΔP , Па	$\Delta P/QP$
К5	60-61		120	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	80,2	0,0278	50,7	0,6315
	61-62		130	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	63,9	0,0294	36,8	0,5765
	62-63		500	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	48,6	0,0315	87,9	1,8079
	63-64		480	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	21,2	0,0388	19,7	0,9303
	64-65		250	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	9,7	0,0316	1,8	0,1807
	65-66		180	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	3,0	0,1014	0,4	0,1301
	66-67		180	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	-3,0	0,1014	-0,4	0,1301
	67-68		120	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	-7,5	0,0408	-0,7	0,0867
	68-69		90	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	-15,5	0,0370	-1,9	0,1215
	69-70	К6	410	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	-107,9	0,0258	-290,6	2,6940
	70-71		250	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	-136,9	0,0243	-268,9	1,9640
60-71		170	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	-143,2	0,0241	-197,8	1,3813	
$\Delta = \frac{-563}{0,5 \cdot 957} \cdot 100\% = -117,58\% \Delta Q_k^1 = \frac{-563}{1,75 \cdot 10,6346} = 30,2 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = 30,2 \frac{2,694 \cdot (-33,3)}{10,6346} = 21,8 \text{ м}^3/\text{ч}$								$\Sigma=-563$	$\Sigma 10,6346$
								$\Sigma/\Delta P=957$	

Окончание таблицы 21 - Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (предварительное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков					Предварительное распределение потоков			
	номер	номер соседнего контура (кольца)	l , м	$d_n \times s$, мм	d , см	Q_p , м ³ /ч	λ	ΔP , Па	$\Delta P/QP$
К6	50-51	К4	300	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	-9,6	0,0320	-2,1	0,2169
	51-52	К4	290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	9,2	0,0331	1,9	0,2096
	52-53	К4	360	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	28,3	0,0361	24,5	0,8670
	53-54	К4	110	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	39,8	0,0331	13,6	0,3424
	54-55	К4	290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	50,8	0,0312	55,1	1,0840
	55-72		130	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	27,2	0,0364	8,3	0,3044
	72-73		190	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	41,1	0,0329	24,9	0,6052
	69-73		200	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	64,5	0,0294	57,6	0,8934
	69-70	К5	410	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	107,9	0,0258	290,6	2,6940
	70-74		230	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	-12,7	0,0346	-3,0	0,2390
	74-75		170	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	-8,2	0,0375	-1,0	0,1229
	75-76		200	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	-6,1	0,0505	-0,9	0,1446
	76-77		270	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	-3,3	0,0919	-0,7	0,1952
	50-77		210	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-140x10,3	11,94	6,5	0,0472	1,0	0,1518
$\Delta = \frac{470}{0,5 \cdot 485} \cdot 100\% = 193,7\% \Delta Q_k^1 = \frac{-470}{1,75 \cdot 8,0702} = -33,3 \text{ м}^3/\text{ч}$								$\Sigma=470$	$\Sigma 8,0702$
$\Delta Q_k = -33,3 \frac{(0,2169 + 0,2096 + 0,867 + 0,3424 + 1,084) \cdot (-46,9) + 2,694 \cdot 21,8}{8,0702} = -41,8 \text{ м}^3/\text{ч}$								$\Sigma/\Delta P=485$	

Таблица 22 - Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (первое приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Первое приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{у\text{ч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К4	40-41		270	11,94	187,6	-46,9	140,7	0,0242	304	2,1648
	41-42		210	11,94	156,0	-46,9	109,1	0,0258	152	1,3919
	42-43		250	11,94	120,0	-46,9	73,1	0,0285	90	1,2264
	43-44		130	11,94	107,1	-46,9	60,2	0,0299	33	0,5515
	44-45		230	11,94	93,7	-46,9	46,8	0,0318	38	0,8076
	45-46		320	11,94	84,1	-46,9	37,2	0,0337	35	0,9456
	46-47		230	11,94	74,1	-46,9	27,2	0,0364	15	0,5383
	47-48		320	11,94	64,5	-46,9	17,6	0,0386	9	0,5136
	48-49		220	11,94	51,4	-46,9	4,5	0,0678	1	0,1590
	49-50		200	11,94	36,8	-46,9	-10,1	0,0320	-2	0,1525
	50-51	К6	300	11,94	9,6	-5,1	4,5	0,0686	1	0,2169
	51-52	К6	290	11,94	-9,2	-5,1	-14,3	0,0360	-5	0,3537
	52-53	К6	360	11,94	-28,3	-5,1	-33,4	0,0346	-33	0,9817
	53-54	К6	110	11,94	-39,8	-5,1	-44,9	0,0321	-17	0,3748
	54-55	К6	290	11,94	-50,8	-5,1	-55,9	0,0304	-65	1,1645
	55-56		320	11,94	-39,0	-46,9	-85,9	0,0273	-152	1,7727
	40-56		330	11,94	-50,6	-46,9	-97,5	0,0265	-196	2,0097
$\Delta = \frac{208}{0,5 \cdot 1147} \cdot 100\% = 36,25\%$ $\Delta Q_k^1 = \frac{-208}{1,75 \cdot 15,3254} = -7,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = -42,2 \frac{(0,2169 + 0,3537 + 0,9817 + 0,3748 + 1,1645) \cdot (-0,6)}{15,3254} = -7,9 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma=208$	$\Sigma 15,3254$
									$\Sigma/\Delta P=1147$	

Продолжение таблицы 22 - Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (первое приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Первое приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{у\text{ч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К5	60-61		120	11,94	80,2	21,8	102,1	0,0262	77	0,7563
	61-62		130	11,94	63,9	21,8	85,7	0,0274	62	0,7186
	62-63		500	11,94	48,6	21,8	70,5	0,0287	168	2,3870
	63-64		480	11,94	21,2	21,8	43,0	0,0325	68	1,5821
	64-65		250	11,94	9,7	21,8	31,5	0,0351	21	0,6526
	65-66		180	11,94	3,0	21,8	24,8	0,0373	10	0,3931
	66-67		180	11,94	-3,0	21,8	18,8	0,0394	6	0,3146
	67-68		120	11,94	-7,5	21,8	14,3	0,0360	2	0,1458
	68-69		90	11,94	-15,5	21,8	6,3	0,0484	0	0,0651
	69-70	К6	410	11,94	-107,9	63,6	-44,3	0,0323	-61	1,3810
	70-71		250	11,94	-136,9	21,8	-115,1	0,0254	-198	1,7243
	60-71		170	11,94	-143,2	21,8	-121,4	0,0251	-148	1,2202
$\Delta = \frac{6}{0,5 \cdot 821} \cdot 100\% = 1,48\% \Delta Q_k^1 = \frac{-6}{1,75 \cdot 11,3408} = -0,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = -0,3 \frac{1,3810 \cdot (-0,6)}{11,3408} = 0,4 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma=6$	$\Sigma 11,3408$
									$\Sigma/\Delta P=821$	

Окончание таблицы 22 - Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (первое приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Первое приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{\text{уч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К6	50-51	К4	300	11,94	-9,6	5,1	-4,5	0,0686	-1	0,2169
	51-52	К4	290	11,94	9,2	5,1	14,3	0,0360	5	0,3537
	52-53	К4	360	11,94	28,3	5,1	33,4	0,0346	33	0,9817
	53-54	К4	110	11,94	39,8	5,1	44,9	0,0321	17	0,3748
	54-55	К4	290	11,94	50,8	5,1	55,9	0,0304	65	1,1645
	55-72		130	11,94	27,2	-41,8	-14,5	0,0362	-2	0,1615
	72-73		190	11,94	41,1	-41,8	-0,7	0,4248	0	0,1374
	69-73		200	11,94	64,5	-41,8	22,7	0,0381	9	0,4082
	69-70	К5	410	11,94	107,9	-63,6	44,3	0,0323	61	1,3810
	70-74		230	11,94	-12,7	-41,8	-54,5	0,0306	-49	0,9059
	74-75		170	11,94	-8,2	-41,8	-50,0	0,0313	-31	0,6271
	75-76		200	11,94	-6,1	-41,8	-47,9	0,0316	-34	0,7144
	76-77		270	11,94	-3,3	-41,8	-45,1	0,0321	-42	0,9229
	50-77		210	11,94	6,5	-41,8	-35,3	0,0341	-21	0,5971
$\Delta = \frac{9}{0,5 \cdot 371} \cdot 100\% = 4,93\% \Delta Q_k^1 = \frac{-9}{1,75 \cdot 8,9471} = -0,6 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma=9$	$\Sigma 8,9471$
$\Delta Q_k = -33,3 \frac{(0,2169 + 0,3537 + 0,9817 + 0,3748 + 1,1645) \cdot (-7,9) + 1,3810 \cdot (-0,4)}{8,9471} = -3,4 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma/\Delta P=371$	

Таблица 23 - Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (второе приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Второе приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{\text{уч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К4	40-41		270	11,94	140,7	-7,9	132,8	0,0245	275	2,0733
	41-42		210	11,94	109,1	-7,9	101,3	0,0262	133	1,3160
	42-43		250	11,94	73,1	-7,9	65,2	0,0293	73	1,1259
	43-44		130	11,94	60,2	-7,9	52,3	0,0309	26	0,4965
	44-45		230	11,94	46,8	-7,9	38,9	0,0333	27	0,7034
	45-46		320	11,94	37,2	-7,9	29,3	0,0358	23	0,7911
	46-47		230	11,94	27,2	-7,9	19,4	0,0397	8	0,4169
	47-48		320	11,94	17,6	-7,9	9,8	0,0317	2	0,2335
	48-49		220	11,94	4,5	-7,9	-3,3	0,0916	-1	0,1590
	49-50		200	11,94	-10,1	-7,9	-18,0	0,0388	-6	0,3290
	50-51	К6	300	11,94	4,5	-4,5	0,0	7,6674	0	0,2169
	51-52	К6	290	11,94	-14,3	-4,5	-18,9	0,0395	-10	0,5091
	52-53	К6	360	11,94	-33,4	-4,5	-37,9	0,0335	-41	1,0795
	53-54	К6	110	11,94	-44,9	-4,5	-49,4	0,0314	-20	0,4026
	54-55	К6	290	11,94	-55,9	-4,5	-60,5	0,0299	-75	1,2342
	55-56		320	11,94	-85,9	-7,9	-93,8	0,0267	-178	1,8932
40-56		330	11,94	-97,5	-7,9	-105,4	0,0260	-224	2,1302	
$\Delta = \frac{15}{0,5 \cdot 1122} \cdot 100\% = 2,74\% \Delta Q_k^1 = \frac{-15}{1,75 \cdot 15,1102} = -0,6 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma=15$	$\Sigma 15,1102$
$\Delta Q_k = -0,6 \frac{(0,2169 + 0,5091 + 1,0795 + 0,4026 + 1,2342) \cdot (-0,1)}{15,1102} = -0,6 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma/\Delta P=1122$	

Продолжение таблицы 23 - Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (второе приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Второе приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{у\check{c}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К5	60-61		120	11,94	102,1	-0,4	101,7	0,0262	77	0,7542
	61-62		130	11,94	85,7	-0,4	85,3	0,0274	61	0,7163
	62-63		500	11,94	70,5	-0,4	70,1	0,0288	167	2,3774
	63-64		480	11,94	43,0	-0,4	42,6	0,0326	67	1,5717
	64-65		250	11,94	31,5	-0,4	31,1	0,0352	20	0,6467
	65-66		180	11,94	24,8	-0,4	24,5	0,0374	10	0,3886
	66-67		180	11,94	18,8	-0,4	18,4	0,0392	6	0,3062
	67-68		120	11,94	14,3	-0,4	13,9	0,0357	2	0,1407
	68-69		90	11,94	6,3	-0,4	6,0	0,0515	0	0,0651
	69-70	К6	410	11,94	-44,3	3,0	-41,3	0,0328	-54	1,3105
	70-71		250	11,94	-115,1	-0,4	-115,5	0,0254	-200	1,7285
	60-71		170	11,94	-121,4	-0,4	-121,7	0,0251	-149	1,2231
$\Delta = \frac{6}{0,5 \cdot 812} \cdot 100\% = 1,59\%$ $\Delta Q_k^1 = \frac{-6}{1,75 \cdot 11,2291} = -0,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = -0,3 \frac{1,3105 \cdot (-0,1)}{11,2291} = -0,3 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma=6$	$\Sigma 11,2291$
									$\Sigma/\Delta P=812$	

Окончание таблицы 23 - Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (второе приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Второе приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{у\check{c}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К6	50-51	К4	300	11,94	-4,5	4,5	0,0	7,6674	0	0,2169
	51-52	К4	290	11,94	14,3	4,5	18,9	0,0395	10	0,5091
	52-53	К4	360	11,94	33,4	4,5	37,9	0,0335	41	1,0795
	53-54	К4	110	11,94	44,9	4,5	49,4	0,0314	20	0,4026
	54-55	К4	290	11,94	55,9	4,5	60,5	0,0299	75	1,2342
	55-72		130	11,94	-14,5	-3,4	-17,9	0,0388	-4	0,2131
	72-73		190	11,94	-0,7	-3,4	-4,1	0,0750	-1	0,1374
	69-73		200	11,94	22,7	-3,4	19,3	0,0397	7	0,3619
	69-70	К5	410	11,94	44,3	-3,0	41,3	0,0328	54	1,3105
	70-74		230	11,94	-54,5	-3,4	-57,9	0,0302	-55	0,9475
	74-75		170	11,94	-50,0	-3,4	-53,3	0,0308	-35	0,6585
	75-76		200	11,94	-47,9	-3,4	-51,2	0,0311	-39	0,7517
	76-77		270	11,94	-45,1	-3,4	-48,5	0,0315	-47	0,9740
	50-77		210	11,94	-35,3	-3,4	-38,7	0,0334	-25	0,6393
$\Delta = \frac{1}{0,5 \cdot 411} \cdot 100\% = 0,64\% \Delta Q_k^1 = \frac{-1}{1,75 \cdot 9,4363} = -0,1 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma=1$	$\Sigma 9,4363$
$\Delta Q_k = -0,1 \frac{(0,2169 + 0,5091 + 1,0795 + 0,4026 + 1,2342) \cdot (-0,9) + 1,3105 \cdot (-0,3)}{9,4363} = -0,3 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma/\Delta P=411$	

Таблица 24 - Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (третье приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Третье приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{\text{уч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К4	40-41		270	11,94	132,8	-0,6	132,2	0,0245	273	2,0663
	41-42		210	11,94	101,3	-0,6	100,7	0,0263	132	1,3101
	42-43		250	11,94	65,2	-0,6	64,6	0,0294	72	1,1181
	43-44		130	11,94	52,3	-0,6	51,7	0,0310	25	0,4922
	44-45		230	11,94	38,9	-0,6	38,3	0,0335	27	0,6952
	45-46		320	11,94	29,3	-0,6	28,7	0,0360	22	0,7789
	46-47		230	11,94	19,4	-0,6	18,8	0,0394	8	0,4013
	47-48		320	11,94	9,8	-0,6	9,2	0,0335	2	0,2313
	48-49		220	11,94	-3,3	-0,6	-3,9	0,0777	-1	0,1590
	49-50		200	11,94	-18,0	-0,6	-18,6	0,0393	-6	0,3437
	50-51	К6	300	11,94	0,0	-0,3	-0,3	1,0443	0	0,2169
	51-52	К6	290	11,94	-18,9	-0,3	-19,1	0,0397	-10	0,5182
	52-53	К6	360	11,94	-37,9	-0,3	-38,2	0,0335	-41	1,0849
	53-54	К6	110	11,94	-49,4	-0,3	-49,7	0,0313	-20	0,4042
	54-55	К6	290	11,94	-60,5	-0,3	-60,7	0,0298	-75	1,2381
	55-56		320	11,94	-93,8	-0,6	-94,4	0,0267	-180	1,9023
40-56		330	11,94	-105,4	-0,6	-106,0	0,0259	-227	2,1393	
$\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 1121} \cdot 100\% = 0,27\% \Delta Q_k^1 = \frac{-0}{1,75 \cdot 15,1001} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma=0$	$\Sigma 15,1001$
$\Delta Q_k = 0 \frac{(0,2169 + 0,5182 + 1,0849 + 0,4042 + 1,2381) \cdot 0}{15,1001} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma/\Delta P=1121$	

Продолжение таблицы 24 - Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (третье приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Третье приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{у\check{c}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К5	60-61		120	11,94	101,7	-0,3	101,3	0,0262	76	0,7524
	61-62		130	11,94	85,3	-0,3	85,0	0,0274	61	0,7141
	62-63		500	11,94	70,1	-0,3	69,7	0,0288	165	2,3688
	63-64		480	11,94	42,6	-0,3	42,3	0,0326	66	1,5623
	64-65		250	11,94	31,1	-0,3	30,8	0,0353	20	0,6415
	65-66		180	11,94	24,5	-0,3	24,1	0,0376	9	0,3846
	66-67		180	11,94	18,4	-0,3	18,1	0,0389	5	0,2987
	67-68		120	11,94	13,9	-0,3	13,6	0,0354	2	0,1361
	68-69		90	11,94	6,0	-0,3	5,6	0,0546	0	0,0651
	69-70	К6	410	11,94	-41,3	0,0	-41,3	0,0328	-54	1,3104
	70-71		250	11,94	-115,5	-0,3	-115,8	0,0254	-201	1,7323
	60-71		170	11,94	-121,7	-0,3	-122,1	0,0250	-150	1,2256
$\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 809} \cdot 100\% = 0\% \Delta Q_k^1 = \frac{-1}{1,75 \cdot 11,1919} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = 0 \frac{1,3104 \cdot 0}{11,1919} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma=0$	$\Sigma 11,1919$
									$\Sigma/\Delta P=809$	

