



## СОДЕРЖАНИЕ

Реферат .....	3
Введение.....	4
1 Газоснабжение .....	5
1.1 Общие сведения о газификации города.....	6
1.2 Расчет низшей теплоты сгорания и плотности используемого газа .....	9
1.3 Расчет потребления природного газа населением.....	11
1.4 Расчет потребления газа котельными города.....	27
1.5 Определение суммарного расхода газа для газоснабжения населенного пункта .....	29
1.6 Принципиальная схема газоснабжения населенного пункта .....	30
1.7 Выбор оптимального количества сетевых ГРП .....	31
1.8 Трассировка газовых сетей в поселке .....	31
1.9 Гидравлический расчет распределительной сети низкого давления.....	31
1.10 Гидравлический расчет распределительных сетей низкого давления .	32
1.11 Гидравлический расчет сети среднего давления .....	120
1.12 Подбор газорегуляторных пунктов и газорегуляторной станции .....	139
Заключение .....	146
Список используемых источников .....	147

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка схем распределительных сетей газоснабжения г. Енисейска» содержит 147 страниц текстового документа, 17 использованных источников, 6 листов графического материала.

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

Объект – Красноярский край, г. Енисейск, Енисейский район.

Цели работы:

- разработать проектные материалы по газификации г. Енисейска;
- 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 пятью 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 пяти газорегуляторных пунктов.

Газификация города предполагается природным газом, добываемым на Юрубчено-Тохомском месторождении. Материалы, представленные в работе, могут быть использованы как один из вариантов газоснабжения г. Енисейска Енисейского района.

## ВВЕДЕНИЕ

Природный газ является самым дешевым и высокоэффективным энергоносителем, благодаря этому он нашел широкое применение в бытовом обслуживании жилых и общественных зданий, а также в промышленности.

Доля природного газа в топливном балансе России составляет 60%. Благодаря всем стоим плюсам, газификация может поспособствовать экономическому росту в стране, составить основу социально-экономического развития в регионах России, обеспечить улучшение условий труда и быта населения, а также снижение загрязнения окружающей сред, что немаловажно в наше время.

Внедрение экономических технологических процессов поможет рационально потреблять природный газ, что и является основной задачей. При этих процессах наиболее полно реализуются положительные свойства газа.

В данной бакалаврской работе представлены материалы по газификации города Енисейска Енисейского района Красноярского края, численность населения которого составляет 18000 человек. Газифицировать г. Енисейска предполагается природным газом.

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

Бакалаврская работа 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 села 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 сел, 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 Енисейск расположен в Енисейском районе Красноярского края. Численность населения данного поселка составляет 18000 человек.

В городе находятся котельные: котельная № 6, котельная № 7, котельная № 8, котельная № 10, котельная № 11, котельная № 15, котельная № 16, котельная № 21.

Газифицировать г. Енисейск предполагается природным газом следующего состава горючих компонентов: метан – 82%, этан – 9%; пропан – 3,2%, бутан – 0,4%, пентан – 0,2%, углекислый газ – 0,7%, азот + редкие газы – 4,5%.

Метеорологические условия:

- температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий,  $t_{вн} = 22^{\circ}\text{C}$  [12];
- расчетная наружная для проектирования отопления,  $t_{р.о} = -44^{\circ}\text{C}$  [12];
- -расчетная наружная для проектирования вентиляции,  $t_{р.в.} = -44^{\circ}\text{C}$  [12];
- средняя наружного воздуха за отопительный период,  $t_{ср.о} = -6,5^{\circ}\text{C}$  [12];
- продолжительность отопительного периода,  $n_0 = 246$  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 <sup>2</sup>	Примечание
1	245	4410	
2	355		Отопление от котельной №6
3	350		Отопление от котельной №6
4	390		Отопление от котельной №6
5	320	5760	
6	325		Отопление от котельной №6
7	175	3150	
8	270	4860	
9	205	3690	

Продолжение таблицы 1 – Исходные данные для газификации жилого сектора

Номер квартала	Число жителей (потребителей газа)	Площадь отапливаемых помещений автономной системой теплоснабжения, м <sup>2</sup>	Примечание
10	165	2970	
11	150	2700	
12	110	1980	
13	160	2880	
14	155	2790	
15	300	5400	
16	170	3060	
17	270		Отопление от котельной №11
18	210		Отопление от котельной №7
19	220	3960	
20	250	4500	
21	255	4590	
22	245	4410	
23	165	2970	
24	185	3330	
25	300		Отопление от котельной №7
26	395		Отопление от котельной №7
27	195	3510	
28	190	3420	
29	130	2340	
30	270	4860	
31	280	5040	
32	295	5310	
33	270	4860	
34	260		Отопление от котельной №16
35	255		Отопление от котельной №16
36	250	4500	
37	235		Отопление от котельной №16
38	115	2070	
39	390		Отопление от котельной №15
40	260	4680	
41	230	4140	
42	215	3870	
43	210	3780	
44	155	2790	
45	195	3510	
46	205	3690	
47	225	4050	

Окончание таблицы 1 – Исходные данные для газификации жилого сектора

Номер квартала	Число жителей (потребителей газа)	Площадь отапливаемых помещений автономной системой теплоснабжения, м <sup>2</sup>	Примечание	
48	245	4410		
49	225	4050		
50	320		Отопление от котельной №15	
51	380		Отопление от котельной №15	
52	275		Отопление от котельной №15	
53	300	5400		
54	375	6750		
55	370	6660		
56	355	6390		
57	380	6840		
58	495		Отопление от котельной №21	
59	595	10710		
60	225	4050		
61	250	4500		
62	505		Отопление от котельной №21	
63	485		Отопление от котельной №21	
64	285		Отопление от котельной №21	
65	275		Отопление от котельной №21	
66	255		Отопление от котельной №21	
67	235	4230		
Всего	18000	197820		

Таблица 2 – Исходные данные для расчета потребления природного газа котельными

Абонент	Наименование абонентов	Адрес	Вырабатываемая тепловая мощность	
			Гкал/ч	Гкал/год
1	Котельная №6	ул. Пролетарская, 4	2,5	8960
2	Котельная №7	ул. Ленина, 160 строение 2	7,5	32850
3	Котельная №8	ул. Доры Кваш, 20	8,0	34220
4	Котельная №10	ул. Худзинского, 73А	4	10180
5	Котельная №11	ул. Крупской, 41	2,1	4980
6	Котельная №15	ул. Ленина, 89А	0,7	1700
7	Котельная №16	ул. Горького, 42А	3,5	13050
8	Котельная №21	ул. Ленина, 25/15	1,25	4970



## 1.2 Расчет низшей теплоты сгорания и плотности используемого газа

Для расчета потребления газа необходимо знать низшую теплоту сгорания сухого газа, кДж/м<sup>3</sup>, а для проведения гидравлических расчетов плотность газа, кг/м<sup>3</sup>, и его кинематическую вязкость, м<sup>2</sup>/с.

Низшая теплота сгорания газа, кДж/м<sup>3</sup>, 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/м<sup>3</sup> [16].

Плотность газа, кг/м<sup>3</sup>, рассчитывается по формуле

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

где  $\delta_i$  – содержание  $i$ -го компонента в газе, % по объему;  
 $\rho_i$  – плотность сгорания  $i$ -го компонента газа, кг/м<sup>3</sup> [16].

Кинематическая вязкость газа, м<sup>2</sup>/с, определяется по формуле

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

где  $\mu_\Gamma$  – динамическая вязкость газа, Па·с;  
 $\rho_\Gamma$  – плотность газовой смеси, кг/м<sup>3</sup> рассчитывается по формуле (2).

Динамическая вязкость газа, Па·с, определяется по формуле

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

где  $\delta_i$  – содержание  $i$ -го компонента в газе, % по объему;

$\mu_i$  – динамическая вязкость  $i$ -го компонента в газе при н.у, Па·с

Газифицировать г. Енисейск предполагается природным газом следующего состава горючих компонентов: метан – 82%, этан – 9%; пропан – 3,2%, бутан – 0,4%, пентан – 0,2%, углекислый газ – 0,7%, азот + редкие газы – 4,5%.

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

$$Q_H^P = \frac{82 \cdot 35840 + 9 \cdot 63730 + 3,2 \cdot 93370 + 0,4 \cdot 123770 + 0,2 \cdot 1466340}{100} = 38900 \frac{\text{кДж}^3}{\text{м}}$$

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

$$\rho_{\Gamma} = \frac{82 \cdot 0,7168 + 9 \cdot 1,3566 + 3,2 \cdot 2,019 + 0,4 \cdot 2,703 + 0,2 \cdot 3,221 + 4,5 \cdot 1,2505 + 0,7 \cdot 1,9768}{100} = 0,861 \frac{\text{кг}^3}{\text{м}}$$

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

$$\mu_{\Gamma} = \frac{82 \cdot 101 \cdot 10^7 + 9 \cdot 86 \cdot 10^7 + 3,2 \cdot 75 \cdot 10^7 +}{100} + \frac{0,4 \cdot 68 \cdot 10^7 + 0,2 \cdot 2830 \cdot 10^7 +}{100} + \frac{4,5 \cdot 165 \cdot 10^7 + 0,7 \cdot 137 \cdot 10^7}{100} = 0,0000107 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Кинематическая вязкость природного газа определяется по формуле (3) и составляет  $\nu_{\Gamma} = 0,0000107/0,861=0,0000124 \text{ м}^2/\text{с}$ .

### 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, наличия 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 м<sup>3</sup>/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  $q_1^K$  и  $n_1^K$  – соответственно норма расхода теплоты на приготовление пищи при наличии в квартире централизованного горячего водоснабжения, МДж/год [16] и количество расчетных единиц данного вида потребления;

$q_2^K$  и  $n_2^K$  – 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;

$q_3^K$  и  $n_3^K$  – 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;

$Q_H^P$  – низшая теплота сгорания сухого газа, кДж/м<sup>3</sup>.

Годовой расход газа, млн. м<sup>3</sup>/год, на отопление и вентиляцию жилых застроек вычисляется по формуле

$$Q_{0.в.} = \left[ 24 \cdot (1 + k_1) \cdot \frac{t_{вн} - t_{ср.0}}{t_{вн} - t_{р.0}} + Z \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{t_{вн} - t_{ср.0}}{t_{вн} - t_{р.в}} \right] \cdot \frac{q_0 \cdot F \cdot n_0}{\eta_0 \cdot Q_H^P} \cdot 10^{-6}, \quad (6)$$

где  $t_{вн}$ ,  $t_{р.0}$ ,  $t_{р.в}$ ,  $t_{ср.0}$  – температура соответственно внутреннего воздуха отапливаемых зданий, расчетная наружная для проектирования отопления, расчетная наружная для проектирования вентиляции, средняя наружного воздуха за отопительный сезон, принимается по СП 131.13330.2012 «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, кДж/ч на 1 м<sup>2</sup> жилой площади [16];

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

$F$  – площадь рассматриваемых зданий, м<sup>2</sup>;

$\eta_0$  – КПД отопительных установок в долях единиц, при отсутствии данных для местных котельных принимается 0,8÷0,85, для районных котельных с учетом потерь в тепловых сетях – 0,8;

$Q_H^P$  – то же, что и в формуле (5).

Часовой расход газа, м<sup>3</sup>/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  $Q_{\text{ГОД}}^j$  – годовой расход газа, млн м<sup>3</sup>/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, м<sup>3</sup>/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 м<sup>3</sup>/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 вычисляют по формуле

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

где  $t_{\text{ВН}}$ ,  $t_{\text{СР.О}}$ ,  $t_{\text{Р.О}}$ ,  $t_{\text{Р.В}}$  – то же, что и в формуле (6);

$Z$  – то же, что и в формуле (6).

Расчет проведен по формуле (5) и сведен в таблицу 3. Низшая теплота сгорания сухого газа составляет  $Q_{\text{Н}}=39130$  кДж/м<sup>3</sup> – 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 <sup>3</sup> /год
			МДж	м <sup>3</sup>	
1	245	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	62,982
2	105	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	53,342
	250	приготовление пищи	4100	105,4	
3	125	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	55,848
	225	приготовление пищи	4100	105,4	
4	200	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	71,440
	190	приготовление пищи	4100	105,4	
5	320	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	82,262
6	110	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	50,938
	215	приготовление пищи	4100	105,4	
7	175	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	44,987
8	270	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	69,409
9	205	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	52,699
10	165	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	42,416
11	150	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	38,560
12	110	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	28,278
13	160	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	41,131
14	155	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	39,846
15	300	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	77,121
16	170	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	43,702
17	270	Приготовление пищи	4100	105,4	28,458

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 <sup>3</sup> /год
			МДж	м <sup>3</sup>	
18	75	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	33,509
	135	приготовление пищи	4100	105,4	56,555
19	185	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	56,555
20	300	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	64,267
21	395	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	65,553
22	195	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	62,982
23	190	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	42,416
24	185	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	47,558
25	115	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	49,062
	185	приготовление пищи	4100	105,4	
26	165	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	66,658
	230	приготовление пищи	4100	105,4	
27	195	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	50,129
28	190	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	48,843
29	130	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	33,419
30	270	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	69,409
31	280	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	71,979
32	295	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	75,835
33	270	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	69,409

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 <sup>3</sup> /год
			МДж	м <sup>3</sup>	
34	95	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	41,812
	85	приготовление пищи	4100	105,4	
35	85	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	39,769
	170	приготовление пищи	4100	105,4	
36	250	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	64,267
37	80	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	36,902
	155	приготовление пищи	4100	105,4	
38	115	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	29,563
39	140	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	62,339
	250	приготовление пищи	4100	105,4	
40	260	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	66,838
41	230	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	59,126
42	215	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	55,270
43	210	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	53,985
44	155	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	39,846
45	195	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	50,129
46	205	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	52,699
47	225	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	57,841
48	245	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	62,982
49	225	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	57,841



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 <sup>3</sup> /год
			МДж	м <sup>3</sup>	
50	110	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	50,411
	210	приготовление пищи	4100	105,4	
51	160	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	64,319
	220	приготовление пищи	4100	105,4	
52	90	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	42,635
	185	приготовление пищи	4100	105,4	
53	300	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	77,121
54	375	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	96,401
55	370	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	95,116
56	355	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	91,260
57	380	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	97,686
58	235	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	87,815
	260	приготовление пищи	4100	105,4	
59	595	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	152,956
60	225	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	57,841
61	250	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	64,267
62	215	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	85,835
	290	приготовление пищи	4100	105,4	
63	180	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	78,419
	305	приготовление пищи	4100	105,4	
64	120	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	78,419
	165	приготовление пищи	4100	105,4	

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 <sup>3</sup> /год
			МДж	м <sup>3</sup>	
65	275	Приготовление пищи	4100	105,4	28,985
66	255	Приготовление пищи	4100	105,4	26,877
67	235	приготовление пищи и горячей воды	10000	257,1	60,411
Всего					3928,805

Из таблицы 3 видно, что годовой расход газа на коммунально-бытовые нужды составляет 3928,805 тыс. м<sup>3</sup>/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, тыс. м <sup>3</sup> /год	Число часов максимума	Часовой расход газа, м <sup>3</sup> /ч
1	62,982	1800	35,0
2	53,342	1800	29,6
3	55,848	1800	31,0
4	71,440	1800	39,7
5	82,262	1800	45,7
6	50,938	1800	28,3
7	44,987	1800	25,0
8	69,409	1800	38,6
9	52,699	1800	29,3
10	42,416	1800	23,6
11	38,560	1800	21,4
12	28,278	1800	15,7
13	41,131	1800	22,9
14	39,846	1800	22,1
15	77,121	1800	42,8
16	43,702	1800	24,3
17	28,458	1800	15,8
18	33,509	1800	18,6
19	56,555	1800	31,4
20	64,267	1800	35,7
21	65,553	1800	36,4

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

Номер квартала	Годовой расход газа, тыс. м <sup>3</sup> /год	Число часов максимума	Часовой расход газа, м <sup>3</sup> /ч
22	62,982	1800	35,0
23	42,416	1800	23,6
24	47,558	1800	26,4
25	49,062	1800	27,3
26	66,658	1800	37,0
27	50,129	1800	27,8
28	48,843	1800	27,1
29	33,419	1800	18,6
30	69,409	1800	38,6
31	71,979	1800	40,0
32	75,835	1800	42,1
33	69,409	1800	38,6
34	41,812	1800	23,2
35	39,769	1800	22,1
36	64,267	1800	35,7
37	36,902	1800	20,5
38	29,563	1800	16,4
39	62,339	1800	34,6
40	66,838	1800	37,1
41	59,126	1800	32,8
42	55,270	1800	30,7
43	53,985	1800	30,0
44	39,846	1800	22,1
45	50,129	1800	27,8
46	52,699	1800	29,3
47	57,841	1800	32,1
48	62,982	1800	35,0
49	57,841	1800	32,1
50	50,411	1800	28,0
51	64,319	1800	35,7
52	42,635	1800	23,7
53	77,121	1800	42,8
54	96,401	1800	53,6
55	95,116	1800	52,8
56	91,260	1800	50,7
57	97,686	1800	54,3
58	87,815	1800	48,8
59	152,956	1800	85,0
60	57,841	1800	32,1

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

Номер квартала	Годовой расход газа, тыс. м <sup>3</sup> /год	Число часов максимума	Часовой расход газа, м <sup>3</sup> /ч
61	64,267	1800	35,7
62	85,835	1800	47,7
63	78,419	1800	43,6
64	48,239	1800	26,8
65	28,985	1800	16,1
66	26,877	1800	14,9
67	60,411	1800	33,6
Всего			2182,4

Часовой расход газа на коммунально-бытовые нужды в г. Енисейске по результатам расчета из таблицы 4 равен 2182,4 м<sup>3</sup>/ч.