Окончание таблицы 24 - Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (третье приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Третье приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{у\check{ч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К6	50-51	К4	300	11,94	0,0	0,3	0,3	1,0443	0	0,2169
	51-52	К4	290	11,94	18,9	0,3	19,1	0,0397	10	0,5182
	52-53	К4	360	11,94	37,9	0,3	38,2	0,0335	41	1,0849
	53-54	К4	110	11,94	49,4	0,3	49,7	0,0313	20	0,4042
	54-55	К4	290	11,94	60,5	0,3	60,7	0,0298	75	1,2381
	55-72		130	11,94	-17,9	-0,3	-18,3	0,0391	-4	0,2186
	72-73		190	11,94	-4,1	-0,3	-4,4	0,0692	-1	0,1374
	69-73		200	11,94	19,3	-0,3	19,0	0,0396	7	0,3542
	69-70	К5	410	11,94	41,3	0,0	41,3	0,0328	54	1,3104
	70-74		230	11,94	-57,9	-0,3	-58,2	0,0301	-55	0,9517
	74-75		170	11,94	-53,3	-0,3	-53,7	0,0308	-36	0,6617
	75-76		200	11,94	-51,2	-0,3	-51,6	0,0311	-39	0,7555
	76-77		270	11,94	-48,5	-0,3	-48,8	0,0315	-48	0,9792
	50-77		210	11,94	-38,7	-0,3	-39,0	0,0333	-25	0,6436
$\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 415} \cdot 100\% = 0\% \Delta Q_k^1 = \frac{-0}{1,75 \cdot 9,4747} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma=0$	$\Sigma 9,4747$
$\Delta Q_k = -0,1 \frac{(0,2169 + 0,5182 + 1,0849 + 0,4042 + 1,2381) \cdot (-0,1) + 1,3104 \cdot 0}{9,4747} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma/\Delta P=415$	

Таблица 25 – Результаты гидравлического расчета кольцевой сети низкого давления №1

Номер участка	$QH, \text{ м}^3/\text{ч}$	$QK, \text{ м}^3/\text{ч}$	$PH, \text{ кПа}$	$PK, \text{ кПа}$
40-41	136,4	126,9	5,000	4,727
41-42	126,9	68,5	4,727	4,595
42-43	68,5	59,6	4,595	4,523
43-44	59,6	41,9	4,523	4,498
44-45	41,9	33,8	4,498	4,471
45-46	33,8	22,4	4,471	4,449
46-47	22,4	14,2	4,449	4,441
47-48	14,2	2,9	4,441	4,439
48-49	12,4	-2,9	4,440	4,440
49-50	26,2	12,4	4,447	4,440
50-51	9,9	-7,501	4,447	4,447
51-52	26,7	9,9	4,457	4,447
52-53	47,6	26,7	4,498	4,457
53-54	51,5	47,6	4,518	4,498
54-55	68,3	51,5	4,593	4,518
55-56	99,6	88,2	4,773	4,593
40-56	111,3	99,6	5,000	4,773
60-61	103,0	99,3	5,000	4,924
61-62	87,8	81,4	4,924	4,863
62-63	81,4	55,5	4,863	4,698
63-64	48,8	34,2	4,698	4,632
64-65	34,2	26,6	4,632	4,612
65-66	26,6	21,1	4,612	4,603
66-67	21,1	15,6	4,603	4,598
67-68	15,6	11,9	4,598	4,596
68-69	11,9	0,4	4,596	4,596
69-70	51,0	29,3	4,650	4,596
70-71	119,3	111,6	4,850	4,650
60-71	124,4	119,3	5,000	4,850
55-72	19,9	17,0	4,593	4,589
72-73	17,0	-5,8	4,589	4,589
69-73	29,7	5,8	4,596	4,589
70-74	60,6	55,4	4,650	4,594
74-75	55,4	51,6	4,594	4,559
75-76	51,6	51,6	4,559	4,520
76-77	51,6	45,5	4,520	4,472
50-77	45,5	33,7	4,472	4,447

Таблица 26 - Гидравлический расчет тупиковых ответвлений сети низкого давления №1

Номер участка	l , м	$d_n \times s$, мм	d , см	Q_P , м ³ /ч	λ	ΔP , Па	P_H , кПа	P_K , кПа
61-78	600	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-50x4,6	4,08	6,3	0,0391	460	4,924	4,464
63-79	310	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-50x4,6	4,08	3,6	0,0325	66	4,698	4,632

Таблица 27 - Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (предварительное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков					Предварительное распределение потоков			
	номер	номер соседнего контура (кольца)	l , м	$d_n \times s$, мм	d , см	Q_P , м ³ /ч	λ	ΔP , Па	$\Delta P/Q_P$
К1	1-2		300	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-280x20,6	23,88	644,9	0,0196	181	0,2801
	2-3		280	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-280x20,6	23,88	522,3	0,0207	117	0,2232
	3-4		420	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-280x20,6	23,88	388,8	0,0223	104	0,2683
	4-5	К3	450	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-280x20,6	23,88	67,7	0,0345	5	0,0775
	5-6	К3	300	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-280x20,6	23,88	-45,2	0,0382	-2	0,0381
	6-7		240	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-280x20,6	23,88	-73,6	0,0338	-3	0,044
	7-8		270	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-280x20,6	23,88	-272,1	0,0244	-36	0,132
	8-9		260	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-280x20,6	23,88	-359,8	0,0227	-56	0,1567
	9-10		230	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-280x20,6	23,88	-440,5	0,0216	-71	0,1613
	10-11		170	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-280x20,6	23,88	-517,7	0,0208	-70	0,1346
	11-12		520	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-280x20,6	23,88	-611,2	0,0199	-285	0,4663
	1-12		50	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-200x14,7	23,88	-763,5	0,0188	-40	0,053
$\Delta = \frac{-157}{0,5 \cdot 970} \cdot 100\% = -32,29\%$ $\Delta Q_k^1 = \frac{-157}{1,75 \cdot 2,035} = 43,98 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = 43,98 \frac{(0,0775 + 0,0381) \cdot 29,55}{2,035} = 45,66 \text{ м}^3/\text{ч}$								$\Sigma = -157$	$\Sigma 2,035$
								$\Sigma/\Delta P = 970$	

Продолжение таблицы 27 - Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (предварительное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков					Предварительное распределение потоков			
	номер	номер соседнего контура (кольца)	l , м	$d_n \times s$, мм	d , см	Q_p , м ³ /ч	λ	ΔP , Па	$\Delta P/QP$
К2	13-14		140	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-250x18,4	23,88	785,6	0,0187	119	0,1516
	14-15		390	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-250x18,4	23,88	653,3	0,0196	240	0,3676
	15-16		260	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-250x18,4	23,88	536,2	0,0206	113	0,2114
	16-17		260	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-250x18,4	23,88	418,7	0,0219	73	0,1756
	17-18		60	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-250x18,4	23,88	375,3	0,0225	14	0,0373
	18-19	К3	360	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-250x18,4	23,88	86,2	0,0325	6	0,0743
	19-20	К3	230	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-250x18,4	23,88	25,5	0,0346	0	0,0149
	20-21	К3	300	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-250x18,4	23,88	-33,2	0,0378	-1	0,0278
	21-22		420	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-250x18,4	23,88	-353,3	0,0228	-88	0,2497
	22-23		350	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-250x18,4	23,88	-583,4	0,0201	-177	0,3031
	13-23		120	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-250x18,4	23,88	-765,1	0,0188	-97	0,1274
$\Delta = \frac{203}{0,5 \cdot 930} \cdot 100\% = 43,75\% \Delta Q_k^1 = \frac{-203}{1,75 \cdot 1,7405} = -66,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = -66,8 \frac{(0,0743 + 0,0149 + 0,0278) \cdot 29,55}{1,7405} = 64,81 \text{ м}^3/\text{ч}$								$\Sigma=203$	$\Sigma 1,7405$
								$\Sigma/\Delta P=930$	

Окончание таблицы 27 - Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (предварительное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков					Предварительное распределение потоков			
	номер	номер соседнего контура (кольца)	l , м	$d_n \times s$, мм	d , см	Q_p , м ³ /ч	λ	ΔP , Па	$\Delta P/QP$
К3	4-5	К1	450	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-280x20,6	23,88	-67,7	0,0345	-5	0,0775
	5-6	К1	300	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-280x20,6	23,88	45,2	0,0382	2	0,0381
	6-26		290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-250x18,4	23,88	91,6	0,0320	6	0,0627
	18-26		65	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-200x14,7	23,88	240,8	0,0251	7	0,029
	18-19	К2	360	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-250x18,4	23,88	-86,2	0,0325	-6	0,0743
	19-20	К2	230	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-250x18,4	23,88	-25,5	0,0346	0	0,0149
	20-21	К2	300	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-250x18,4	23,88	33,2	0,0378	1	0,0278
	21-25		380	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	23,88	-193,0	0,0266	-28	0,1435
	24-25		230	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	23,88	-116,1	0,0302	-7	0,0594
4-24		200	ПЭ 80 ГАЗ CDR 13,6-315x23,2	23,88	66,1	0,0347	2	0,0338	
$\Delta = \frac{-29}{0,5 \cdot 64} \cdot 100\% = -90,35\% \Delta Q_k^1 = \frac{-29}{1,75 \cdot 0,561} = 29,55 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = 29,55 \frac{(0,0775 + 0,0381) \cdot 45,66 + (0,0743 + 0,0149 + 0,0278) \cdot (-64,81)}{0,561} = 25,45 \text{ м}^3/\text{ч}$								$\Sigma = -29$	$\Sigma 0,561$
								$\Sigma \Delta P = 64$	

Таблица 28 - Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (первое приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Первое приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{\text{уч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К1	1-2		300	23,88	644,9	45,7	690,6	0,0193	204	0,2948
	2-3		280	23,88	522,3	45,7	568,0	0,0203	135	0,2377
	3-4		420	23,88	388,8	45,7	434,5	0,0217	127	0,2916
	4-5	К3	450	23,88	67,7	20,2	88,0	0,0323	8	0,0943
	5-6	К3	300	23,88	-45,2	20,2	-24,9	0,0344	0	0,0190
	6-7		240	23,88	-73,6	45,7	-27,9	0,0357	0	0,0176
	7-8		270	23,88	-272,1	45,7	-226,4	0,0255	-26	0,1150
	8-9		260	23,88	-359,8	45,7	-314,1	0,0235	-44	0,1415
	9-10		230	23,88	-440,5	45,7	-394,8	0,0222	-59	0,1486
	10-11		170	23,88	-517,7	45,7	-472,1	0,0212	-59	0,1256
	11-12		520	23,88	-611,2	45,7	-565,5	0,0203	-249	0,4399
1-12		50	23,88	-763,5	45,7	-717,8	0,0191	-36	0,0506	
$\Delta = \frac{-1}{0,5 \cdot 948} \cdot 100\% = -0,19\% \Delta Q_k^1 = \frac{-1}{1,75 \cdot 1,9762} = 0,27 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = 0,27 \frac{(0,0943 + 0,019) \cdot 29,55}{1,9762} = 0,28 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma = -1$	$\Sigma 1,9762$
									$\Sigma/\Delta P = 948$	

Продолжение таблицы 28 - Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (первое приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Первое приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{у\text{ч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К2	13-14		140	23,88	785,6	-64,8	720,8	0,0191	102	0,1421
	14-15		390	23,88	653,3	-64,8	588,5	0,0201	200	0,3399
	15-16		260	23,88	536,2	-64,8	471,4	0,0212	90	0,1919
	16-17		260	23,88	418,7	-64,8	353,8	0,0228	55	0,1547
	17-18		60	23,88	375,3	-64,8	310,5	0,0236	10	0,0324
	18-19	К3	360	23,88	86,2	-90,3	-4,1	0,1495	0	0,0163
	19-20	К3	230	23,88	25,5	-90,3	-64,8	0,0349	-2	0,0383
	20-21	К3	300	23,88	-33,2	-90,3	-123,5	0,0297	-10	0,0811
	21-22		420	23,88	-353,3	-64,8	-418,1	0,0219	-118	0,2833
	22-23		350	23,88	-583,4	-64,8	-648,2	0,0196	-213	0,3280
	13-23		120	23,88	-765,1	-64,8	-829,9	0,0184	-112	0,1354
$\Delta = \frac{2}{0,5 \cdot 914} \cdot 100\% = 0,39\%$ $\Delta Q_k^1 = \frac{-2}{1,75 \cdot 1,7433} = -0,58 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = -0,58 \frac{(0,0163 + 0,0383 + 0,0811) \cdot 0,26}{1,7433} = -0,56 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma=2$	$\Sigma 1,7433$
									$\Sigma/\Delta P=914$	

Окончание таблицы 28 - Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (первое приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Первое приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{у\text{ч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К3	4-5	К1	450	23,88	-67,7	-20,2	-88,0	0,0323	-8	0,0943
	5-6	К1	300	23,88	45,2	-20,2	24,9	0,0344	0	0,0190
	6-26		290	23,88	91,6	25,4	117,1	0,0301	9	0,0753
	18-26		65	23,88	240,8	25,4	266,3	0,0245	8	0,0313
	18-19	К2	360	23,88	-86,2	90,3	4,1	0,1495	0	0,0163
	19-20	К2	230	23,88	-25,5	90,3	64,8	0,0349	2	0,0383
	20-21	К2	300	23,88	33,2	90,3	123,5	0,0297	10	0,0811
	21-25		380	23,88	-193,0	25,4	-167,5	0,0275	-22	0,1291
	24-25		230	23,88	-116,1	25,4	-90,7	0,0321	-4	0,0493
	4-24		200	23,88	66,1	25,4	91,6	0,0320	4	0,0432
$\Delta = \frac{-0,3}{0,5 \cdot 69} \cdot 100\% = -0,76\% \Delta Q_k^1 = \frac{- - 0,3}{1,75 \cdot 0,577} = 0,26 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = 0,26 \frac{(0,0943 + 0,019) \cdot 0,28 + (0,0163 + 0,0383 + 0,0811) \cdot (-0,56)}{0,577} = 0,18 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma = -0,3$	$\Sigma 0,577$
									$\Sigma \Delta P = 69$	

Таблица 29 - Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (второе приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Второе приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{у\text{ч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К1	1-2		300	23,88	690,6	0,3	690,9	0,0193	204	0,2949
	2-3		280	23,88	568,0	0,3	568,3	0,0203	135	0,2377
	3-4		420	23,88	434,5	0,3	434,8	0,0217	127	0,2917
	4-5	К3	450	23,88	88,0	0,1	88,1	0,0323	8	0,0944
	5-6	К3	300	23,88	-24,9	0,1	-24,8	0,0343	0	0,0189
	6-7		240	23,88	-27,9	0,3	-27,6	0,0356	0	0,0174
	7-8		270	23,88	-226,4	0,3	-226,2	0,0255	-26	0,1149
	8-9		260	23,88	-314,1	0,3	-313,8	0,0235	-44	0,1414
	9-10		230	23,88	-394,8	0,3	-394,5	0,0222	-59	0,1485
	10-11		170	23,88	-472,1	0,3	-471,8	0,0212	-59	0,1255
	11-12		520	23,88	-565,5	0,3	-565,3	0,0203	-249	0,4398
1-12		50	23,88	-717,8	0,3	-717,5	0,0191	-36	0,0506	
$\Delta = \frac{0,02}{0,5 \cdot 948} \cdot 100\% = 0\% \Delta Q_k^1 = \frac{-0,02}{1,75 \cdot 1,9757} = -0,01 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = -0,01 \frac{(0,0944 + 0,0189) \cdot 0,01}{1,9757} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma=0,02$	$\Sigma 1,9757$
									$\Sigma/\Delta P=948$	

Продолжение таблицы 29 - Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (второе приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Второе приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{\text{уч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К2	13-14		140	23,88	720,8	-0,6	720,2	0,0191	102	0,1420
	14-15		390	23,88	588,5	-0,6	587,9	0,0201	200	0,3397
	15-16		260	23,88	471,4	-0,6	470,9	0,0212	90	0,1917
	16-17		260	23,88	353,8	-0,6	353,3	0,0228	55	0,1546
	17-18		60	23,88	310,5	-0,6	310,0	0,0236	10	0,0323
	18-19	К3	360	23,88	-4,1	-0,7	-4,8	0,1267	0	0,0163
	19-20	К3	230	23,88	-64,8	-0,7	-65,5	0,0348	-3	0,0386
	20-21	К3	300	23,88	-123,5	-0,7	-124,2	0,0297	-10	0,0814
	21-22		420	23,88	-418,1	-0,6	-418,7	0,0219	-119	0,2836
	22-23		350	23,88	-648,2	-0,6	-648,7	0,0196	-213	0,3282
	13-23		120	23,88	-829,9	-0,6	-830,5	0,0184	-112	0,1354
$\Delta = \frac{0,03}{0,5 \cdot 914} \cdot 100\% = 0,01\% \Delta Q_k^1 = \frac{-0,03}{1,75 \cdot 1,7439} = -0,01 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = -0,01 \frac{(0,0163 + 0,0386 + 0,0814) \cdot 0,01}{1,7439} = -0,01 \text{ м}^3/\text{ч}$								$\Sigma=0,03$	$\Sigma 1,7439$	
								$\Sigma/\Delta P=914$		