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,  $g = 657$  кДж/ч на 1 м<sup>2</sup> 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 <sup>3</sup> /год
1	4410	326,802
5	5760	426,843
7	3150	233,430
8	4860	360,149
9	3690	273,447
10	2970	220,091
11	2700	200,083
12	1980	146,727
13	2880	213,422
14	2790	206,752
15	5400	400,166
16	3060	226,761
19	3960	293,455
20	4500	333,471
21	4590	340,141

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 <sup>3</sup> /год
22	4410	326,802
23	2970	220,091
24	3330	246,769
27	3510	260,108
28	3420	253,438
29	2340	173,405
30	4860	360,149
31	5040	373,488
32	5310	393,496
33	4860	360,149
36	4500	333,471
38	2070	153,397
40	4680	346,810
41	4140	306,794
42	3870	286,785
43	3780	280,116
44	2790	206,752
45	3510	260,108
46	3690	273,447
47	4050	300,124
48	4410	326,802
49	4050	300,124
53	5400	400,166
54	6750	500,207
55	6660	493,538
56	6390	473,529
57	6840	506,877
59	10710	793,662
60	4050	793,662
61	4500	300,124
67	4230	313,463
Всего		14659

Из таблицы 5 видно, что годовой расход газа на нужды отопления и вентиляции составляет 14659 тыс. м<sup>3</sup> /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

$$m_{0,B} = 246 \cdot \left[ 24 \cdot (1 + 0,25) \cdot \frac{22 - (-6,5)}{22 - (-44)} + 16 \cdot 0,25 \cdot 0,6 \cdot \frac{22 - (-6,5)}{22 - (-44)} \right] = 3442 \text{ ч/год,}$$

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

Номер квартала	Годовой расход газа, тыс. м <sup>3</sup> /год	Число часов максимума	Часовой расход газа, м <sup>3</sup> /ч
1	326,802	3442	94,9
5	426,843	3442	124,0
7	233,430	3442	67,8
8	360,149	3442	104,6
9	273,447	3442	79,4
10	220,091	3442	63,9
11	200,083	3442	58,1
12	146,727	3442	42,6
13	213,422	3442	62,0
14	206,752	3442	60,1
15	400,166	3442	116,3
16	226,761	3442	65,9
19	293,455	3442	85,3
20	333,471	3442	96,9
21	340,141	3442	98,8
22	326,802	3442	94,9
23	220,091	3442	63,9
24	246,769	3442	71,7
27	260,108	3442	75,6
28	253,438	3442	73,6
29	173,405	3442	50,4
30	360,149	3442	104,6
31	373,488	3442	108,5
32	393,496	3442	114,3
33	360,149	3442	104,6
36	333,471	3442	96,9
38	153,397	3442	44,6
40	346,810	3442	100,8
41	306,794	3442	89,1
42	286,785	3442	83,3
43	280,116	3442	81,4
44	206,752	3442	60,1

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

Номер квартала	Годовой расход газа, тыс. м <sup>3</sup> /год	Число часов максимума	Часовой расход газа, м <sup>3</sup> /ч
45	260,108	3442	75,6
46	273,447	3442	79,4
47	300,124	3442	87,2
48	326,802	3442	94,9
49	300,124	3442	87,2
53	400,166	3442	116,3
54	500,207	3442	145,3
55	493,538	3442	143,4
56	473,529	3442	137,6
57	506,877	3442	147,3
59	793,662	3442	230,6
60	300,124	3442	87,2
61	333,471	3442	96,9
67	313,463	3442	91,1
Всего			4259

Часовой расход газа на нужды отопления и вентиляции в г. Енисейске по результатам расчета из таблицы 6 равен 4259 м<sup>3</sup>/ч.

Расчет годового расхода газа потребителями, которые расположены в жилой зоне г. Енисейска.

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

Таблица 7 – Расчет годового расхода газа потребителями

Номер квартала	Расход газа, тыс. м <sup>3</sup> /год		
	На коммунально-бытовые нужды	На отопление и вентиляцию	Всего
1	62,982	326,802	389,784
2	53,342	0,000	53,342
3	55,848	0,000	55,848
4	71,440	0,000	71,440
5	82,262	426,843	509,105
6	50,938	0,000	50,938
7	44,987	233,430	278,417
8	69,409	360,149	429,558
9	52,699	273,447	326,146
10	42,416	220,091	262,507
11	38,560	200,083	238,643
12	28,278	146,727	175,005

Продолжение таблицы 7 – Расчет годового расхода газа потребителями

Номер квартала	Расход газа, тыс. м <sup>3</sup> /год		
	На коммунально-бытовые нужды	На отопление и вентиляцию	Всего
13	41,131	213,422	254,553
14	39,846	206,752	246,598
15	77,121	400,166	477,287
16	43,702	226,761	270,463
17	28,458	-	28,458
18	33,509	-	33,509
19	56,555	293,455	350,010
20	64,267	333,471	397,738
21	65,553	340,141	405,694
22	62,982	326,802	389,784
23	42,416	220,091	262,507
24	47,558	246,769	294,327
25	49,062	-	49,062
26	66,658	-	66,658
27	50,129	260,108	310,237
28	48,843	253,438	302,281
29	33,419	173,405	206,824
30	69,409	360,149	429,558
31	71,979	373,488	445,467
32	75,835	393,496	469,331
33	69,409	360,149	429,558
34	41,812	-	41,812
35	39,769	-	39,769
36	64,267	333,471	397,738
37	36,902	0,000	36,902
38	29,563	153,397	182,960
39	62,339	-	62,339
40	66,838	346,810	413,648
41	59,126	306,794	365,920
42	55,270	286,785	342,055
43	53,985	280,116	334,101
44	39,846	206,752	246,598
45	50,129	260,108	310,237
46	52,699	273,447	326,146
47	57,841	300,124	357,965
48	62,982	326,802	389,784
49	57,841	300,124	357,965
50	50,411	-	50,411
51	64,319	-	64,319



Окончание таблицы 7 – Расчет годового расхода газа потребителями

Номер квартала	Расход газа, тыс. м <sup>3</sup> /год		
	На коммунально-бытовые нужды	На отопление и вентиляцию	Всего
52	42,635	-	42,635
53	77,121	400,166	477,287
54	96,401	500,207	596,608
55	95,116	493,538	588,654
56	91,260	473,529	564,789
57	97,686	506,877	604,563
58	87,815	-	87,815
59	152,956	793,662	946,618
60	57,841	300,124	357,965
61	64,267	333,471	397,738
62	85,835	-	85,835
63	78,419	-	78,419
64	48,239	-	48,239
65	28,985	-	28,985
66	26,877	-	26,877
67	60,411	313,463	373,874
Всего			18588,207

Годовой расход природного газа потребителями, расположенными в г. Енисейске, составляет 18588 тыс. м<sup>3</sup>/год.

Расчет часового расхода газа потребителями, которые расположены в жилой зоне г. Енисейска.

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

Таблица 8 – Расчет часового расхода газа потребителями

Номер квартала	Расход газа, м <sup>3</sup> /ч		
	На коммунально-бытовые нужды	На отопление и вентиляцию	Всего
1	35,0	94,9	129,9
2	29,6	-	29,6
3	31,0	-	31,0
4	39,7	-	39,7
5	45,7	124,0	169,7
6	28,3	-	28,3
7	25,0	67,8	92,8
8	38,6	104,6	143,2
9	29,3	79,4	108,7
10	23,6	63,9	87,5

Продолжение таблицы 8 – Расчет часового расхода газа потребителями

Номер квартала	Расход газа, м <sup>3</sup> /ч		
	На коммунально-бытовые нужды	На отопление и вентиляцию	Всего
11	21,4	58,1	79,5
12	15,7	42,6	58,3
13	22,9	62,0	84,9
14	22,1	60,1	82,2
15	42,8	116,3	159,1
16	24,3	65,9	90,2
17	15,8	-	15,8
18	18,6	-	18,6
19	31,4	85,3	116,7
20	35,7	96,9	132,6
21	36,4	98,8	135,2
22	35,0	94,9	129,9
23	23,6	63,9	87,5
24	26,4	71,7	98,1
25	27,3	-	27,3
26	37,0	-	37,0
27	27,8	75,6	103,4
28	27,1	73,6	100,7
29	18,6	50,4	69,0
30	38,6	104,6	143,2
31	40,0	108,5	148,5
32	42,1	114,3	156,4
33	38,6	104,6	143,2
34	23,2	-	23,2
35	22,1	-	22,1
36	35,7	96,9	132,6
37	20,5	0,0	20,5
38	16,4	44,6	61,0
39	34,6	-	34,6
40	37,1	100,8	137,9
41	32,8	89,1	121,9
42	30,7	83,3	114,0
43	30,0	81,4	111,4
44	22,1	60,1	82,2
45	27,8	75,6	103,4
46	29,3	79,4	108,7
47	32,1	87,2	119,3
48	35,0	94,9	129,9
49	32,1	87,2	119,3

Окончание таблицы 8 – Расчет часового расхода газа потребителями

Номер квартала	Расход газа, м <sup>3</sup> /ч		
	На коммунально-бытовые нужды	На отопление и вентиляцию	Всего
50	28,0	-	28,0
51	35,7	-	35,7
52	23,7	-	23,7
53	42,8	116,3	159,1
54	53,6	145,3	198,9
55	52,8	143,4	196,2
56	50,7	137,6	188,3
57	54,3	147,3	201,6
58	48,8	-	48,8
59	85,0	230,6	315,6
60	32,1	87,2	119,3
61	35,7	96,9	132,6
62	47,7	-	47,7
63	43,6	-	43,6
64	26,8	-	26,8
65	16,1	-	16,1
66	14,9	-	14,9
67	33,6	91,1	124,7
Всего			6441,3

Часовой расход природного газа потребителями, которые расположены в г. Енисейске составляет 6441 м<sup>3</sup>/ч.

#### 1.4 Расчет потребления газа котельными села

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

Годовой расхода газа в целом по котельной, млн. м<sup>3</sup> /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;

$Q_H$  – то же, что и в формуле (5), раздел [раздел 1.2];

$\eta$  – коэффициент полезного действия котла при работе на газе, %.

Требуемый часовой расход газа на котел, м<sup>3</sup>/ч, определяется по формуле

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

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

$Q_{\text{H}}^{\text{P}}$  – то же, что и в формуле (5), раздел [раздел 1.2];

$\eta$  – то же, что и в формуле (10).

Расчет потребления природного газа котельными проведен по формулам (10) и (11) и приведен в таблице 9. Низшая теплота сгорания  $Q_{\text{H}}^{\text{P}} = 38900$  кДж/м<sup>3</sup>.

Таблица 9 – Расчет потребления природного газа котельными

Абонент	Производительность котла		КПД	Расход газа, м <sup>3</sup> /ч	тыс. м <sup>3</sup> /год
	Гкал/ч	Гкал/год			
Котельная №6	2,5	8960	91	946,2	4047,548
Котельная №7	7,5	32850	91	295,7	1059,790
Котельная №8	8,0	34220	91	887,1	3885,504
Котельная №10	4	10180	91	473,1	1204,092
Котельная №11	2,1	4980	91	248,4	589,035
Котельная №15	0,7	1700	91	82,8	201,076
Котельная №16	3,5	13050	91	414,0	1543,556
Котельная №21	1,25	4970	91	147,9	587,852
Всего				3495,2	13118,5

Для газоснабжения котельных города Енисейск требуется 13118,5 тыс.м<sup>3</sup>/год газа.

## 1.5 Расчет потребления газа коммунальными объектами (хлебозавод)

При расчете потребления газа хлебозаводами, 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.;

$\delta^X$  – процент охвата населения услугами хлебозавода, %.

Годовой расход газа, млн. м<sup>3</sup> /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;

$Q_H^P$  – то же, что и в формуле (5), раздел [раздел 1.2].

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

$$n^X = \frac{0,7}{1000} \cdot 365 \cdot 18000 = 4599 \text{ ед,}$$

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

$$Q_{\text{Год}}^{\text{Х}} = \frac{4599 \cdot 2500}{38900} = 295,6 \text{ тыс. м}^3/\text{год},$$

Часовой расход газа, м<sup>3</sup>/ч, для коммунально-бытовых предприятий рассчитывается по формуле (7) и составляет

$$Q_{\text{Ч}}^{\text{Х}} = \frac{295,6 \cdot 1000}{6000} = 49,3 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

## 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. Енисейске

Наименование абонента	Часовой расход газа м <sup>3</sup> /ч	Расход газа тыс.м <sup>3</sup> /год
КБП население	2182,4	3928,805
ОВ население	4258,9	14659,402
Население	6441,3	18588,207
Котельная №6	946,2	4047,548
Котельная №7	295,7	1059,790
Котельная №8	887,1	3885,504
Котельная №10	473,1	1204,092
Котельная №11	248,4	589,035
Котельная №15	82,8	201,076
Котельная №16	414,0	1543,556
Котельная №21	147,9	587,852
Хлебозавод	49,3	295,566
Всего	9985,8	32002,226

## **1.7 Принципиальная схема газоснабжения села**

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

Система состоит из комбинированной сети среднего давления, запитанной от ГРС, которая размещается на юге города и двух комбинированных сетей низкого давления.

Первая сеть низкого давления присоединяется к сети среднего давления при помощи 1 сетевой ГРП и состоит из 4 колец и тупиковых ответвлений.

Вторая сеть низкого давления присоединяется к сети среднего давления при помощи 2 сетевых ГРП и состоит из 7 колец и тупиковых ответвлений.

Третья сеть низкого давления присоединяется к сети среднего давления при помощи 2 сетевых ГРП и состоит из 7 колец и тупиковых ответвлений.

Хлебозавод запитываются от сети низкого давления №1, котельные № 6, 11, 15 запитываются от сети низкого давления №2, котельная №21 запитывается от сети низкого давления №3.

Котельные №7, 8, 10, 16 запитываются от сети среднего давления.

## **1.8 Выбор оптимального количества сетевых ГРП**

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

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

## **1.9 Трассировка газовых сетей в городе**

На территории города Енисейска газопроводы среднего и низкого давления прокладываются под землей.

Вводы газопроводов в жилые дома предусматриваются в нежилые помещения, доступные для осмотра и ремонта газовых систем. Целесообразно 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. Енисейска, для газоснабжения жилого сектора проектируются подземные кольцевые сети низкого давления, тупиковые участки проектируются надземными.

При газификации города Енисейск 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

$$\Delta p = \Delta p_{\text{ТР}} + \Delta p_{\text{М.С.}}, \text{ Па}, \quad (14)$$

где  $\Delta p_{\text{ТР}}$  – потери давления на трение, Па;

$\Delta p_{\text{М.С.}}$  – потери давления в местных сопротивлениях, Па.

Средняя скорость движения газа в газопроводе определяются по формуле

$$w = V/F, \text{ м/м}, \quad (15)$$

где  $V$  – объемный расход газа, м<sup>3</sup>/ч;

$F$  – площадь поперечного сечения участка газопровода, м<sup>2</sup>.

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;

$\nu$  – кинематическая вязкость газа, м<sup>2</sup>/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;

$\lambda$  – безразмерный коэффициент гидравлического трения;

$V$  – объемный расход газа, м<sup>3</sup>/ч;

$d$  – внутренний диаметр газопровода, см;

$\rho$  – плотность газа при нормальных условиях, кг/м<sup>3</sup>;

$l$  – длина газопровода, м.

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

где  $V$  – объемный расход газа, м<sup>3</sup>/ч;

$d$  – внутренний диаметр газопровода, см;

$\nu'$  – кинематическая вязкость газа, м<sup>2</sup>/с.

Турбулентное движение газа в газопроводе может происходить в так называемой зоне гидравлически гладких 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;

$d$  – то же, что и в формуле (17).

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  $\lambda$  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  $4000 < Re < 10000$  по формуле Блазиуса (22) и при  $Re > 10000$  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

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

где  $\sum \Delta P$  – 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  $Q_P$  – расчетный расход газа на участке, м<sup>3</sup>/ч;

$\lambda$  – 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;

$\rho$  – плотность газа при нормальных условиях, кг/м<sup>3</sup>;

$l$  – 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  $\Delta P$  – потери давления на участке, Па;  $Q_P$  – расчетный расход газа на участке, м<sup>3</sup>/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  $\sum \Delta P$  – потери давления в кольце, Па;

$\sum \frac{\Delta P}{Q_P}$  – 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  $\Delta Q_{K_1}^1$  – первый поправочный круговой расход первого кольца, м<sup>3</sup>/ч;

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

$\Delta Q_{K_n}^1$  – первый поправочный круговой расход в n–м кольце, м<sup>3</sup>/ч;

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

При определении величины  $\sum((\Delta P/Q_P)_n \Delta Q_{K_n}^1)$  учитываются все участки соседних колец, попадающих в контур расчетного кольца.

Поправочные круговые расходы для последующих колец сети определяются по формуле

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

где  $\Delta Q_{K_i}^1$  – то же, что и в формуле (28);

$(\Delta P/Q_P)_n$  – то же, что и в формуле (28);

$Q_{K_n}$  – поправочный круговой расход в n–м кольце, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{K_n}^1$  – первый поправочный круговой расход в n–м кольце, м<sup>3</sup>/ч, используется в расчетах, если не определен поправочный круговой расход в данном кольце;

$\sum(\Delta P/Q)_1$  – то же, что и в формуле (28).

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, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{\text{уч}}$  – поправочный круговой расход на участке кольца, м<sup>3</sup>/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  $Q_{K_i}$  – поправочный круговой расход в рассчитываемом кольце,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$Q_{K_n}$  – поправочный круговой расход в соседнем кольце,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , 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 также 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  $A$  – 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,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

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

Удельные потери давления на трение определяется по формуле

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

где  $\Delta P_{доп}$  – допустимые потери давления,  $\text{Па}$ ;

$L$  – расстояние от ГРП до самой удаленной точки,  $\text{м}$ .