Окончание таблицы 29 - Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (второе приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Второе приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{у\text{ч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К3	4-5	К1	450	23,88	-88,0	-0,1	-88,1	0,0323	-8	0,0944
	5-6	К1	300	23,88	24,9	-0,1	24,8	0,0343	0	0,0189
	6-26		290	23,88	117,1	0,2	117,3	0,0301	9	0,0754
	18-26		65	23,88	266,3	0,2	266,5	0,0245	8	0,0313
	18-19	К2	360	23,88	4,1	0,7	4,8	0,1267	0	0,0163
	19-20	К2	230	23,88	64,8	0,7	65,5	0,0348	3	0,0386
	20-21	К2	300	23,88	123,5	0,7	124,2	0,0297	10	0,0814
	21-25		380	23,88	-167,5	0,2	-167,3	0,0275	-22	0,1290
	24-25		230	23,88	-90,7	0,2	-90,5	0,0321	-4	0,0492
	4-24		200	23,88	91,6	0,2	91,8	0,0320	4	0,0433
$\Delta = \frac{-0,01}{0,5 \cdot 69} \cdot 100\% = -0,03\% \Delta Q_k^1 = \frac{- - 0,01}{1,75 \cdot 0,5777} = 0,01 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma = -0,01$	$\Sigma 0,5777$
$\Delta Q_k = 0,01 \frac{(0,0944 + 0,0189) \cdot 0 + (0,0163 + 0,0386 + 0,0814) \cdot (-0,01)}{0,5777} = 0,01 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma \Delta P = 69$	

Таблица 30 - Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (третье приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Третье приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{у\text{ч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К1	1-2		300	23,88	690,9	0,0	690,9	0,0193	204	0,2949
	2-3		280	23,88	568,3	0,0	568,3	0,0203	135	0,2377
	3-4		420	23,88	434,8	0,0	434,8	0,0217	127	0,2917
	4-5	К3	450	23,88	88,1	0,0	88,0	0,0323	8	0,0944
	5-6	К3	300	23,88	-24,8	0,0	-24,9	0,0344	0	0,0189
	6-7		240	23,88	-27,6	0,0	-27,6	0,0356	0	0,0174
	7-8		270	23,88	-226,2	0,0	-226,2	0,0255	-26	0,1149
	8-9		260	23,88	-313,8	0,0	-313,8	0,0235	-44	0,1414
	9-10		230	23,88	-394,5	0,0	-394,5	0,0222	-59	0,1485
	10-11		170	23,88	-471,8	0,0	-471,8	0,0212	-59	0,1255
	11-12		520	23,88	-565,3	0,0	-565,3	0,0203	-249	0,4398
1-12		50	23,88	-717,5	0,0	-717,5	0,0191	-36	0,0506	
$\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 948} \cdot 100\% = 0\% \Delta Q_k^1 = \frac{-0}{1,75 \cdot 1,9757} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = 0 \frac{(0,0944 + 0,0189) \cdot 0,01}{1,9757} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma=0$	$\Sigma 1,9757$
									$\Sigma/\Delta P=948$	

Продолжение таблицы 30 - Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (третье приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Третье приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{у\text{ч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К2	13-14		140	23,88	720,2	0,0	720,2	0,0191	102	0,1420
	14-15		390	23,88	587,9	0,0	587,9	0,0201	200	0,3397
	15-16		260	23,88	470,9	0,0	470,9	0,0212	90	0,1917
	16-17		260	23,88	353,3	0,0	353,3	0,0228	55	0,1546
	17-18		60	23,88	310,0	0,0	309,9	0,0236	10	0,0323
	18-19	К3	360	23,88	-4,8	0,0	-4,9	0,1263	0	0,0163
	19-20	К3	230	23,88	-65,5	0,0	-65,5	0,0348	-3	0,0387
	20-21	К3	300	23,88	-124,2	0,0	-124,2	0,0296	-10	0,0814
	21-22		420	23,88	-418,7	0,0	-418,7	0,0219	-119	0,2836
	22-23		350	23,88	-648,7	0,0	-648,7	0,0196	-213	0,3282
	13-23		120	23,88	-830,5	0,0	-830,5	0,0184	-112	0,1354
$\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 914} \cdot 100\% = 0\% \Delta Q_k^1 = \frac{-0}{1,75 \cdot 1,7439} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = 0 \frac{(0,0163 + 0,0387 + 0,0814) \cdot 0}{1,7439} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma=0$	$\Sigma 1,7439$
									$\Sigma/\Delta P=914$	

Окончание таблицы 30 - Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (третье приближение)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Второе приближение				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{у\text{ч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	λ	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К3	4-5	К1	450	23,88	-88,1	0,0	-88,0	0,0323	-8	0,0944
	5-6	К1	300	23,88	24,8	0,0	24,9	0,0344	0	0,0189
	6-26		290	23,88	117,3	0,0	117,3	0,0301	9	0,0754
	18-26		65	23,88	266,5	0,0	266,5	0,0245	8	0,0313
	18-19	К2	360	23,88	4,8	0,0	4,9	0,1263	0	0,0163
	19-20	К2	230	23,88	65,5	0,0	65,5	0,0348	3	0,0387
	20-21	К2	300	23,88	124,2	0,0	124,2	0,0296	10	0,0814
	21-25		380	23,88	-167,3	0,0	-167,3	0,0275	-22	0,1290
	24-25		230	23,88	-90,5	0,0	-90,5	0,0321	-4	0,0492
	4-24		200	23,88	91,8	0,0	91,8	0,0320	4	0,0433
$\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 69} \cdot 100\% = 0\% \Delta Q_k^1 = \frac{-0}{1,75 \cdot 0,5777} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$ $\Delta Q_k = 0 \frac{(0,0944 + 0,0189) \cdot 0 + (0,0163 + 0,0387 + 0,0814) \cdot 0}{0,5777} = 0 \text{ м}^3/\text{ч}$									$\Sigma=0$	$\Sigma 0,5777$
									$\Sigma/\Delta P=69$	

Таблица 31 – Результаты гидравлического расчета кольцевой сети низкого давления №1

Номер участка	$QH, \text{ м}^3/\text{ч}$	$QK, \text{ м}^3/\text{ч}$	$PH, \text{ кПа}$	$PK, \text{ кПа}$
1-2	725,5	648,6	5,000	4,796
2-3	590,4	541,3	4,796	4,661
3-4	484,9	373,6	4,661	4,534
4-5	143,5	20,3	4,534	4,526
5-6	61,8	-20,3	4,526	4,526
6-7	63,0	-15,6	4,527	4,526
7-8	266,4	176,9	4,553	4,527
8-9	352,6	266,4	4,597	4,553
9-10	428,9	352,6	4,656	4,597
10-11	485,2	455,4	4,715	4,656
11-12	630,8	485,2	4,964	4,715
1-12	723,3	710,5	5,000	4,964
13-14	738,1689	698,3	5,000	4,898
14-15	621,9	546,3	4,898	4,698
15-16	496,5	439,5	4,698	4,608
16-17	383,1	316,8	4,608	4,553
17-18	316,8	301,5	4,553	4,543
18-19	44,7	-27,8	4,543	4,543
19-20	91,0	44,7	4,546	4,543
20-21	151,4	91,0	4,556	4,546
21-22	466,1	360,8	4,675	4,556
22-23	678,8	611,9	4,888	4,675
13-23	845,8692	811,7	5,000	4,888
6-26	149,9	77,4	4,535	4,526
18-26	273,8	257,5	4,543	4,535
21-25	209,4	115,9	4,556	4,534
24-25	115,9	59,4	4,534	4,530
4-24	113,9	64,7	4,534	4,530

Таблица 32 - Гидравлический расчет тупиковых ответвлений сети низкого давления №1

Номер участка	l , м	$d_n \times s$, мм	d , см	Q_P , м ³ /ч	λ	ΔP , Па	P_H , кПа	P_K , кПа
12-27	430	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-90x8,2	7,36	43,8	0,0287	613	4,964	4,351
2-28	720	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-90x8,2	7,36	32,0	0,0311	592	4,796	4,204
3-29	630	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-90x8,2	7,36	31,0	0,0313	490	4,661	4,171
4-30	490	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-110x10	9	63,9	0,0275	520	4,534	4,015
22-31	260	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-110x10	9	118,3	0,0236	810	4,675	3,865
31-32	960	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-110x10	9	46,5	0,0297	584	4,675	4,090
23-33	430	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-110x10	9	80,6	0,0259	684	4,888	4,203
33-34	190	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-50x4,6	4,08	9,2	0,0366	291	4,888	4,597
14-35	280	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-75x6,8	6,14	42,0	0,0277	876	4,898	4,022
15-36	240	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-63x5,8	5,14	27,4	0,0295	826	4,698	3,872
16-37	210	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-75x6,8	6,14	31,0	0,0299	386	4,608	4,222
7-38	730	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-125x11,4	10,22	62,7	0,0285	409	4,527	4,118
10-39	170	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-50x4,6	4,08	14,6	0,0326	583	4,656	4,073

Таблица 33 - Гидравлический расчет тупиковых ответвлений сети низкого давления №1

Номер участка	l , м	$d_n \times s$, мм	d , см	Q_P , м ³ /ч	λ	ΔP , Па	P_H , кПа	P_K , кПа
40-80	230	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-315x28,6	25,78	1071,0	0,0179	231	5,000	4,769
80-81	450	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-110x10	9	63,2	0,0276	467	4,769	4,302
80-82	80	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-315x28,6	25,78	945,8	0,0182	64	4,769	4,705
82-83	290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-315x28,6	25,78	703,0	0,0196	138	4,705	4,567
83-84	510	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	20,45	167,7	0,0265	59	4,567	4,508
83-85	210	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	20,46	263,4	0,0237	54	4,567	4,514
85-86	310	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-180x16,4	14,72	58,4	0,0318	27	4,514	4,487
87-88	290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-160x14,6	13,08	49,3	0,0322	33	4,534	4,501
82-87	110	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	11,46	153,3	0,0235	171	4,705	4,534
85-89	370	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-160x14,6	13,08	38,6	0,0342	28	4,514	4,486

1.11 Гидравлический расчет сети среднего давления

Для снижения давления газа, поступающего в город из магистрального газопровода, проектируется головной газорегуляторный пункт.

Для подвода газа в котельную, а также к кольцевым сетям низкого давления, обеспечивающих подачу газа потребителям в городе, в работе запроектирован комбинированный распределительный подземный газопровод среднего давления.

Сети среднего давления являются управляемыми, к ним присоединяются ограниченное количество потребителей, перечень – таблица 34.

В таблице 34 показаны минимально допустимые давления перед потребителями.

Таблица 34 – Перечень потребителей, присоединенных к распределительной сети среднего давления

Наименование потребителя	Расход газа, м ³ /ч	Минимально допустимое давление перед потребителем, кПа
ГРП №1	2959	10
ГРП №2	2235	10
ГРП №3	1370	10
ГРП №4	176	10
ГРП №5	1449	10
ГРП №6	1584	10
ЦК	6706	50

Гидравлический расчет распределительной газовой сети среднего давления проведен по методике, приведенной в [15]. Целью гидравлического расчета является определение диаметра расчетного кольца и диаметра ответвлений, чтобы к каждому из потребителей при различных режимах работы поступал требуемый расход газа. Схема распределительного газопровода среднего давления – лист 3 графической части.

Диаметры участков определяется в зависимости от расхода газа, проходящего по участку, и перепада квадрата давления на участке, кПа²/м, которое определяется по формуле

$$(p_H^2 - p_K^2)_{уч} = 1,1 \cdot 1,2687 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda \frac{Q_{уч}^2}{d^5} \rho l_{уч} \text{ МПа}^2 \quad (41)$$

где λ - безразмерный коэффициент гидравлического трения;

$Q_{уч}$ - расход газа на участке газовой сети, м³/ч;

d - внутренний диаметр участка газопровода, см;
 ρ - плотность газа при нормальных условиях, кг/м³;
 $l_{уч}$ - длина участка газопровода, м.

Расчет распределительной газовой сети среднего давления сводится к определению давления газа в конце ответвления, которое должно удовлетворять условие

$$P_{к.уч} > P_{к} \quad (42)$$

где $p_{к.уч}$ – давление газа в конце участка, кПа;

$p_{к}$ – давление газа для нормальной работы потребителей, минимальное конечное давление в конце участка, кПа.

Давление газа в конце ответвления, кПа, рассчитывается по формуле

$$p_{к.уч} = \sqrt{p_{н.уч}^2 - (p_H^2 - p_K^2)_{уч}}, \text{ МПа} \quad (43)$$

где $p_{н.уч}$ - начальное давление газа на участке, МПа;

$(p_H - p_K)_{уч}$ - перепад квадрата давления на участке, МПа.

Давление газа перед ответвлением, кПа, рассчитывается по формуле

$$p_{н.уч} = \sqrt{p_H^2 - \sum \Delta P_c} \text{ кПа} \quad (44)$$

где p_H – начальное давление газа после головного ГРП, кПа;

$\sum \Delta P_c$ – суммарные потери квадрата давления по ходу движения газа в распределительной газовой сети, кПа².

Диаметры ответвлений рассчитываются из условия наименьшего давления газа перед ответвлением. Диаметры ответвлений принимаются не менее 50 мм.

Расчет ориентировочного диаметра ответвлений производится по формуле

$$d_p^{отв} = \sqrt[n]{\frac{AB\rho Q_{отв}^m}{\Delta P_{уд}}} \text{ см} \quad (45)$$

где $d_p^{отв}$ - расчетный внутренний диаметр ответвления, см;

A - коэффициент, зависящий от категории сети.

B, n, m - коэффициенты, зависящие от материала газопровода, для стальных труб $B = 0,022, n = 5, m = 2$, для полиэтиленовых труб $B = 0,0446, n = 4,75, m = 1,75$;

ρ - плотность газа при нормальных условиях, кг/м^3 ;

$Q_{\text{отв}}$ - расход газа, проходящий по ответвлению, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$\Delta P_{\text{уд}}$ - удельные потери давления на трение, МПа/м – для сетей среднего давления.

Значение коэффициента A для сетей среднего давления определяется по формуле

$$A = 6,34 \cdot \frac{10^{-5}}{p_{\text{н.отв}}} \quad (46)$$

где $p_{\text{н.отв}}$ - начальное давление газа в ответвлении, МПа ;

Удельные потери давления на трение определяется по формуле

$$\Delta P_{\text{уд}} = \frac{\Delta P_{\text{доп}}}{1,1 l_{\text{отв}}} \text{ МПа/м} \quad (47)$$

где $\Delta P_{\text{уд}}$ - удельные потери давления на трение в ответвлении, МПа/м ;

$\Delta P_{\text{доп}}$ - допустимые потери давления в ответвлении, МПа ;

$l_{\text{отв}}$ – длина участка ответвления, м .

Допустимые потери давления определяются по формуле

$$\Delta P_{\text{доп}} = P_{\text{н.отв}} - P_{\text{к}}, \text{ МПа} \quad (48)$$

где $P_{\text{н.отв}}$ – начальное давление газа в ответвлении, МПа ;

$P_{\text{к}}$ – давление газа для нормальной работы потребителя, обслуживаемого ответвлением, МПа .

В том случае если ориентировочные диаметры ответвлений получаются равными или большими чем диаметры участков кольца, первоначально принимается на участке диаметр ответвления меньше, чем диаметр кольца и определяется конечное давление газа в ответвлении.

После чего выполняется проверка по условию

$$p_{\text{к.отв}} - p_{\text{к}} > 0 \quad (49)$$

где $p_{\text{к.отв}}$ - конечное давление газа в ответвлении, МПа ;

p_k – давление газа для нормальной работы потребителя, обслуживаемого ответвлением, МПа.

Гидравлический расчет распределительной газовой сети среднего давления – таблица 36.

Таблица 36 – Гидравлический расчет кольцевой газовой сети среднего давления

Номер участка	Диаметр участка, $dn \times s$, мм	Длина участка, луч, м	Расход газа, Q , м ³ /ч	λ	Потери давления на участке, $(p_H^2 - p_K^2)$, МПа ²	Давление газа на участке	
						p_H , МПа	p_K , МПа
ГРС-1	325x8	1000	16478	0,0153	0,0171	0,28	0,248
1-2	325x8	1750	9840	0,0156	0,0109	0,248	0,224
2-ЦК	325x8	2050	6706	0,0160	0,0061	0,224	0,210
2-3	133x5	390	3135	0,0192	0,0302	0,224	0,142
3-ГРП№1	76x5	10	2959	0,0219	0,0178	0,142	0,049
3-ГРП№4	70x5	1750	176	0,0248	0,0201	0,142	0,006
1-4	194x8	210	6638	0,0175	0,0105	0,248	0,225
4-5	194x8	770	3605	0,0179	0,0116	0,225	0,198
5-ГРП№2	152x5	310	2235	0,0189	0,0059	0,198	0,183
5-ГРП№3	152x5	3190	1370	0,0195	0,0235	0,198	0,125
4-6	194x8	2570	3033	0,0180	0,0277	0,225	0,152
6-ГРП№5	159x5	340	1449	0,0193	0,0022	0,152	0,145
6-ГРП№6	159x5	2390	1584	0,0192	0,0182	0,152	0,070

1.12 Подбор газорегуляторных пунктов и газорегуляторной станции

Для снижения давления газа, поступающего в село из магистрального газопровода, проектируется головной газорегуляторный пункт.

С учетом планировки г. Северобайкальск, из условия оптимального расстояния действия ГРП, в поселке проектируются шесть сетевых газорегуляторных пунктов.

В зависимости от величины давления газа на вводе в ГРП их разделяют на ГРП среднего давления с давлением газа до 0,3 МПа и ГРП высокого давления с давлением газа более 0,3 до 1,2 МПа избыточных.

На основании приведенных ранее расчетов данные для подбора ГРП сведены в таблицу 37.