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

$d_p$  – расчетный внутренний диаметр участка, см;

$l_{\text{уч}}$  – 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 равномерное 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  $Q_T$  – 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  $Q_{\Pi}$ , а в конце участка 0% от  $Q_{\Pi}$ ;

$Q_{\Pi}$  – 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

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

где  $g_{\text{уд}}$  – 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 питающих контуров (секторов), которые обслуживает данный участок.

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

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

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

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

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

$Q_{П_{i+1}}$  – 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 и 11.2.

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

Номер контура (сектора)	Квартал		Расход газа в питающем контуре (секторе), $\text{м}^3/\text{ч}$	Длина питающего контура (сектора), м	Удельный путевой расход газа питающего контура, $\text{м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}$
	Номер	Расход газа, $\text{м}^3/\text{ч}$			
Контур №1	3	31	200,7	2940	0,0683
	5	169,7			
Контур №2	1	129,9	159,5	2190	0,0728
	2	29,6			
Контур №3	7	92,8	92,8	1420	0,0654
Контур №4	4	39,7	39,7	1130	0,0351
Сектор №1	6	28,3	28,3	510	0,0555

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 <sup>3</sup> /ч	Длина питающего контура (сектора), м	Удельный путевой расход газа питающего контура, м <sup>3</sup> /ч·м
	Номер	Расход газа, м <sup>3</sup> /ч			
Контур №1	11	79,5	408,3	3750	0,1089
	12	58,3			
	13	84,9			
	23	87,5			
	24	98,1			
Контур №2	20	132,6	368,5	1860	0,1981
	21	135,2			
	28	100,7			
Контур №3	25	27,3	478,8	3520	0,1360
	26	37			
	27	103,4			
	32	156,4			
	35	22,1			
	36	132,6			
Контур №4	17	15,8	214,7	2350	0,0914
	22	129,9			
	29	69,0			
Контур №5	30	143,2	516,4	3010	0,1716
	31	148,5			
	33	143,2			
	37	20,5			
	38	61			
Контур №6	9	108,7	445,5	3020	0,1475
	10	87,5			
	15	159,1			
	16	90,2			
Контур №7	8	143,2	360,7	3050	0,1183
	14	82,2			
	18	18,6			
	19	116,7			
Сектор №1	34	23,2	23,3	170	0,1365

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 <sup>3</sup> /ч	Длина питающего контура (сектора), м	Удельный путевой расход газа питающего контура, м <sup>3</sup> /ч·м
	Номер	Расход газа, м <sup>3</sup> /ч			
Контур №1	40	137,9	702,6	2890	0,2431
	41	121,9			
	43	111,4			
	44	82,2			
	47	119,3			
	48	129,9			
Контур №2	62	47,7	47,7	3790	0,0126
Контур №3	39	34,6	416,4	2880	0,1446
	42	114			
	46	108,7			
	53	159,1			
Контур №4	45	103,4	315,4	2170	0,1453
	52	23,7			
	56	188,3			
Контур №5	49	119,3	578,1	3720	0,1554
	50	28,0			
	51	35,7			
	54	198,9			
	55	196,2			
Контур №6	58	48,8	380,5	4190	0,0908
	59	315,6			
	65	16,1			
Контур №7	57	201,6	201,6	1710	0,1179
Сектор №1	66	14,9	139,6	1130	0,1235
	67	124,7			
Сектор №2	64	26,8	26,8	590	0,0454
Сектор №3	63	43,6	43,6	630	0,0692
Сектор №4	61	132,6	132,6	1800	0,0737
Сектор №5	60	119,3	119,3	1640	0,0727

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 <sup>3</sup> /ч·м	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч
1-2	60	Контур №1	0,0683	4,1
2-3	370	Контур №1, контур №4	0,0683+0,0351=0,1034	38,3
3-19	140	Контур №1, контур №4	0,0683+0,0351=0,1034	14,5
4-19	160	Контур №1, контур №4	0,0683+0,0351=0,1034	16,5
4-5	240	Контур №1	0,0683	16,4
5-6	320	Контур №1, сектор №1	0,0683+0,0555=0,1238	39,6
6-7	320	Контур №1	0,0683	21,8
7-20	480	Контур №1	0,0683	32,8
20-21	250	Контур №1	0,0683	17,1
8-21	280	Контур №1	0,0683	19,1
8-9	220	Контур №1, контур №2	0,0683+0,0728=0,1411	31,0
1-9	100	Контур №1	0,0683	6,8
9-25	120	Контур №2	0,0728	8,7
10-25	410	Контур №2	0,0728	29,9
10-11	130	Контур №2	0,0728	9,5
11-22	360	Контур №2	0,0728	26,2
12-22	360	Контур №2	0,0728	26,2
12-23	280	Контур №2	0,0728	20,4
8-23	310	Контур №2	0,0728	8,7
13-14	340	Контур №3	0,0654	22,2
14-15	340	Контур №3	0,0654	22,2
15-16	350	Контур №3	0,0654	22,9
16-17	210	Контур №3	0,0654	13,7
13-17	180	Контур №3, контур №4	0,0654+0,0351=0,1005	18,1
4-24	70	Контур №4	0,0351	2,5
17-24	70	Контур №4	0,0351	2,5
2-13	140	Контур №4	0,0351	4,9
6-18	190	Сектор №1	0,055	10,5

Таблица 12.1 – Расчет путевого расхода газа распределительной сети №2

Номер участка	Длина участка, м	Номер контура (сектора), обслуживаемый участком	Удельный путевой расход газа на участке, м <sup>3</sup> /ч·м	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч
1-2	150	Контур №1	0,1089	16,3
2-3	160	Контур №1, контур №4	0,1089+0,0914=0,2002	32,0
3-4	310	Контур №1, контур №5	0,1089+0,1716=0,2804	4,1
4-5	280	Контур №1, контур №5	0,1089+0,1716=0,2804	38,3
5-6	150	Контур №1	0,1089	16,3
6-7	220	Контур №1	-	-
7-8	180	Контур №1	0,1089	19,6
8-9	280	Контур №1	0,1089	30,5
9-10	480	Контур №1	0,1089	52,3
10-11	90	Контур №1	0,1089	9,8
11-12	440	Контур №1	0,1089	47,9
12-13	200	Контур №1	0,1089	21,8
13-14	390	Контур №1	0,1089	42,5
14-15	240	Контур №1	0,1089	26,1
15-16	170	Контур №1	0,1089	18,5
1-16	230	Контур №1	0,1089	25,0
21-22	190	Контур №2, контур №3	0,1360	25,8
22-23	220	Контур №2, контур №3	0,1981+0,1260=0,3341	73,5
23-24	200	Контур №2, контур №3	0,1981+0,1260=0,3341	66,8
24-25	210	Контур №2, контур №4	0,1981+0,0914=0,2895	60,8
25-26	280	Контур №2, контур №4	0,1981+0,0914=0,2895	81,1
26-27	220	Контур №2, контур №6	0,1981+0,1475=0,3456	76,0
27-28	190	Контур №2, контур №6	0,1981+0,1475=0,3456	65,7
28-29	210	Контур №2, контур №6	0,1981+0,1475=0,3456	72,6
29-30	330	Контур №2, контур №7	0,1981+0,1183=0,3164	104,4
21-30	80	Контур №2, контур №3	0,1360	10,9
30-31	250	Контур №3, контур №7	0,1360+0,1183=0,2543	63,6
31-32	160	Контур №3, контур №7	0,1360+0,1183=0,2543	40,7
32-33	290	Контур №3	0,1360	39,4
33-34	180	Контур №3	0,1360	24,5
34-35	250	Контур №3	0,1360	34,0
35-36	340	Контур №3	0,1360	46,2
36-37	170	Контур №3, сектор №1	0,1360+0,1365=0,2725	46,3
37-38	150	Контур №3	0,1360	20,4
38-39	240	Контур №3	0,1360	32,6
39-40	300	Контур №3	0,1360	40,8
40-41	230	Контур №3, контур №5	0,1360+0,1716=0,3076	70,7
41-42	220	Контур №3, контур №5	0,1360+0,1716=0,3076	67,7
24-42	50	Контур №3, контур №4	0,1360+0,0914=0,2274	11,4

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

Номер участка	Длина участка, м	Номер контура (сектора), обслуживаемый участком	Удельный путевой расход газа на участке, м <sup>3</sup> /ч·м	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч
3-45	240	Контур №4, контур №5	0,0914+0,1716=0,2629	63,1
44-45	160	Контур №4, контур №5	0,0914+0,1716=0,2629	42,1
43-44	240	Контур №4, контур №5	0,0914+0,1716=0,2629	63,1
42-43	30	Контур №4, контур №5	0,0914+0,1716=0,2629	7,9
26-48	200	Контур №4, контур №6	0,0914+0,1475=0,2389	47,8
47-48	210	Контур №4, контур №6	0,0914+0,1475=0,2389	50,2
46-47	150	Контур №4	0,0914	13,7
2-46	420	Контур №4	0,0914	38,4
5-50	310	Контур №5	0,1716	53,2
50-51	490	Контур №5	0,1716	84,1
51-52	160	Контур №5	0,1716	27,4
40-52	340	Контур №5	0,1716	58,3
47-53	390	Контур №6	0,1475	57,5
53-54	280	Контур №6	0,1475	41,3
54-55	230	Контур №6	0,1475	33,9
55-56	270	Контур №6	0,1475	39,8
56-57	310	Контур №6, контур №7	0,1475+0,1183=0,2658	82,4
57-58	200	Контур №6, контур №7	0,1475+0,1183=0,2658	53,2
29-58	310	Контур №6, контур №7	0,1475+0,1183=0,2658	82,4
56-59	330	Контур №7	0,1183	39,0
59-60	320	Контур №7	0,1183	37,8
60-61	290	Контур №7	0,1183	34,3
61-62	220	Контур №7	0,1183	26,0
32-62	330	Контур №7	0,1183	39,0