Таблица 37 – Исходные данные для подбора ГРП

Наименование ГРП	Избыточное давление газа перед ГРП (начальное), кПа	Избыточное давление газа после ГРП (конечное), кПа	Расчетный расход газа, м ³ /ч
ГРС	600	280	16478
ГРП №1	49	5	2959
ГРП №2	183	5	2235
ГРП №3	125	5	248
ГРП №3	125	5	1071
ГРП №4	6	5	176
ГРП №5	145	5	1449
ГРП №6	70	5	1584
ЦК	210	50	6706

В городе Северобайкальск проектируются типовые газорегуляторные пункты и газорегуляторные установки с регуляторами давления РДУК.

После подбора типовых газорегуляторных пунктов необходимо определить их пропускную способность и коэффициент загрузки регулятора, расчет проведен согласно методике.

Регулятор давления РДУК-2-100/70 стабильно работает с коэффициентом загрузки $K_3=10\div 80\%$, который определяется по формуле

$$K_3 = \frac{Q_P}{Q_{max}} \quad (50)$$

где Q_P – расчетная пропускная способность регулятора, м³/ч;

Q_{max} – максимальная пропускная способность регулятора, м³/ч.

Максимальная пропускная способность регуляторов давления РДУК-2, м³/ч, определяется по формуле

$$Q_{max} = 1,595 \cdot f \cdot \varphi \cdot K \cdot p_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{\rho_{\Gamma max}}}, \quad (51)$$

где f – площадь седла клапана регулятора давления (за вычетом площади штока), см²;

φ – коэффициент зависящий от отношения p_2/p_1 и определяемый по графику;

K – коэффициент расхода;

p_1 – абсолютное давление газа на входе,

кПа; p_2 – абсолютное давление газа на

выходе, кПа; ρ_{Γ} – плотность газа, кг/м³.

ГРС – регулятор РДУК-2В-200/105

Расчетный расход газа – 16478 м³/ч.

Избыточное давление газа до регулятора 600 кПа, абсолютное давление газа на входе 701 кПа.

Избыточное давление газа после регулятора 280 кПа, абсолютное давление газа на выходе 381 кПа.

Площадь седла клапана регулятора давления – 86,5 см². Коэффициент расхода – 0,49.

Плотность газа – 0,831 кг/м³.

При $p_2/p_1=381/701=0,54$ $\varphi=0,47$.

Максимальная пропускная способность регулятора давления РДУК-2В-200/105 рассчитывается по формуле (61) и составляет:

$$Q_{max} = 1,595 \cdot 86,5 \cdot 0,47 \cdot 0,49 \cdot 701 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,831}} = 24671$$

Коэффициент регулятора давления РДУК-2В-200 рассчитывается по формуле (60) и составляет:

$$K_3 = \frac{16478}{24671} \cdot 100 = 66,79$$

Коэффициент регулятора давления РДУК-2В-200/105 лежит в

желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно. К установке принимаем газорегуляторную станцию с регулятором давления РДУК-2В-200.

ГРП №1 – регулятор РДУК-2Н-200-105

Расчетный расход газа – 2959 м³/ч.

Избыточное давление газа до регулятора 49 кПа, абсолютное давление газа на входе 150 кПа.

Избыточное давление газа после регулятора 5 кПа, абсолютное давление газа на выходе 106 кПа.

Площадь седла клапана регулятора давления – 86,5 см². Коэффициент расхода – 0,49.

Плотность газа – 0,831 кг/м³.

При $p_2/p_1=106/150=0,71$

$\varphi = 0,44$.

Максимальная пропускная способность регулятора давления РДУК-2Н-200/105 рассчитывается по формуле (61) и составляет:

$$Q_{max} = 1,595 \cdot 86,5 \cdot 0,44 \cdot 0,49 \cdot 150 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,831}} = 4920$$

Коэффициент регулятора давления РДУК-2Н-200/105 рассчитывается по формуле (50) и составляет:

$$K_3 = \frac{2959}{4920} \cdot 100 = 60,13$$

Коэффициент регулятора давления РДУК-2Н-200/105 лежит в желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно. К установке принимаем газорегуляторный пункт с регулятором давления РДУК-2В-200/105.

ГРП №2 – регулятор РДУК-2Н-100/70

Требуемая пропускная способность ГРУ – 2235 м³/ч.

Избыточное давление газа до регулятора 183 кПа, абсолютное давление газа на входе 284 кПа.

Избыточное давление газа после регулятора 5 кПа, абсолютное давление газа на выходе 106 кПа.

Плотность газа – 0,831 кг/м³.

При $p_2/p_1=106/284=0,37$

$$\varphi = 0,44.$$

Максимальная пропускная способность регулятора давления РДУК-2Н-100/70 рассчитывается по формуле (61) и составляет:

$$Q_{max} = 1,595 \cdot 38,4 \cdot 0,44 \cdot 0,4 \cdot 284 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,831}} = 3389$$

Коэффициент регулятора давления РДУК-2Н-200/105 рассчитывается по формуле (50) и составляет:

$$K_3 = \frac{2235}{3389} \cdot 100 = 65,95$$

Коэффициент регулятора давления РДУК-2Н-100/70 лежит в желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно. К установке принимаем газорегуляторный пункт с регулятором давления РДУК-2В-100/70.

ГРП №3 – регулятор РДУК-2Н-100/50

Требуемая пропускная способность ГРУ – 248 м³/ч.

Избыточное давление газа до регулятора 125 кПа, абсолютное давление газа на входе 227 кПа.

Избыточное давление газа после регулятора 5 кПа, абсолютное давление газа на выходе 106 кПа.

Плотность газа – 0,831 кг/м³.

При $p_2/p_1=106/227=0,47$

$$\varphi = 0,47.$$

Максимальная пропускная способность регулятора давления РДУК-2Н-100/50 рассчитывается по формуле (61) и составляет:

$$Q_{max} = 1,595 \cdot 19,6 \cdot 0,47 \cdot 0,42 \cdot 227 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,831}} = 1531$$

Коэффициент регулятора давления РДУК-2Н-200/105 рассчитывается по формуле (50) и составляет:

$$K_3 = \frac{248}{1531} \cdot 100 = 16,18$$

Коэффициент регулятора давления РДУК-2Н-100/50 лежит в

желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно. К установке принимаем газорегуляторный пункт с регулятором давления РДУК-2В-100/50.

ГРП №4 – регулятор РДУК-2Н-200/105

Требуемая пропускная способность ГРУ – 176 м³/ч.

Избыточное давление газа до регулятора 6 кПа, абсолютное давление газа на входе 107 кПа.

Избыточное давление газа после регулятора 5 кПа, абсолютное давление газа на выходе 106 кПа.

Плотность газа – 0,831 кг/м³.

При $p_2/p_1=106/107=0,99$

$\varphi = 0,1$.

Максимальная пропускная способность регулятора давления РДУК-2Н-200/105 рассчитывается по формуле (61) и составляет:

$$Q_{max} = 1,595 \cdot 86,5 \cdot 0,1 \cdot 0,49 \cdot 107 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,831}} = 809$$

Коэффициент регулятора давления РДУК-2Н-200/105 рассчитывается по формуле (50) и составляет:

$$K_3 = \frac{176}{809} \cdot 100 = 21,77$$

Коэффициент регулятора давления РДУК-2Н-200/105 лежит в желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно. К установке принимаем газорегуляторный пункт с регулятором давления РДУК-2В-200/105.

ГРП №5 – регулятор РДУК-2Н-200/105

Требуемая пропускная способность ГРУ – 1449 м³/ч.

Избыточное давление газа до регулятора 145 кПа, абсолютное давление газа на входе 246 кПа.

Избыточное давление газа после регулятора 5 кПа, абсолютное давление газа на выходе 106 кПа.

Плотность газа – 0,831 кг/м³.

При $p_2/p_1=106/246=0,43$

$\varphi = 0,46$.

Максимальная пропускная способность регулятора давления РДУК-2Н-200/105 рассчитывается по формуле (61) и составляет:

$$Q_{max} = 1,595 \cdot 86,5 \cdot 0,46 \cdot 0,49 \cdot 246 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,831}} = 8421$$

Коэффициент регулятора давления РДУК-2Н-200/105 рассчитывается по формуле (50) и составляет:

$$K_3 = \frac{1449}{8421} \cdot 100 = 17,2$$

Коэффициент регулятора давления РДУК-2Н-200/105 лежит в желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно. К установке принимаем газорегуляторный пункт с регулятором давления РДУК-2В-200/105.

ГРП №6 – регулятор РДУК-2Н-200/105

Требуемая пропускная способность ГРУ – 1584 м³/ч.

Избыточное давление газа до регулятора 70 кПа, абсолютное давление газа на входе 172 кПа.

Избыточное давление газа после регулятора 5 кПа, абсолютное давление газа на выходе 106 кПа.

Плотность газа – 0,831 кг/м³.

При $p_2/p_1=106/172=0,62$

$\varphi = 0,47$.

Максимальная пропускная способность регулятора давления РДУК-2В-200/105 рассчитывается по формуле (61) и составляет:

$$Q_{max} = 1,595 \cdot 86,5 \cdot 0,47 \cdot 0,49 \cdot 172 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,831}} = 5960$$

Коэффициент регулятора давления РДУК-2Н-200/105 рассчитывается по формуле (50) и составляет:

$$K_3 = \frac{1574}{5960} \cdot 100 = 26,58$$

Коэффициент регулятора давления РДУК-2Н-200/105 лежит в желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно. К установке принимаем газорегуляторный пункт с регулятором давления РДУК-2В-200/105.

Центральная котельная – регулятор РДУК-2Н-200/105

Требуемая пропускная способность ГРУ – 6706 м³/ч.

Избыточное давление газа до регулятора 210 кПа, абсолютное давление газа на входе 312 кПа.

Избыточное давление газа после регулятора 50 кПа, абсолютное давление газа на выходе 151 кПа.

Плотность газа – 0,831 кг/м³.

При $p_2/p_1=151/312=0,49$

$\varphi = 0,47$.

Максимальная пропускная способность регулятора давления РДУК-2В-200/105 рассчитывается по формуле (61) и составляет:

$$Q_{max} = 1,595 \cdot 86,5 \cdot 0,47 \cdot 0,49 \cdot 312 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,831}} = 10888$$

Коэффициент регулятора давления РДУК-2В-200/105 рассчитывается по формуле (50) и составляет:

$$K_3 = \frac{6706}{10888} \cdot 100 = 61,59$$

Коэффициент регулятора давления РДУК-2В-200/105 лежит в желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно. К установке принимаем газорегуляторный пункт с регулятором давления РДУК-2В-200/105.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной бакалаврской работе рассмотрена комплексная газификация города Северобайкальск, Республика Бурятия, расход газа 68527,3 тыс. м³/год.

Расчеты велись на основании расчетных годовых и часовых расходов газа на бытовое и коммунально-бытовое потребление.

В процессе выполнения работы были рассчитаны объемы потребления газа; разработана двухступенчатая система газоснабжения, которая включает в себя сеть среднего давления, 3 кольцевые сети низкого давления и тупиковая сеть низкого давления; произведен гидравлический расчет сетей, все кольца увязаны с погрешностью, не превышающую 0,001%; подобрано оборудование ГРП и ГРС.

Расчеты выполнены с соблюдением норм и правил современного проектирования, учтены требования энергосберегающих мероприятий.

Принятие инженерных решений было основано на выборе оптимального варианта организации систем газоснабжения поселка в условиях существующих тенденций развития современных энергосберегающих технологий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 62.13330.2011 Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002. – Введ. 20.05.2011. – М.: Минрегион России, 2011.
2. СП 42-101-2003. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических полиэтиленовых труб. - М.: Госстрой, 2004.
3. СП 42-102-2004. Проектирование и строительство газопроводов из металлических труб. - М.: Госстрой, 2004.
4. Ионин, А.А. Газоснабжение: учебник /А.А. Ионин. - 5-е изд., стереотип. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2012.
5. Комина, Г. П. Гидравлический расчет и проектирование газопроводов: учебное пособие по дисциплине «Газоснабжение» для студентов специальности 270109 - теплогазоснабжение и вентиляция/ Г. П. Комина, А. О. Прошутинский; СПбГАСУ. – СПб., 2010.
6. Жила.В.А., Ушаков М.А., Брюханов О.Н.//Газовые сети и установки. М.:Издательский центр «Академия», 2005. 272 с.
7. Баясанов Д.Б., Ионин А.А. // Распределительные системы газоснабжения. М.: Стройиздат, 1989. 439 с.
8. Колосов А.И. Моделирование потокораспределения на этапе развития структуры городских систем газоснабжения/ А.И. Колосов, М.Я. Панов, В.Г. Стогней/ Вестник ВГТУ. 2013. №3-1. с. 56-62.
9. Авласевич А.И. Гидравлический расчет внутренних газопроводов из медных труб/ А.И.Авласевич, И.Б. Оленев// Фундаментальные исследования. 2017. №9 (Ч.1). с.9-13
10. Стаскевич Н.Л., Северинец Г.Н., Вигдорчик Д.Я. // Справочник по газоснабжению и использованию газа. Л.: Недра, 1990. 762 с.
11. Ионин А.А., Жила В.А., Артихович В.В., Пшоник М.Г.// Газоснабжение. М.: Изд-во АСИ, 2013. 472 с.
12. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-1999. – Введ. 01.01.2013. – М.: Минрегион России, 2013. - 67 с.
13. Газопроводы и арматура систем газоснабжения: методические указания к курсовой работе для студентов специальности 290700 – «Теплогазоснабжение и вентиляция». Красноярск: Сибирский федеральный ун-т; Ин-т архитектуры и стр-ва, 2007, 40с.
14. Газоснабжение. Гидравлический расчет распределительных

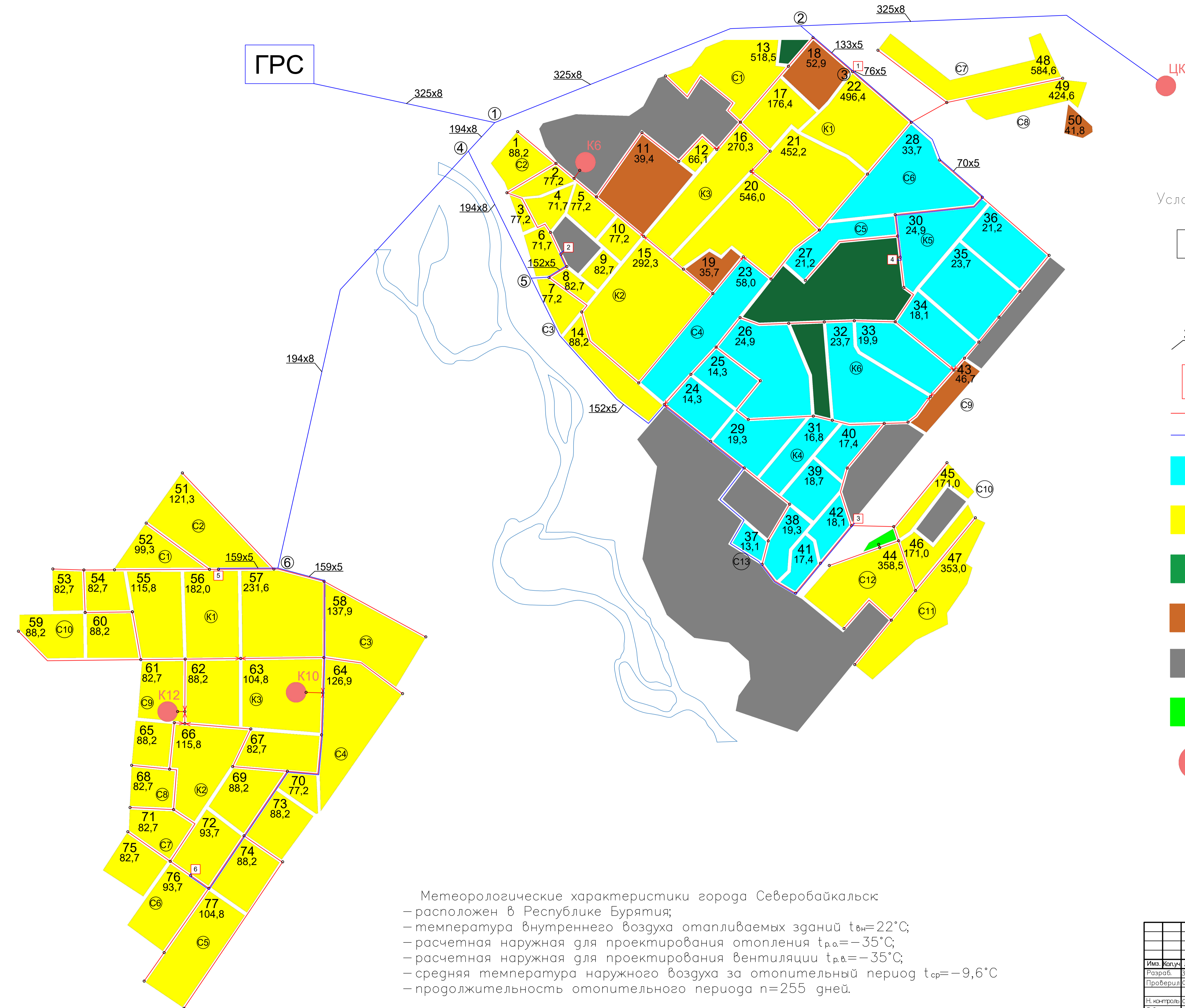
газовых сетей низкого давления: учеб.-метод. пособие [для студентов напр. подг. 08.03.01 «Строительство» спец. 08.03.01.00.05 «Теплогазоснабжение и вентиляция»]/Сиб. федер. ун-т, Инж.-строит. ин-т ; сост.: И. Б. Оленев, А.И. Авласевич. - 2019

15. Газоснабжение. Гидравлический расчет газовой сети среднего давления: учеб.-метод. пособие [для студентов напр. подг. 08.03.01 «Строительство» спец. 08.03.01.00.05 «Теплогазоснабжение и вентиляция»]/Сиб. федер. ун-т, Инж.-строит. ин-т ; сост.: И. Б. Оленев, А.И. Авласевич. - 2019

16. Газоснабжение. Расчет потребления природного газа: учеб.-метод. пособие [для студентов напр. подг. 08.03.01 «Строительство» спец. 08.03.01.00.05 «Теплогазоснабжение и вентиляция»]/Сиб. федер. ун-т, Инж.-строит. ин-т ; сост.: И. Б. Оленев, А.И. Авласевич. - 2019

17. Технологические процессы в строительстве: методические указания к курсовой работе для студентов специальности 290700 – «Теплогазоснабжение и вентиляция». Красноярск: Сибирский федеральный ун-т; 2013, 33с.

Генплан



Условные обозначения и изображения

- ГРС** – газораспределительная станция
- 23,7** – расход газа кварталом, м³/ч
- 35** – номер квартала
- 325x8** – диаметр газопровода ПЭ 80 ГАЗ CDR; толщина стенки трубы, мм
- 1** – проектируемый ГРП
- газопровод низкого давления
- газопровод среднего давления
- жилая многоэтажная застройка
- жилая усадебная застройка
- ландшафтная защитная зона
- жилая усадебная и многоэтажная застройка
- производственная зона
- хлебозавод
- котельная

Метеорологические характеристики города Северобайкальск
 – расположен в Республике Бурятия;
 – температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий $t_{вн}=22^{\circ}\text{C}$;
 – расчетная наружная для проектирования отопления $t_{p.o.}=-35^{\circ}\text{C}$;
 – расчетная наружная для проектирования вентиляции $t_{p.в.}=-35^{\circ}\text{C}$;
 – средняя температура наружного воздуха за отопительный период $t_{cp}=-9,6^{\circ}\text{C}$
 – продолжительность отопительного периода $n=255$ дней.

БР-08.03.01.05-2021-ГС					
ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет" Инженерно-строительный институт					
Имя	Копуч	Лист	Вклад	Подп.	Дата
Разработ.	Захаров В.С.				
Проверил	Оленев И.Б.				
Н. контроль	Оленев И.Б.				
Заб. кар.	Мташню АИ				
Разработка схемы газоснабжения в г. Северобайкальск		Страница	Лист	Листов	
		у	1	6	
Генплан г. Северобайкальск М 1:10000				Кафедра ИСЗиС	

Схема сети низкого давления №1

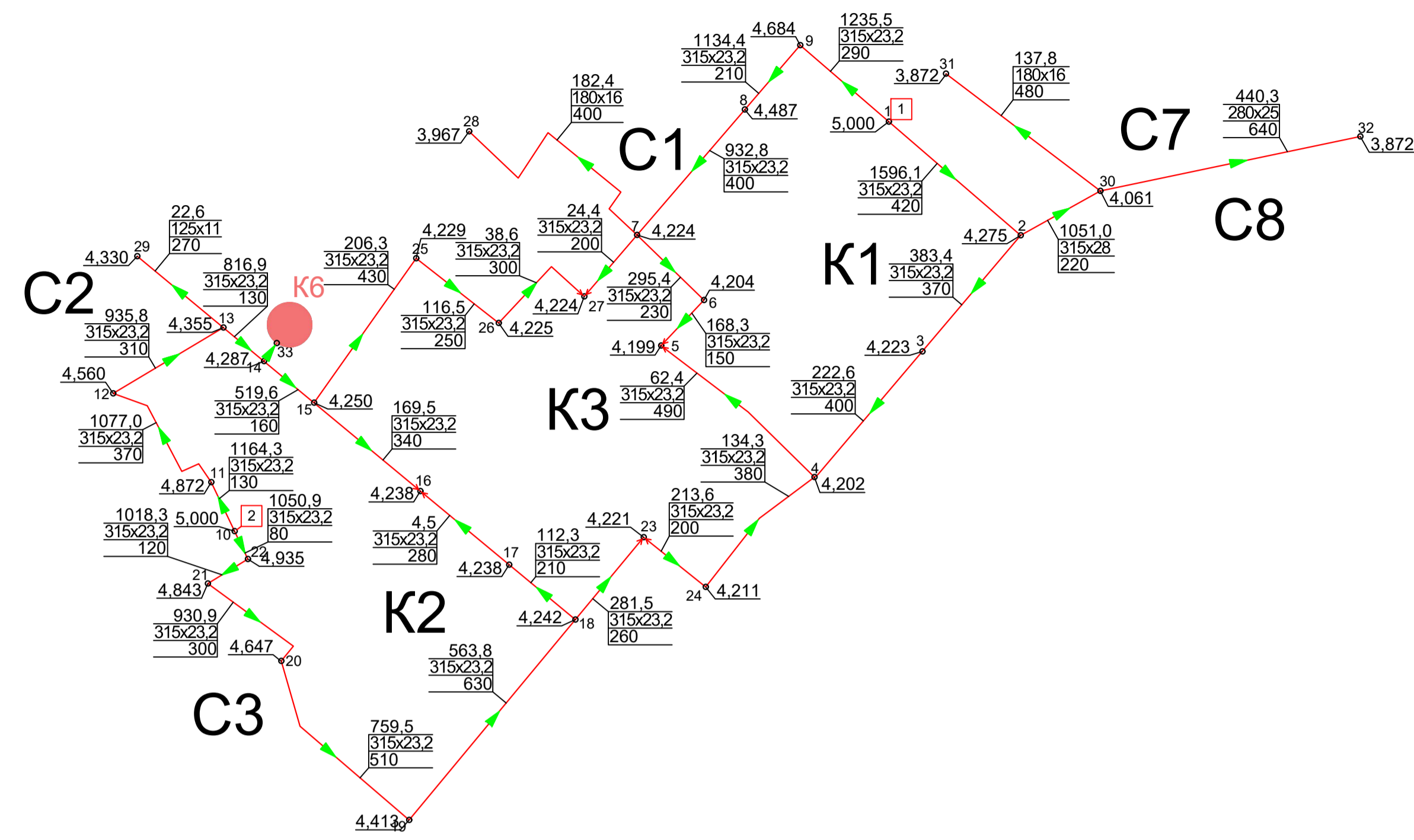


Схема сети низкого давления №2

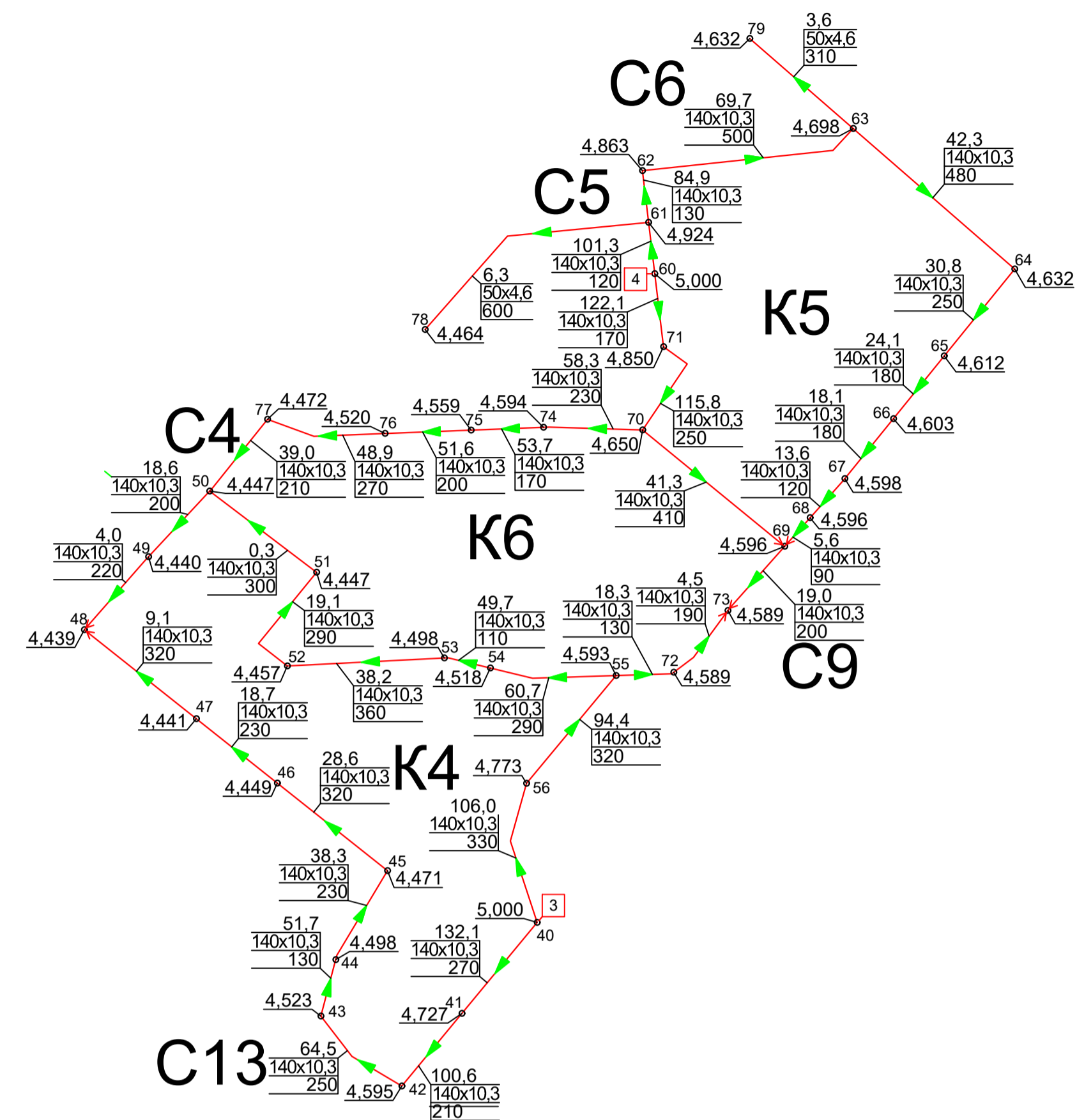


Схема сети низкого давления №3

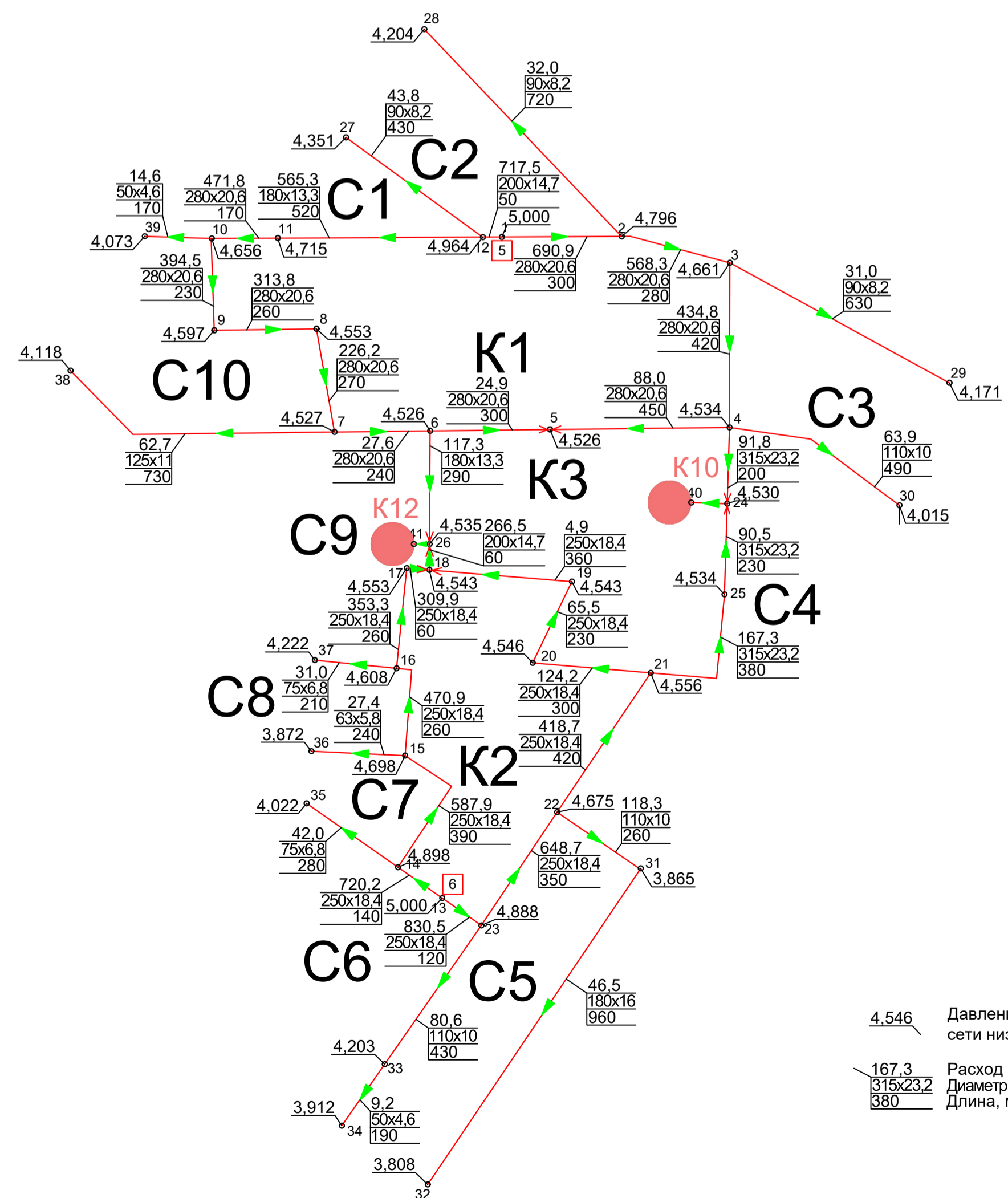
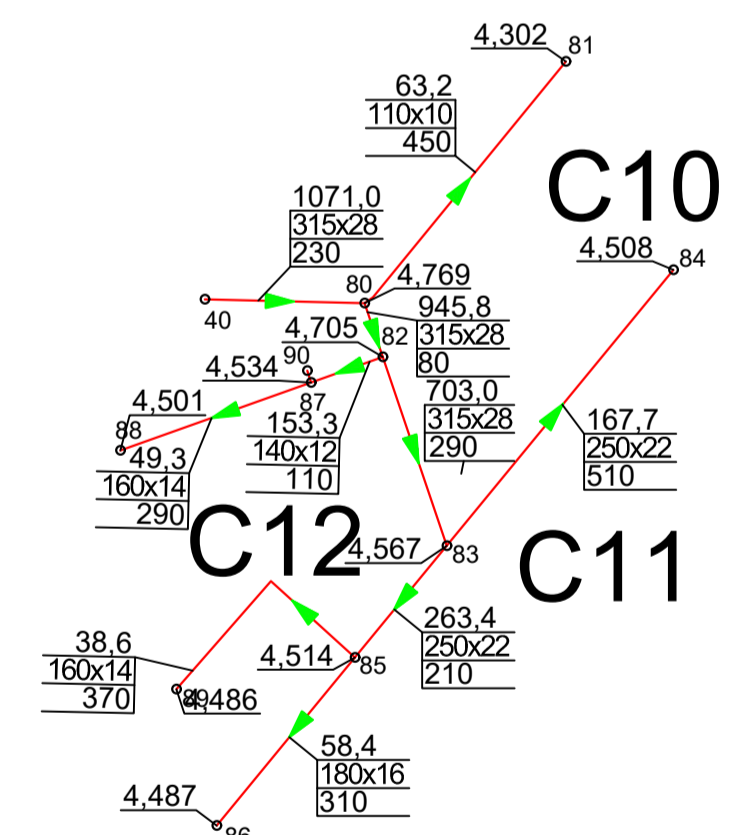