Таблица 12.2 – Расчет путевого расхода газа распределительной сети №3

Номер участка	Длина участка, м	Номер контура (сектора), обслуживаемый участком	Удельный путевой расход газа на участке, м <sup>3</sup> /ч·м	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч
1-2	60	Контур №1, контур №3	0,2431+0,1446=0,3877	23,3
2-3	290	Контур №1, контур №3	0,2431+0,1446=0,3877	112,4
3-62	100	Контур №1	0,2431	24,3
4-62	160	Контур №1, контур №5	0,2431+0,1554=0,3985	63,8
4-5	90	Контур №1, контур №5	0,2431+0,1554=0,3985	35,9
5-6	150	Контур №1, контур №5	0,2431+0,1554=0,3985	59,8
6-7	280	Контур №1, контур №5	0,2431+0,1554=0,3985	111,6
7-61	170	Контур №1, контур №5	0,2431+0,1554=0,3985	67,7
8-61	130	Контур №1	0,2431	31,6

Продолжение таблицы 12.2 – Расчет путевого расхода газа распределительной сети №3

Номер участка	Длина участка, м	Номер контура (сектора), обслуживаемый участком	Удельный путевой расход газа на участке, м <sup>3</sup> /ч·м	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч
8-9	40	Контур №1	0,2431	9,7
9-10	270	Контур №1	0,2431	65,6
10-11	470	Контур №1	0,2431	114,3
11-12	240	Контур №1	0,2431	58,3
12-13	220	Контур №1, контур №3	0,2431+0,1446=0,3877	85,3
1-13	220	Контур №1, контур №3	0,2431+0,1446=0,3877	85,3
14-15	200	Контур №2, контур №7	0,0126+0,1178=0,1305	26,1
15-16	260	Контур №2	0,0126	3,3
16-17	330	Контур №2, сектор №4	0,0126+0,0737=0,0863	28,5
17-18	390	Контур №2, сектор №4	0,0126+0,0737=0,0863	33,6
18-19	140	Контур №2, сектор №3	0,0126+0,0692=0,0818	11,5
19-20	50	Контур №2	0,0126	0,6
20-21	430	Контур №2, сектор №2	0,0126+0,0454=0,0580	24,9
21-22	160	Контур №2, сектор №2	0,0126+0,0454=0,0580	9,3
22-23	370	Контур №2	0,0126	4,7
23-24	200	Контур №2, контур №6	0,0126+0,0908=0,1034	20,7
24-25	420	Контур №2, контур №6	0,0126+0,0908=0,1034	43,4
25-26	180	Контур №2, контур №6	0,0126+0,0908=0,1034	18,6
26-27	110	Контур №2	0,0126	1,4
27-28	80	Контур №2, контур №7	0,0126	1,0
28-88	70	Контур №2, контур №7	0,0126	0,9
29-88	290	Контур №2, контур №7	0,0126+0,1179=0,1305	37,8
14-29	110	Контур №2, контур №7	0,0126+0,1179=0,1305	14,4
30-31	190	Контур №3	0,1446	27,5
31-32	140	Контур №3	0,1446	20,2
32-33	240	Контур №3	0,1446	34,7
33-34	260	Контур №3	0,1446	37,6
34-35	50	Контур №3	0,1446	7,2
35-36	270	Контур №3	0,1446	39,0
36-37	340	Контур №3	0,1446	49,2
3-37	420	Контур №3	0,1446	60,7
12-38	70	Контур №3	0,1446	10,1
30-38	110	Контур №3	0,1446	15,9
39-40	130	Контур №4	0,1453	18,9
40-41	260	Контур №4	0,1453	37,8
41-42	80	Контур №4	0,1453	11,6
42-43	260	Контур №4	0,1453	37,8
43-44	310	Контур №4	0,1453	45,1



Продолжение таблицы 12.2 – Расчет путевого расхода газа распределительной сети №3

Номер участка	Длина участка, м	Номер контура (сектора), обслуживаемый участком	Удельный путевой расход газа на участке, м <sup>3</sup> /ч·м	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч
44-45	290	Контур №4	0,1453	42,2
45-46	460	Контур №4	0,1453	66,9
39-46	380	Контур №4	0,1453	55,2
47-48	150	Контур №5	0,1554	23,3
48-49	30	Контур №5	0,1554	4,7
49-50	100	Контур №5, контур №6	0,1554+0,908=0,2462	24,6
50-51	260	Контур №5	0,1554	40,4
51-52	270	Контур №5	0,1554	42,0
52-53	400	Контур №5	0,1554	62,2
53-54	340	Контур №5	0,1554	52,8
54-55	60	Контур №5	0,1554	9,3
55-56	100	Контур №5	-	0,0
56-57	190	Контур №5	0,1554	29,5
57-58	260	Контур №5	0,1554	40,4
58-59	290	Контур №5	0,1554	45,1
59-60	230	Контур №5	0,1554	35,7
60-61	150	Контур №5	0,1554	23,3
47-62	140	Контур №5	0,1554	21,8
63-64	190	Контур №6	0,0908	17,3
64-87	90	Контур №6	0,0908	8,2
65-87	70	Контур №6	0,0908	6,4
26-65	240	Контур №6	0,0908	21,8
23-66	310	Контур №6	0,0908	28,2
66-67	300	Контур №6	0,0908	27,2
67-68	140	Контур №6	0,0908	12,7
68-69	130	Контур №6, сектор №1	0,0908+0,1235=0,2144	27,9
69-70	220	Контур №6, сектор №1	0,0908+0,1235=0,2144	47,2
70-71	440	Контур №6	0,0908	40,0
71-72	360	Контур №6	0,0908	32,7
72-73	250	Контур №6	0,0908	22,7
73-74	200	Контур №6	0,0908	18,2
50-74	250	Контур №6	0,0908	22,7
49-63	100	Контур №6	0,0908	9,1
75-76	250	Контур №7	0,1179	29,5
76-77	300	Контур №7	0,1179	35,4
15-77	290	Контур №7	0,1179	34,2
27-75	270	Контур №7	0,1179	31,8
70-78	390	Сектор №1	0,1235	48,2

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

Номер участка	Длина участка, м	Номер контура (сектора), обслуживаемый участком	Удельный путевой расход газа на участке, м <sup>3</sup> /ч·м	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч
68-79	390	Сектор №1	0,1235	48,2
18-80	490	Сектор №3, сектор №4	0,0692+0,0737=0,1429	70
82-83	420	Сектор №5	0,0727	30,6
83-84	320	Сектор №5	0,0727	23,3
84-85	300	Сектор №5	0,0727	21,8
85-86	320	Сектор №5	0,0727	23,3

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

Таблица 13 – Расчет транзитного расхода газа распределительной сети №1

Номер участка	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Номер участка для определения транзитного расхода газа (котельной)	К <sub>д</sub>	Транзитный расход газа, м <sup>3</sup> /ч
1-2	4,1	2-3; 2-13		38,3+4,9+75,2+148,2=266,6
2-3	38,3	3-19		14,5+60,7=75,2
3-19	14,5	4-19		16,5+44,2=60,7
4-19	16,5	4-5	0,5	(16,4+72) · 0,5=44,2
4-5	16,4	5-6		39,6+32,4=72
5-6	39,6	6-7; 6-18		21,8+10,5=32,4
6-7	21,8	-		0
7-20	32,8	-		0
20-21	17,1	7-20		32,8
8-21	19,1	20-21		17,1+32,8=49,8
8-9	31,0	8-21; 8-23		31+22,6+49,8+46,6=138,1
1-9	6,8	8-9; 9-25		31+8,7+138,1+114,8=292,8
9-25	8,7	10-25; 25-26		29,9+35,7+49,3=114,8
10-25	29,9	10-11		9,5+26,2=35,7
10-11	9,5	11-22		26,2
11-22	26,2	-		0
12-22	26,2	-		0
12-23	20,4	12-22		26,2
8-23	22,6	12-23		20,4+26,2=46,6
13-14	22,2	14-15		22,2
14-15	22,2	-		0

Окончание таблицы 13 – Расчет транзитного расхода газа распределительной сети №1

Номер участка	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Номер участка для определения транзитного расхода газа (котельной)	К <sub>д</sub>	Транзитный расход газа, м <sup>3</sup> /ч
15-16	22,9	-		0
16-17	13,7	15-16		22,9
13-17	18,1	16-17; 17-24		13,7+2,5+22,9+46,6=85,7
4-24	2,5	4-5	0,5	(16,4+72) · 0,5=44,2
17-24	2,5	4-24		2,5+44,2=46,6
2-13	4,9	13-17,13-14		18,1+22,2+85,7+22,2=148,2
6-18	10,5	-		0
25-26		-		49,3

Таблица 13.1 – Расчет транзитного расхода газа распределительной сети №2

Номер участка	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Номер участка для определения транзитного расхода газа (котельной)	К <sub>д</sub>	Транзитный расход газа, м <sup>3</sup> /ч
1-2	16,3	2-3; 2-46		32+38,4+700,3+401,5=1172,3
2-3	32,0	3-4; 3-45		86,9+63,1+282,2+268,1=700,3
3-4	86,9	4-5		78,5+203,7=282,2
4-5	78,5	5-6; 5-50		16,3+53,2+50,1+84,1=203,7
5-6	16,3	6-7		50,1
6-7	0,0	7-8		19,6+30,5=50,1
7-8	19,6	8-9		30,5+
8-9	30,5	-		0
9-10	52,3	-		0
10-11	9,8	9-10		52,3
11-12	47,9	10-11		9,8+52,3=62,1
12-13	21,8	11-12		47,9+62,1=110
13-14	42,5	12-13		21,7+110=131,7
14-15	26,1	13-14		42,5+131,7=174,2
15-16	18,5	14-15		26,1+174,2=200,3
1-16	25,0	15-16		18,5+200,3=218,8
21-22	25,8	22-23		73,5+497,3=570,8
22-23	73,5	23-24		66,8+430,5=497,3
23-24	66,8	24-25; 24-42		60,8+11,4+358,3=430,5
24-25	60,8	-		0
25-26	81,1	-		0

Продолжение таблицы 13.1 – Расчет транзитного расхода газа распределительной сети №2

Номер участка	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Номер участка для определения транзитного расхода газа (котельной)	К <sub>д</sub>	Транзитный расход газа, м <sup>3</sup> /ч
26-27	76,0	-		0
27-28	65,7	-		0
28-29	72,6	27-28		65,7
29-30	104,4	28-29; 29-58		72,6+82,4+65,7+147,9=421,7
21-30	10,9	29-30; 30-31		104,4+63,6+421,7+730,5=1320,2
30-31	63,6	31-32		40,7+689,8=730,5
31-32	40,7	32-33; 32-62		39,4+39+204,1+407,3=689,8
32-33	39,4	33-34		24,5+179,6=204,1
33-34	24,5	34-35		34+145,6=179,6
34-35	34,0	35-36		46,2+99,4=145,6
35-36	46,2	36-37		46,3+53=99,4
36-37	46,3	37-38		20,4+32,6=53
37-38	20,4	38-39		32,6
38-39	32,6	-		0
39-40	40,8	-		0
40-41	70,7	39-40; 40-52		40,8+58,3+27,4=126,6
41-42	67,7	40-41		70,7+126,6=197,3
24-42	11,4	41-42; 42-43		67,7+7,9+197,3+85,4=358,3
3-45	63,1	44-45		42,1+226,1=268,1
44-45	42,1	43-44		63,1+163=226,1
43-44	63,1	43-64	0,656	248,4 · 0,656=163
42-43	7,9	43-64	0,344	248,4 · 0,344=85,4
26-48	47,8	25-26; 26-27		81,1+76=157,1
47-48	50,2	26-48		47,8+167,1=204,9
46-47	13,7	47-48; 47-53		50,2+57,5+204,9+75,2=387,8
2-46	38,4	46-47		13,7+387,8=401,5
5-50	53,2	50-51		84,1
50-51	84,1	-		0
51-52	27,4	-		0
40-52	58,3	51-52		27,4
47-53	57,5	53-54		41,3+33,9=75,2
53-54	41,3	54-55		33,9
54-55	33,9	-		0
55-56	39,8	-		0
56-57	82,4	57-63	0,5	295,7 · 0,5=147,9
57-58	53,2	57-63	0,5	295,7 · 0,5=147,9

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

Номер участка	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Номер участка для определения транзитного расхода газа (котельной)	К <sub>д</sub>	Транзитный расход газа, м <sup>3</sup> /ч
29-58	82,4	57-58		53,2+147,9=201
56-59	39,0	55-56; 56-57		39,8+82,4+147,9=270,1
59-60	37,8	56-59		39+270,1=309,1
60-61	34,3	59-60		37,8+309,1=346,9
61-62	26,0	60-61		34,3+346,9=381,2
32-62	39,0	61-62		26+381,2=407,3

Таблица 13.2 – Расчет транзитного расхода газа распределительной сети №3

Номер участка	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Номер участка для определения транзитного расхода газа (котельной)	К <sub>д</sub>	Транзитный расход газа, м <sup>3</sup> /ч
1-2	23,3	2-3		112,4+878,1=990,5
2-3	112,4	3-62; 3-37		24,3+60,7+743,9+49,2=878,1
3-62	24,3	4-62; 47-62		63,8+21,8+526,5+131,9=743,9
4-62	63,8	4-5		35,9+490,6=526,5
4-5	35,9	5-6		59,8+430,8=490,6
5-6	59,8	6-7		111,6+319,2=430,8
6-7	111,6	7-61		67,7+251,5=319,2
7-61	67,7	8-61; 60-61		31,6+23,3+75,4+121,2=251,5
8-61	31,6	8-9		9,7+65,6=75,4
8-9	9,7	9-10		65,6
9-10	65,6	-		0
10-11	114,3	-		0
11-12	58,3	10-11		114,3
12-13	85,3	11-12; 12-38		58,3+10,1+114,3+580,4=763,1
1-13	85,3	12-13		85,3+763,1=848,4
14-15	26,1	15-16; 15-77		3,3+34,2+331,9+35,4=404,7
15-16	3,3	16-17; 16-81		28,5+22,8+140,7+139,9=331,9
16-17	28,5	17-18		33,6+107=140,7
17-18	33,6	18-19; 18-80		11,5+70+25,6=107
18-19	11,5	19-20		0,6+24,9=25,6
19-20	0,6	20-21		24,9
20-21	24,9	-		0
21-22	9,3	-		0

Продолжение таблицы 13.2 – Расчет транзитного расхода газа распределительной сети №3

Номер участка	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Номер участка для определения транзитного расхода газа (котельной)	К <sub>д</sub>	Транзитный расход газа, м <sup>3</sup> /ч
22-23	4,7	21-22		9,3
23-24	20,7	22-23; 23-66		4,7+28,2+9,3+251,3=293,4
24-25	43,4	23-24		20,7+293,4=314,1
25-26	18,6	24-25		43,4+314,1=357,5
26-27	1,4	25-26; 26-65		18,6++357,5+=839,8
27-28	1,0	26-27; 27-75		1,4+31,8+839,8+29,5=902,5
28-88	0,9	27-28		1+902,5=903,5
29-88	37,8	28-88		0,9+903,5=904,4
14-29	14,4	29-88		37,8+904,4=942,3
30-31	27,5	31-32		20,2+434=454,2
31-32	20,2	32-33		34,7+399,2=434,0
32-33	34,7	33-34		37,6+361,7=399,3
33-34	37,6	34-35		7,2+354,4=361,7
34-35	7,2	35-36; 35-39		39+315,4=354,4
35-36	39,0	-		0,0
36-37	49,2	-		0,0
3-37	60,7	36-37		49,2
12-38	10,1	30-38; 38-70		15,9+481,7+82,2=580,4
30-38	15,9	30-31		27,5+454,2=481,7
39-40	18,9	40-41		37,8+136,6=174,4
40-41	37,8	41-42		11,6+125=136,6
41-42	11,6	42-43		37,8+87,2=125,0
42-43	37,8	43-44		45,1+42,2=87,2
43-44	45,1	44-45		42,2
44-45	42,2	-		0
45-46	66,9	-		0
39-46	55,2	45-46		66,9
47-48	23,3	48-49		4,7+103,9=108,6
48-49	4,7	49-50; 49-63	0,291	(24,6+332,5) · 0,291=103,9
49-50	24,6	50-51; 50-74		40,4+22,7+195,8+73,6=332,5
50-51	40,4	51-52		42+153,8=195,8
51-52	42,0	52-53		62,2+91,7=153,8
52-53	62,2	53-54		52,8+38,9=91,7
53-54	52,8	54-55		9,3+29,5=38,9
54-55	9,3	55-56		29,5
55-56	0,0	56-57		29,5

Продолжение таблицы 13.2 – Расчет транзитного расхода газа распределительной сети №3