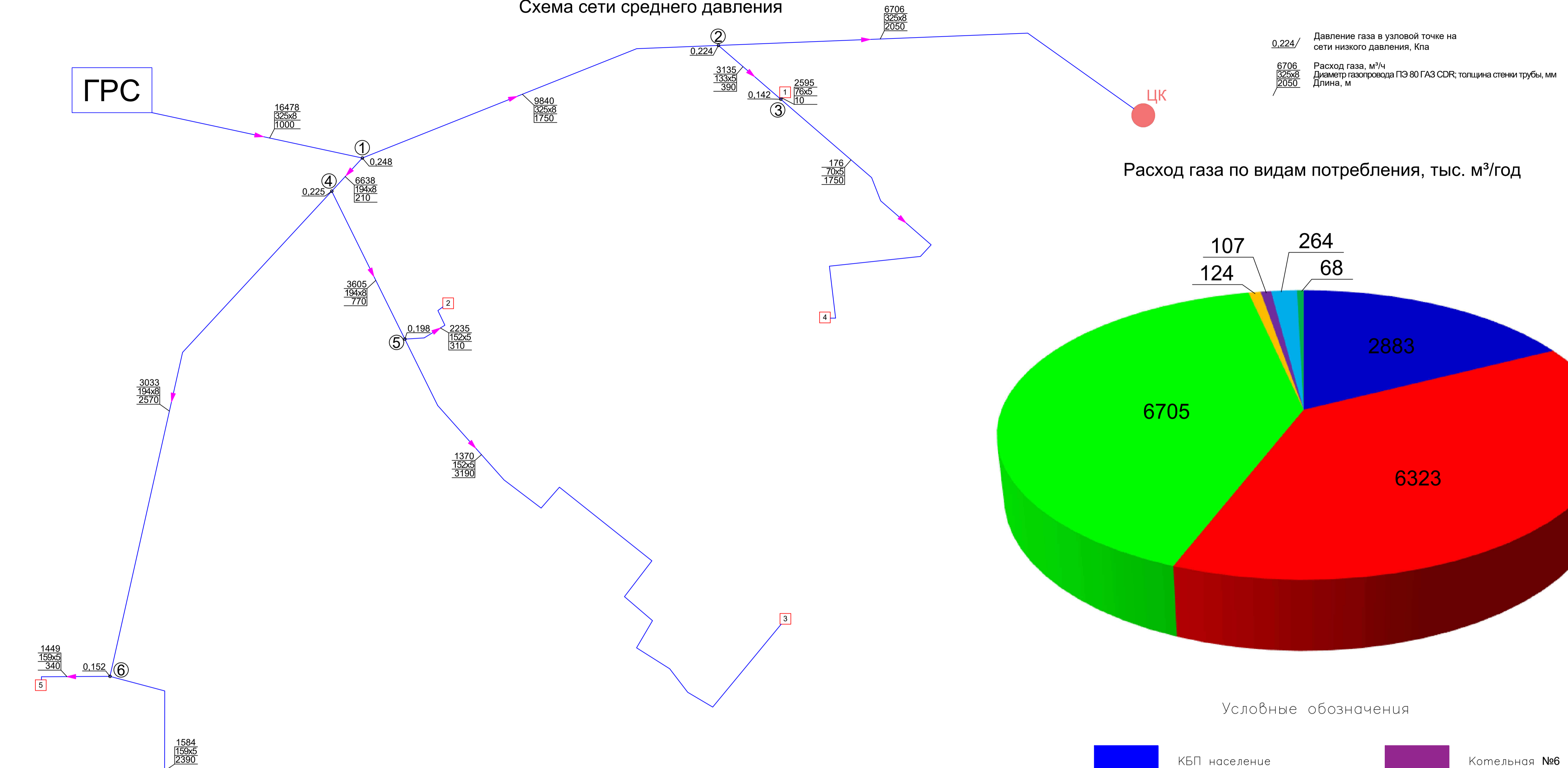
Схема низкого давления тупиковой сети



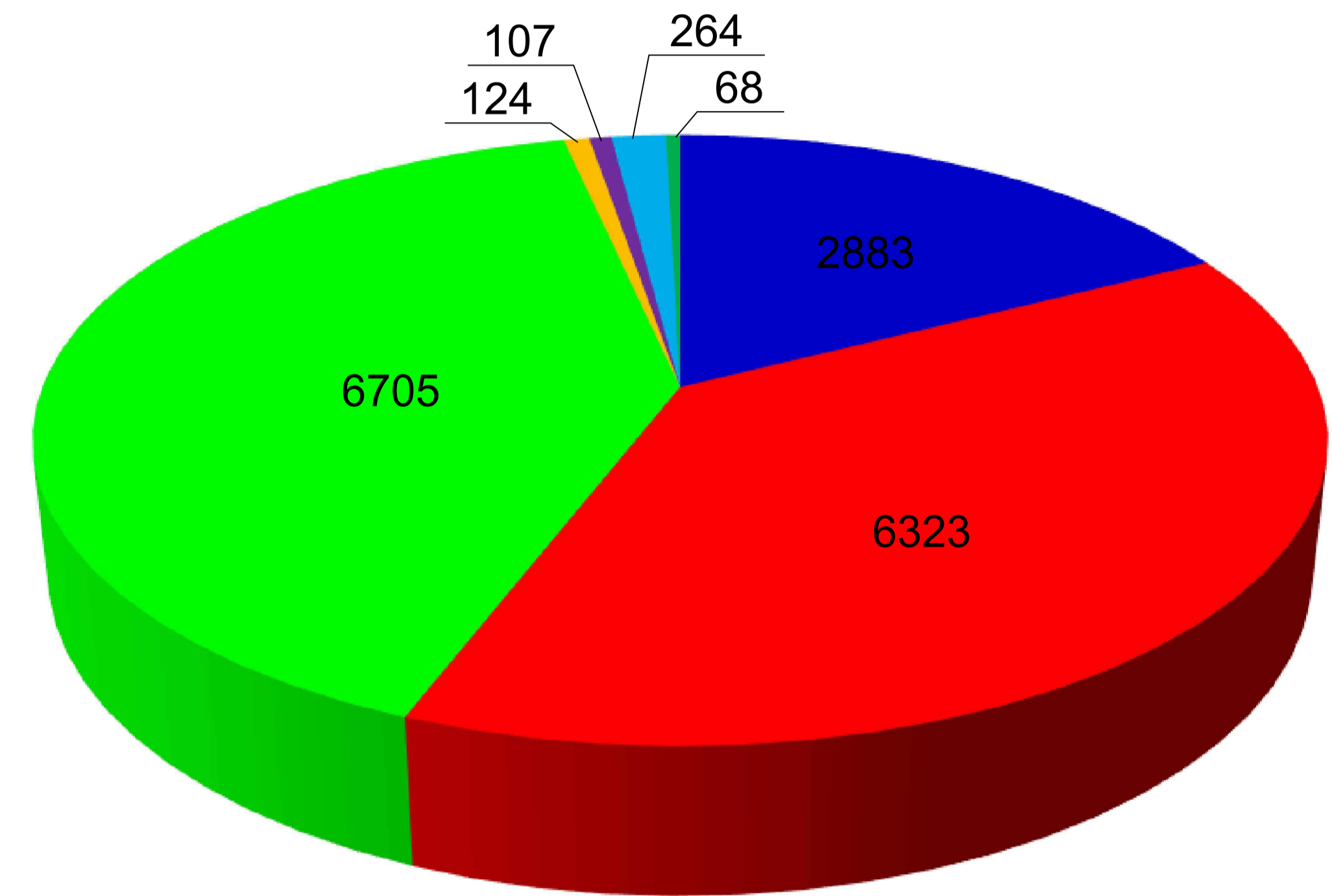
4.546 Давление газа в узловой точке на сети низкого давления, Кпа
 167.3 Расход газа, м³/ч
 315x23.2 Диаметр газопровода ПЭ 80 ГАЗ CDR; толщина стенки трубы, мм
 380 Длина, м

				БР-08.03.01.05-2021-ГС		
				ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет" Инженерно-строительный институт		
Имз.	Копуч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	
Разроб.	Захаров В.С.					Разработка схемы газоснабжения в г. Северобайкальск
Проверил	Оленев И.Б.					Страница 1 Листов 6
Н. контроль	Оленев И.Б.					
Заб. кар.	Мташню А.И.					Схема сети низкого давления М 1:10000 Кафедра ИСЗиС

Схема сети среднего давления



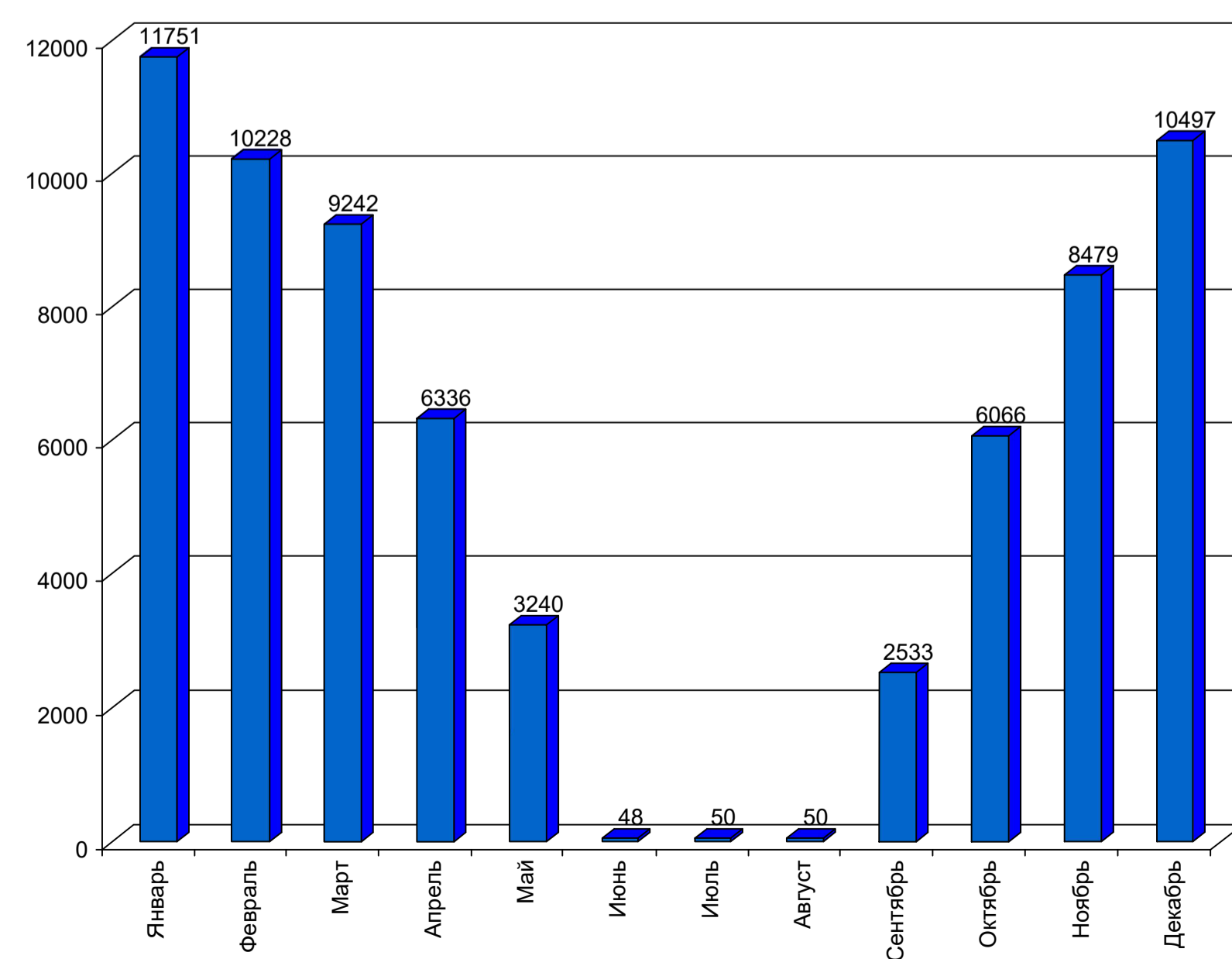
Расход газа по видам потребления, тыс. м³/год



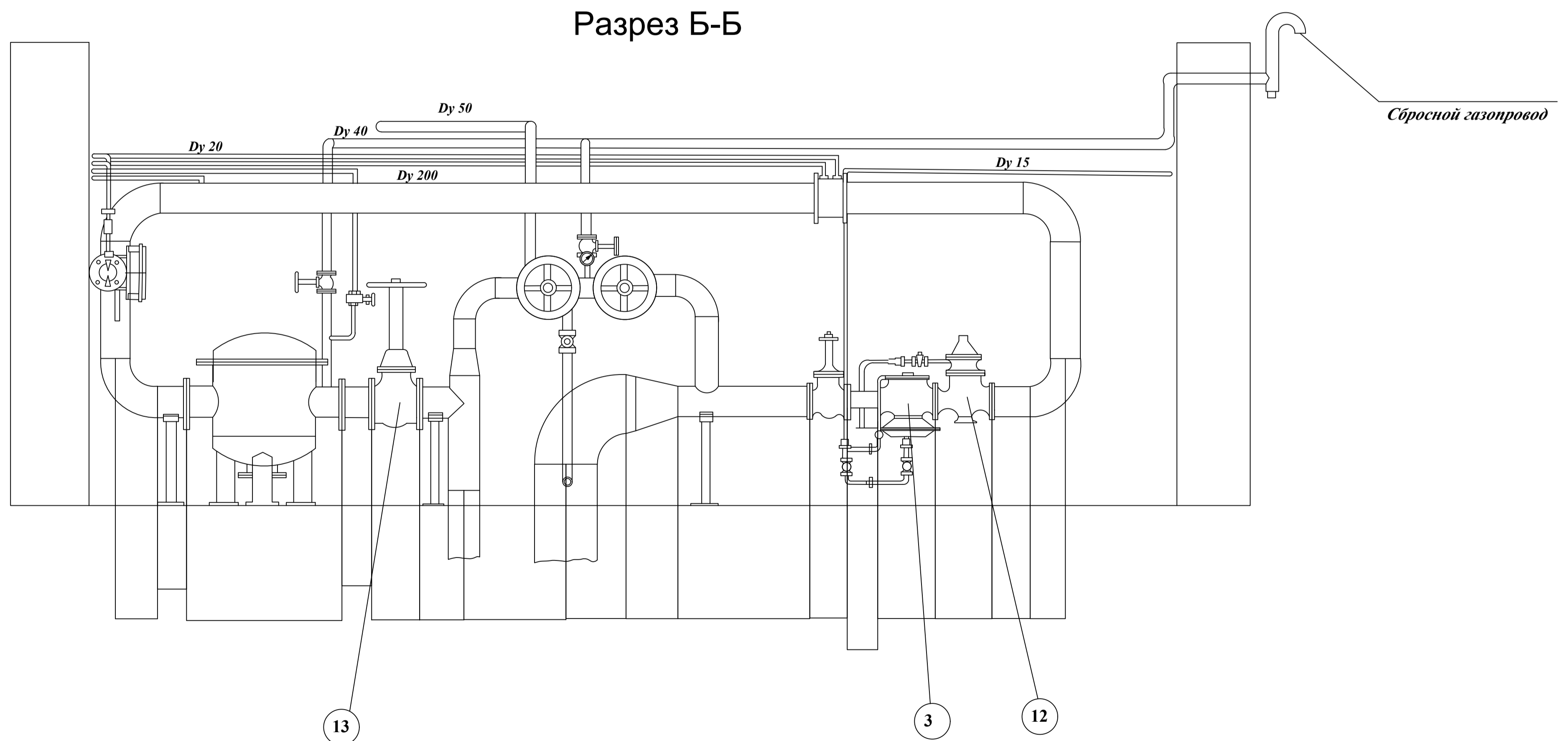
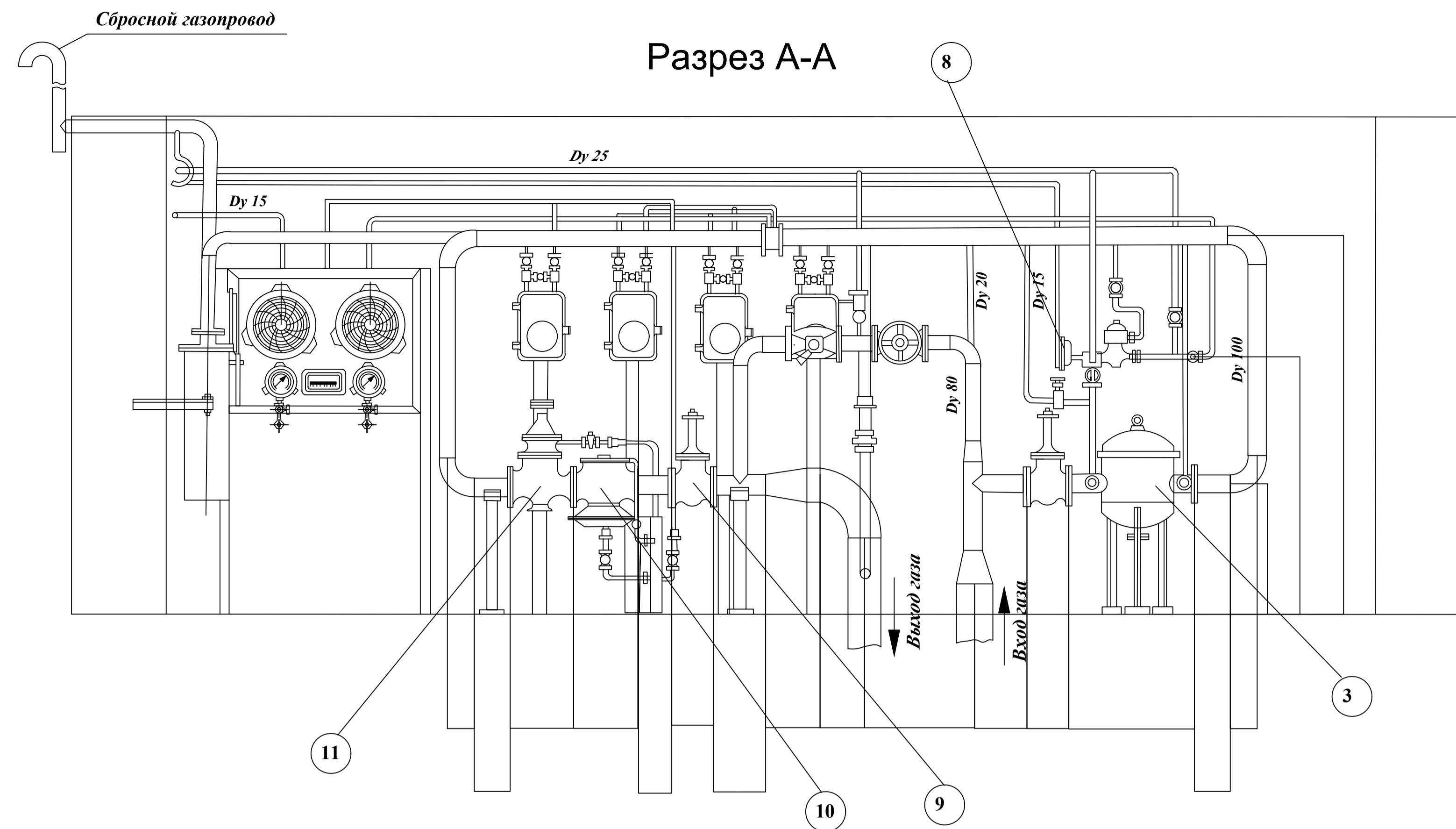
Условные обозначения

- КБП население
- ОВ население
- Центральная котельная
- Котельная №10
- Котельная №6
- Котельная №12
- Хлебозавод

Расход газа по месяцам года, тыс. м³/мес



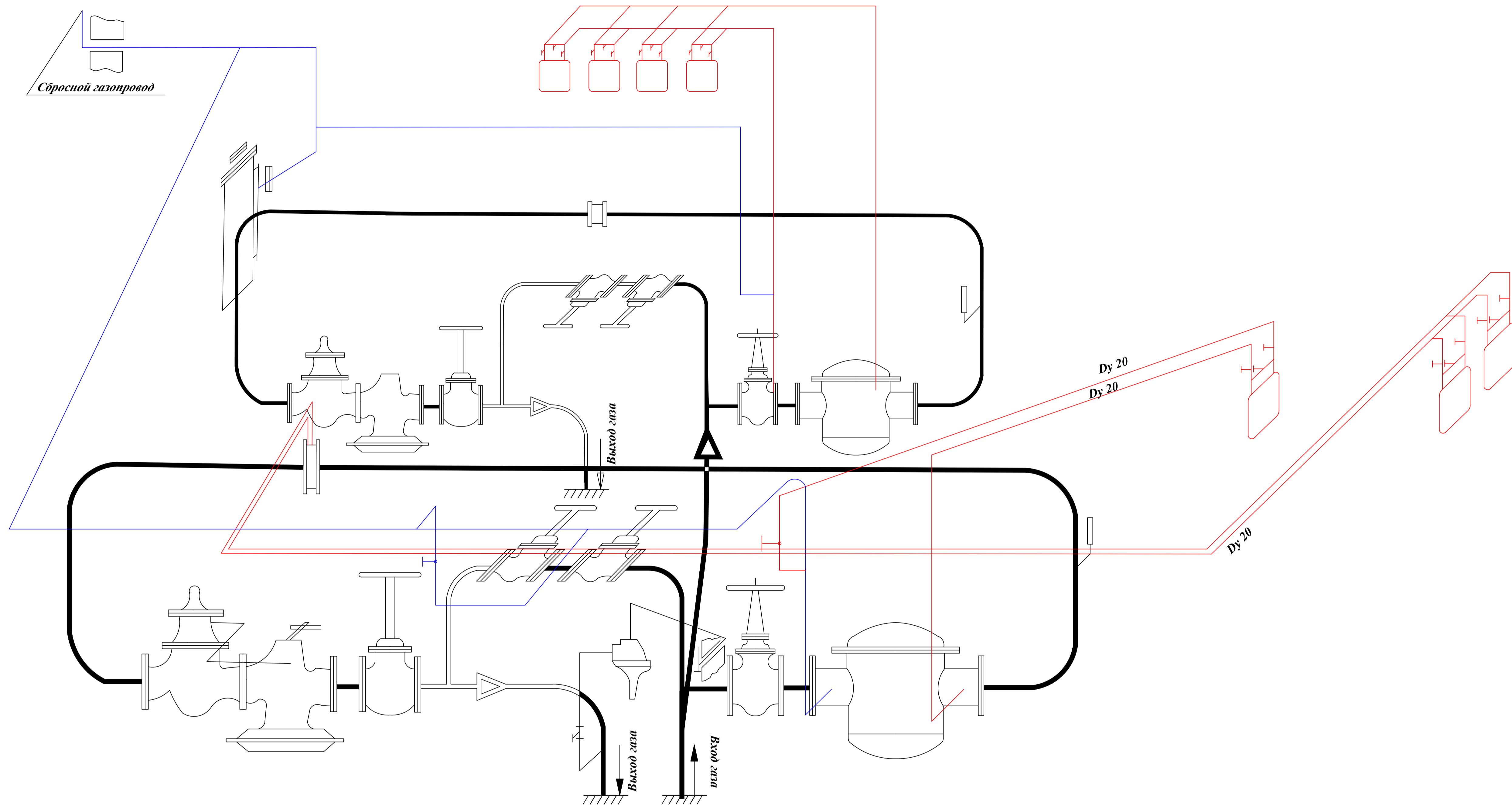
БР-08.03.01.05-2021-ГС					
ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет" Инженерно-строительный институт					
Имя	Копуч	Лист	№ док	Подп.	Дата
Разработчик	Захаров В.С.				
Проверил	Оленев И.Б.				
Разработка схемы газоснабжения в г. Северобайкальск				Страна	Лист
				у	3
Н. контроль				Листов	6
Зав. каф.				Матвеев АИ	
Схема сети среднего давления М 1:10000; График расхода газа				Кафедра ИСЗиС	



Экспликация оборудования на ГРП (РДУК-2В200)	
Оборудование	Наименование
1	Кран 3-х ходовой для манометра
2	Диафрагма камерная
3	Фильтр сварной волосяной Ду 200
4	Узел установки термометра
5	Установка сбросного устройства
6	Щит для ГРП
7	Фильтр сетчатый Ду 15
8	Регулятор низкого давления РДК-2
9	Задвижка запорная фланцевая Ду 100
10	Регулятор давления РДУК-2В-200 с регулятором управления КН2-00 или КВ2-00
11	Предохранительный клапан низкого (ПКН); высокого (ПКВ) давления Ду 100
12	Предохранительный клапан низкого (ПКН); высокого (ПКВ) давления Ду 200
13	Задвижка клиновья Ду 200

БР-08.03.01.05-2021-ГС					
ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет" Инженерно-строительный институт					
Изм.	Копуч.	Лист	В док.	Подп.	Дата
Разработ.	Захаров В.С.				
Проверил.	Оленев И.Б.				
Н. контроль.	Оленев И.Б.				
Заб. кор.	Матвиенко А.И.				
Разработка схемы газоснабжения в г. Северобайкальск		Страница	Лист	Листов	
		у	4	6	
Разрез ГРП с регулятором РДУК-2В-200		Кафедра ИСЗиС			

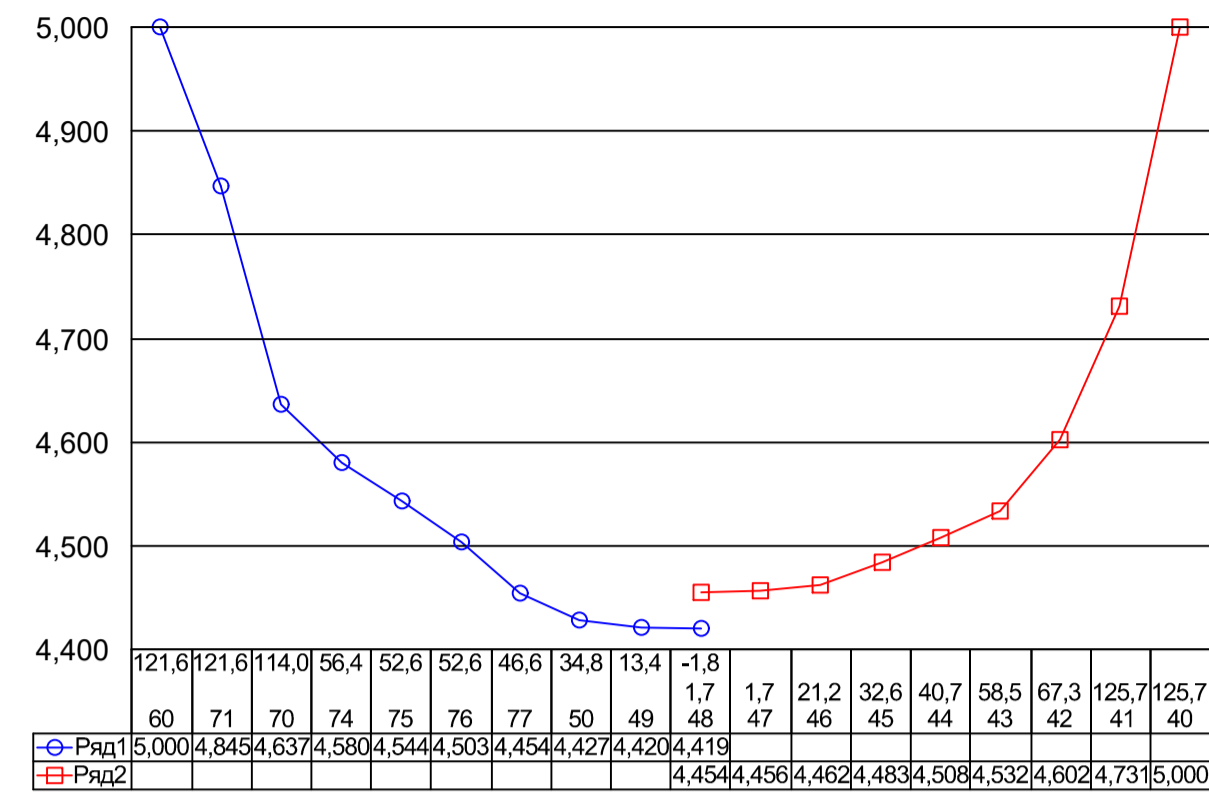
Схема ГРП



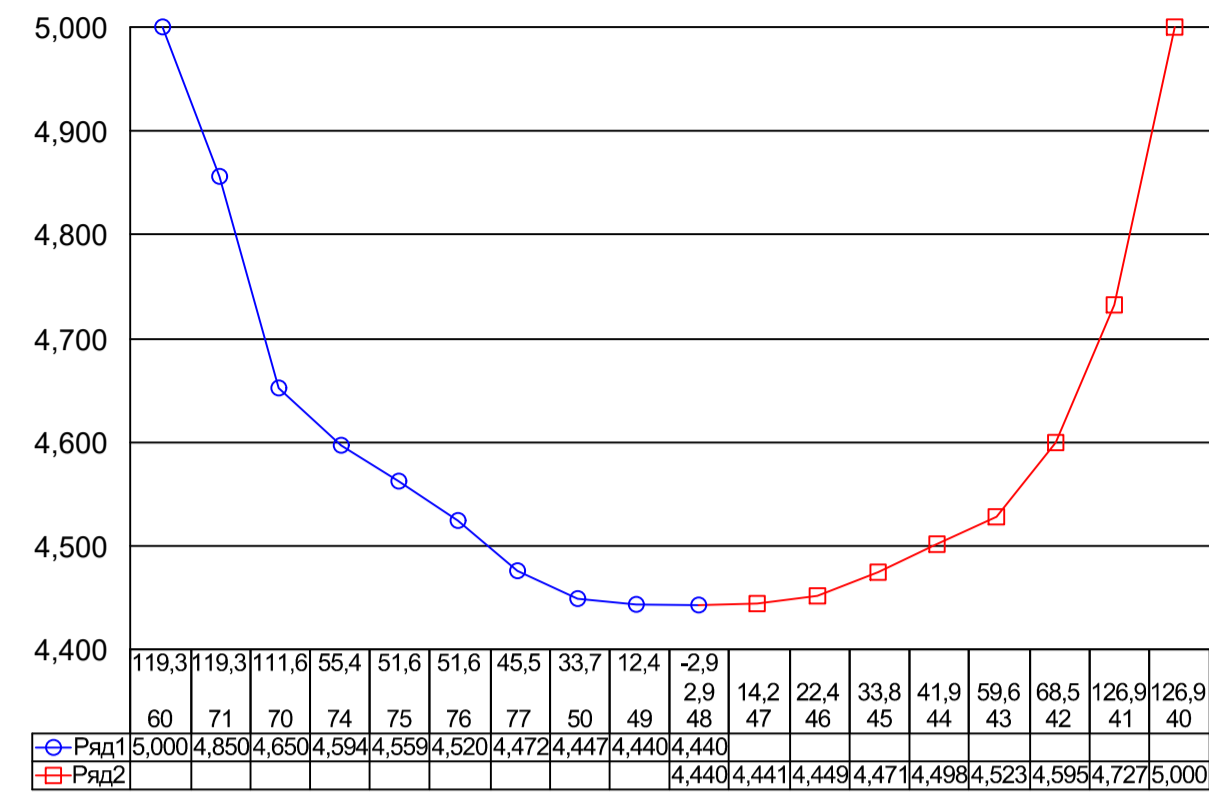
— Импульсивный газопровод
 — Сбросной газопровод

БР-08.03.01.05-2021-ГС					
ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет" Инженерно-строительный институт					
Имя	Копуч	Лист	№ док	Подп.	Дата
Разработ.	Захаров В.С.				
Проверил	Оленев И.Б.				
Н. контроль	Оленев И.Б.				
Заб. кор.	Мташню АИ				
Разработка схемы газоснабжения в г. Северобайкальск		Страница	Лист	Листов	
Схема ГРП с регулятором давления РДЖ-2Н-200		у	5	6	
Кафедра ИСЗиС					

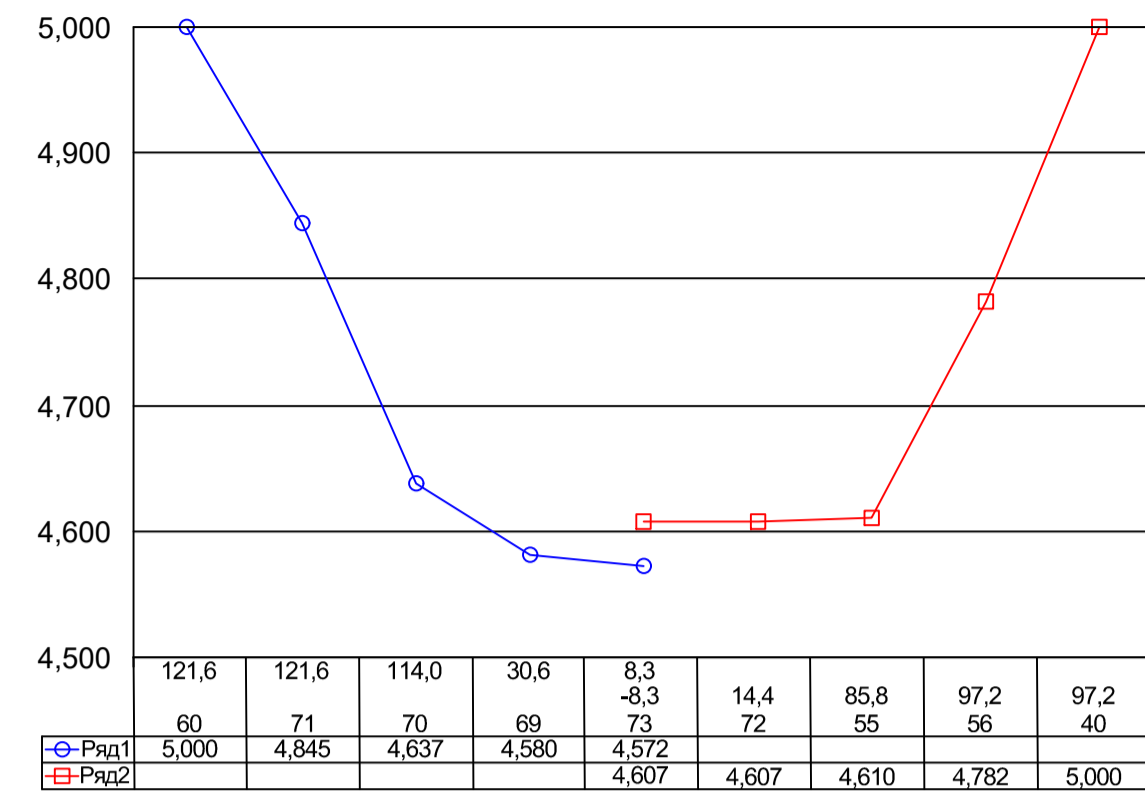
Результаты предварительного моделирования увязка давлений в узловой точке №48



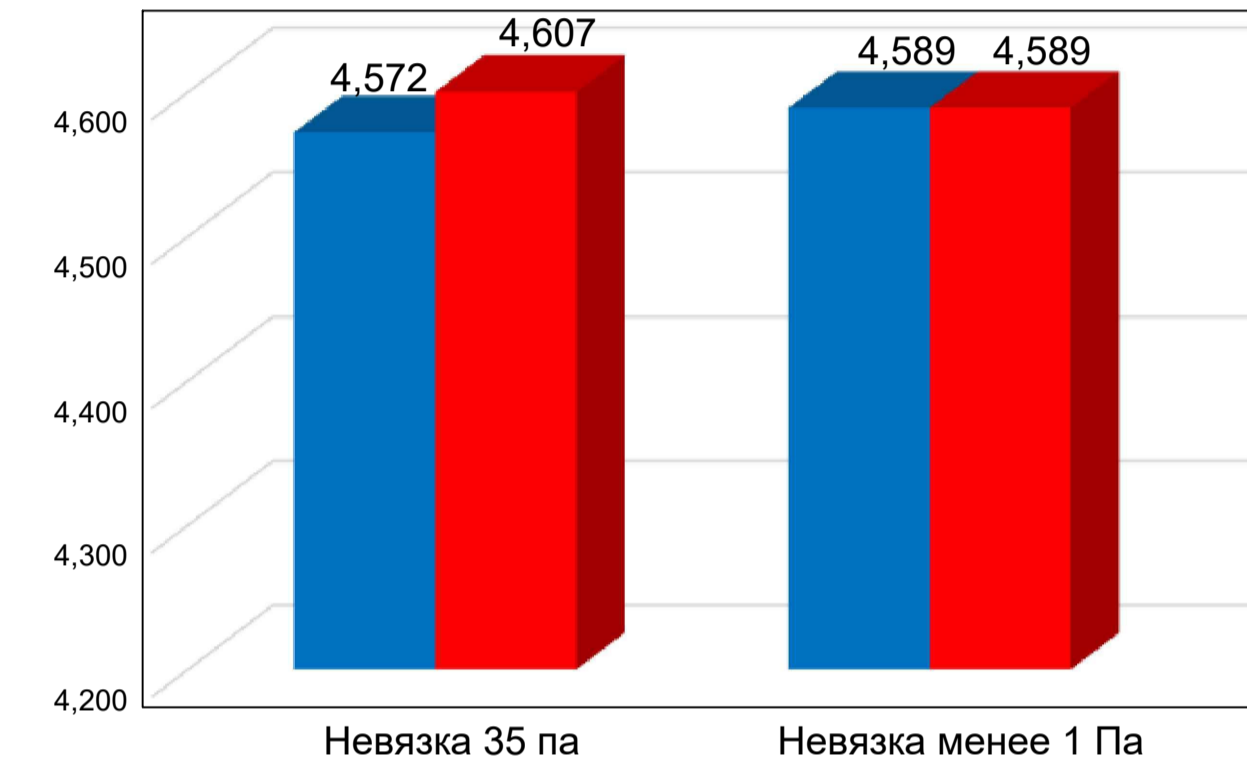
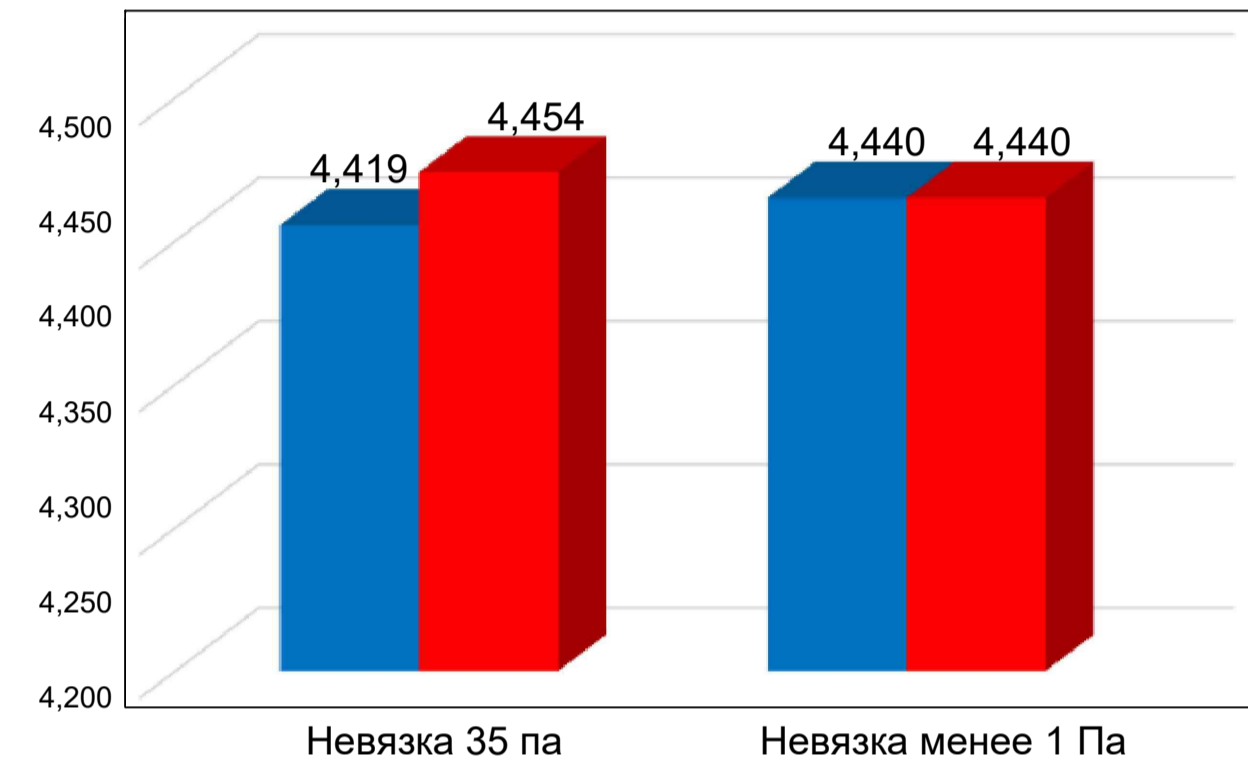
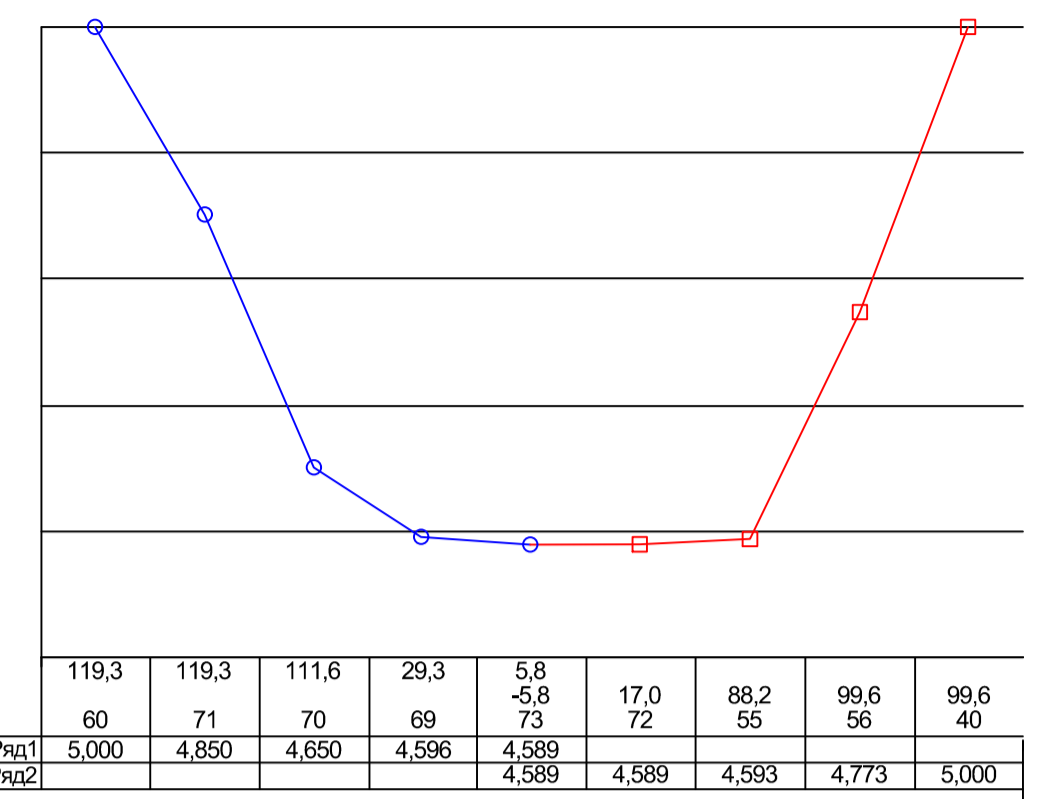
Результаты окончательного моделирования увязки давлений в узловой точке №48 с учетом изменения производительности сетевых ГРП



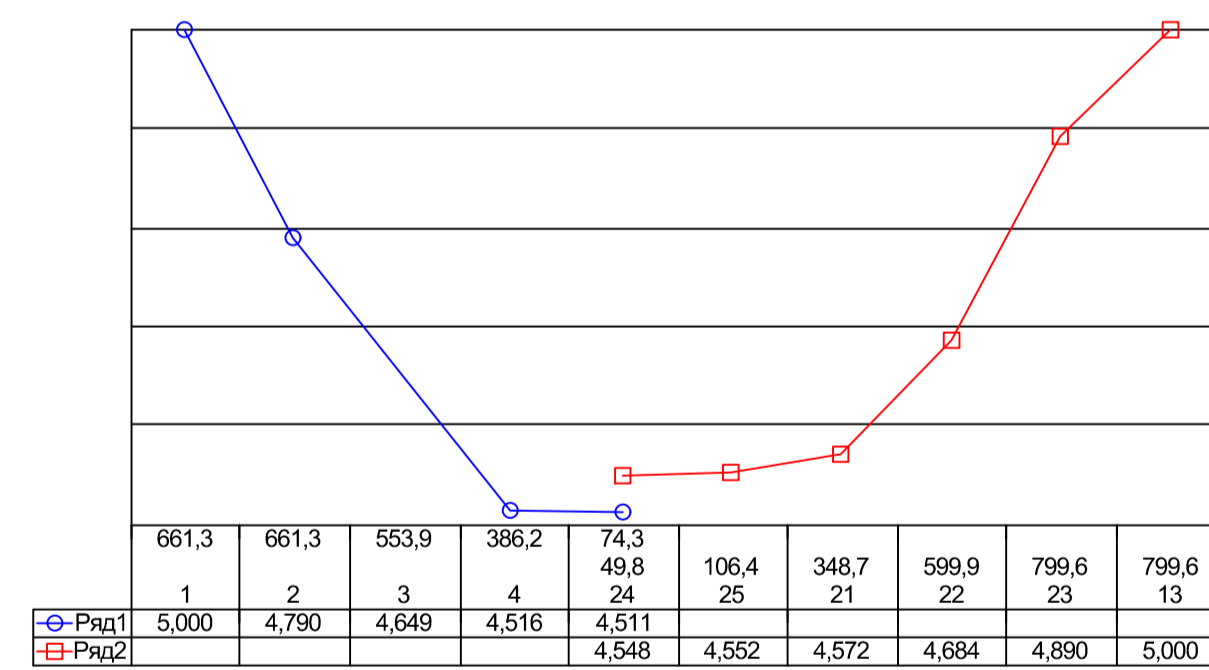
Результаты предварительного моделирования увязка давлений в узловой точке №73



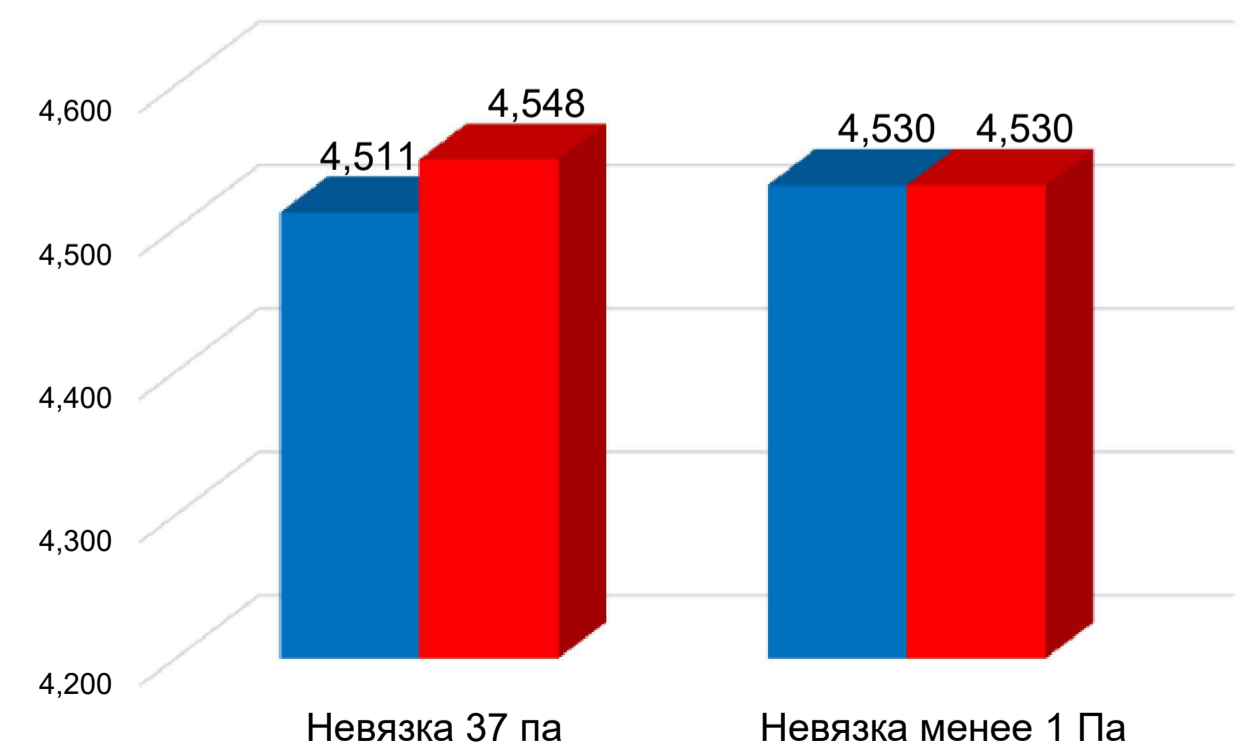
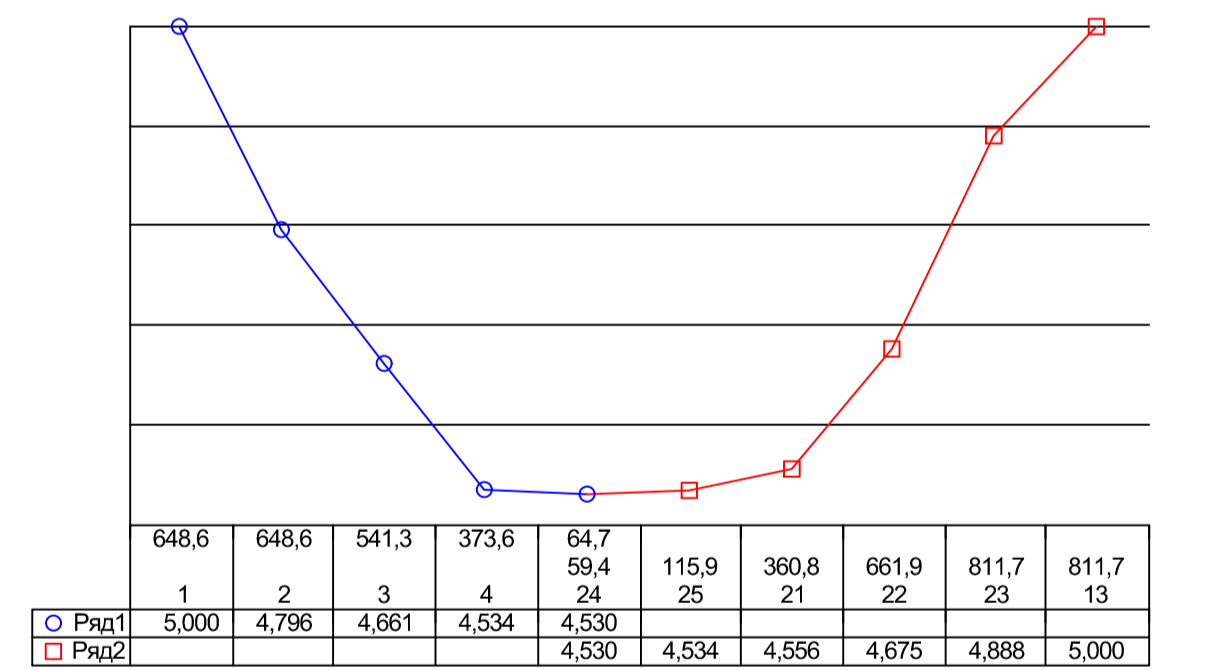
Результаты окончательного моделирования увязки давлений в узловой точке №73 с учетом изменения производительности сетевых ГРП



Результаты предварительного моделирования увязка давлений в узловой точке №24



Результаты окончательного моделирования увязки давлений в узловой точке №24 с учетом изменения производительности сетевых ГРП



Результаты увязки давлений в узловых точках

Узловые точки	Участок до узловой точки			Участок после узловой точки	
	Номер	Давление газа в конце участка, кПа	Расход газа в конце участка, м³/ч	Номер	Расход газа в начале участка, м³/ч
4	3-4	4,202	130,4	4-5	206,9
	4-24	4,202	76,5		
		ΔP=0	Σ=206,9		
50	50-51	4,447	-7,5	49-50	26,2
	50-77	4,447	33,7		
		ΔP=0	Σ=26,2		
18	17-18	4,543	301,5	18-26	273,8
	18-19	4,543	-27,7		
		ΔP=0	Σ=273,8		

БР-08.03.01.05-2021-ГС					
ФГАОУ ВО "Сибирский федеральный университет" Инженерно-строительный институт					
Имя	Копуч	Лист	№ док	Подп.	Дата
Разработчик	Захаров В.С.				
Проверил	Оленев И.Б.				
Разработка схемы газоснабжения в г. Северобайкальск			Страница	Лист	Листов
			у	б	б
Н. контроль Заб. кор.			Оленев И.Б. Мташню АИ		Кафедра ИСЗиС
Результаты математического моделирования увязки давлений в узловых точках					

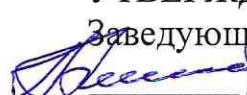
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно - строительный
институт

Инженерные системы зданий и сооружений
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.И. Матюшенко

подпись

инициалы, фамилия

« 18 » 06 2021г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01 «Строительство»

08.03.01.05 «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Разработка схемы газоснабжения в г. Северобайкальск
тема


Руководитель

 17.06.21
подпись, дата

доцент, к.т.н
должность, ученая степень

И.Б.Оленев
инициалы, фамилия

Выпускник

 17.06.21
подпись, дата

В.С. Захаров
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 17.06.21
подпись, дата

И.Б.Оленев
инициалы, фамилия

Красноярск 2021