Номер участка	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Номер участка для определения транзитного расхода газа (котельной)	К <sub>д</sub>	Транзитный расход газа, м <sup>3</sup> /ч
56-57	29,5	-		0
57-58	40,4	-		0
58-59	45,1	57-58		40,4
59-60	35,7	58-59		45,1+40,4=85,5
60-61	23,3	59-60		35,7+85,5=121,2
47-62	21,8	47-48		23,3+108,6=131,9
63-64	17,3	49-63		9,1+253,2=262,3
64-87	8,2	63-64		17,3+262,3=279,5
65-87	6,4	64-87; 87-88		8,2++279,5+147,9=435,6
26-65	21,8	65-87		6,4+435,6=441,9
23-66	28,2	66-67		27,2+224,1=251,3
66-67	27,2	67-68		12,7+211,3=224,1
67-68	12,7	68-69; 68-79		27,9++135,3+48,2=211,3
68-69	27,9	69-70		47,88,1=135,3
69-70	47,2	70-71; 70-78		40+48,1=88,1
70-71	40,0	нет		0
71-72	32,7	нет		0
72-73	22,7	71-72		32,7
73-74	18,2	72-73		22,7+32,7=55,4
50-74	22,7	73-74		18,2+55,4=73,6
49-63	9,1	63-64	0,709	(17,3+262,3)·0,709=253,2
75-76	29,5	нет		0
76-77	35,4	нет		0
15-77	34,2	76-77		35,4
27-75	31,8	75-76		29,5
70-78	48,2			0
68-79	48,2			0
18-80	70,0			0
16-81	22,8	81-82		41+139,9=139,9
81-82	41	82-83		30,6+68,4=98,9
82-83	30,6	83-84		23,3+45,1=68,4
83-84	23,3	84-85		21,8+23,3=45,1
84-85	21,8	85-86		23,3
85-86	23,3			0

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

Номер участка	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Номер участка для определения транзитного расхода газа (котельной)	К <sub>д</sub>	Транзитный расход газа, м <sup>3</sup> /ч
35-39	0	39-40; 39-40		315,4
38-70	0			82,8
87-88	0			147,9

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

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

где  $k_{\Pi}$  – поправочный коэффициент к путевому расходу газа, учитывающий что в начале участка значение путевого расхода газа составляет 100% от  $Q_{\Pi}$ , а в конце участка 0% от  $Q_{\Pi}$ ;

$Q_{\Pi}$  – путевой расход газа на участке, м<sup>3</sup>/ч.

$k_{\text{д}}$  – поправочный коэффициент к транзитному расходу газа, для увязки давлений газа в узловых точках, определяется путем математического (компьютерного) моделирования работы газовой сети низкого давления;

$Q_{\text{Т}}$  – транзитный расход газа на участке, м<sup>3</sup>/ч.

На основании модели произведен расчет расчетного расхода газа в распределительных газопроводах низкого давления, расчет сведен в таблицу 14,14.1 и 14.2.



Таблица 14 – Определение расчетного расхода газа распределительной сети №1

Номер участка	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч	$k_{\Pi}$	Транзитный расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Расчетный расход газа, м <sup>3</sup> /ч
1-2	4,1	0,55	266,6	268,9
2-3	38,3	0,55	75,2	96,2
3-19	14,5	0,55	60,7	68,7
4-19	16,5	0,55	44,2	53,3
4-5	16,4	0,55	72,0	81,0
5-6	39,6	0,55	32,4	54,2
6-7	21,8	0,55	-	12,0
7-20	32,8	0,55	-	18,0
20-21	17,1	0,55	32,8	42,2
8-21	19,1	0,55	49,8	60,3
8-9	31	0,55	138,1	155,2
1-9	6,8	0,55	292,8	296,5
9-25	8,7	0,55	114,8	119,7
10-25	29,9	0,55	35,7	52,1
10-11	9,5	0,55	26,2	31,4
11-22	26,2	0,55	-	14,4
12-22	26,2	0,55	-	14,4
12-23	20,4	0,55	26,2	37,4
8-23	22,6	0,55	46,6	59,0
13-14	22,2	0,55	22,2	34,4
14-15	22,2	0,55	0,0	12,2
15-16	22,9	0,55	0,0	12,6
16-17	13,7	0,55	22,9	30,4
13-17	18,1	0,55	85,7	95,7
4-24	2,5	0,55	44,2	45,5
17-24	2,5	0,55	46,6	48,0
2-13	4,9	0,55	148,2	150,9
6-18	10,5	0,55	-	5,8
25-26			49,3	

Таблица 14.1 – Определение расчетного расхода газа распределительной сети №2

Номер участка	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч	$k_{\Pi}$	Транзитный расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Расчетный расход газа, м <sup>3</sup> /ч
1-2	16,3	0,55	1172,3	1181,2
2-3	32,	0,55	700,3	718,0

Продолжение таблицы 14.1 – Определение расчетного расхода газа распределительной сети №2

Номер участка	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч	$k_{II}$	Транзитный расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Расчетный расход газа, м <sup>3</sup> /ч
3-4	86,9	0,55	282,2	330,0
4-5	78,5	0,55	203,7	246,9
5-6	16,3	0,55	50,1	59,1
6-7		0,55	50,1	50,1
7-8	19,6	0,55	30,5	41,3
8-9	30,5	0,55	-	16,8
9-10	52,3	0,55	0,0	28,7
10-11	9,8	0,55	52,3	57,7
11-12	47,9	0,55	62,1	88,4
12-13	21,78	0,55	110,0	121,9
13-14	42,5	0,55	131,7	155,1
14-15	26,1	0,55	174,2	188,6
15-16	18,5	0,55	200,3	210,5
1-16	25,0	0,55	218,8	232,6
21-22	25,8	0,55	570,8	585,1
22-23	73,5	0,55	497,3	537,8
23-24	66,8	0,55	430,5	467,3
24-25	60,8	0,55	-	33,4
25-26	81,1	0,55	-	44,6
26-27	76,0	0,55	-	41,8
27-28	65,7	0,55	-	36,1
28-29	72,6	0,55	65,7	105,6
29-30	104,4	0,55	421,7	479,1
21-30	10,9	0,55	1320,2	1326,1
30-31	63,6	0,55	730,5	765,5
31-32	40,7	0,55	689,8	712,2
32-33	39,4	0,55	204,1	225,8
33-34	24,5	0,55	179,6	193,1
34-35	34	0,55	145,6	164,3
35-36	46,2	0,55	99,4	124,8
36-37	46,3	0,55	53,0	78,5
37-38	20,4	0,55	32,6	43,9
38-39	32,6	0,55	-	18,0
39-40	40,8	0,55	-	22,4
40-41	70,7	0,55	126,6	165,5
41-42	67,7	0,55	197,3	234,5
24-42	11,4	0,55	358,3	364,6
3-45	63,1	0,55	268,1	302,8

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

Номер участка	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч	$k_{\Pi}$	Транзитный расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Расчетный расход газа, м <sup>3</sup> /ч
44-45	42,1	0,55	226,1	249,2
43-44	63,1	0,55	163,0	197,7
42-43	7,9	0,55	85,4	89,8
26-48	47,8	0,55	157,1	183,4
47-48	50,2	0,55	204,9	232,5
46-47	13,7	0,55	387,8	395,3
2-46	38,4	0,55	401,5	422,6
5-50	53,2	0,55	84,1	113,3
50-51	84,1	0,55	-	46,2
51-52	27,4	0,55	-	15,1
40-52	58,3	0,55	27,4	59,5
47-53	57,5	0,55	75,2	106,9
53-54	41,3	0,55	33,9	56,6
54-55	33,9	0,55	-	18,7
55-56	39,8	0,55	-	21,9
56-57	82,4	0,55	147,9	193,2
57-58	53,2	0,55	147,9	177,1
29-58	82,4	0,55	201,0	246,3
56-59	39	0,55	270,1	291,5
59-60	37,8	0,55	309,1	329,9
60-61	34,3	0,55	346,9	365,8
61-62	26,0	0,55	381,2	395,5
32-62	39,0	0,55	407,3	428,7

Таблица 14.2 – Определение расчетного расхода газа распределительной сети №3

Номер участка	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч	$k_{\Pi}$	Транзитный расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Расчетный расход газа, м <sup>3</sup> /ч
1-2	23,3	0,55	990,5	1003,3
2-3	112,4	0,55	878,1	939,9
3-62	24,3	0,55	743,9	757,2
4-62	63,8	0,55	526,5	561,5
4-5	35,9	0,55	490,6	510,3
5-6	59,8	0,55	430,8	463,7
6-7	111,6	0,55	319,2	380,6
7-61	67,7	0,55	251,5	288,8

Продолжение таблицы 14.2 – Определение расчетного расхода газа распределительной сети №3

Номер участка	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч	$k_{II}$	Транзитный расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Расчетный расход газа, м <sup>3</sup> /ч
8-61	31,6	0,55	75,4	92,7
8-9	9,7	0,55	65,6	71,0
9-10	65,6	0,55	-	36,1
10-11	114,3	0,55	-	62,8
11-12	58,3	0,55	114,3	146,4
12-13	85,3	0,55	763,1	810,0
1-13	85,3	0,55	848,4	895,3
14-15	26,1	0,55	404,7	419,1
15-16	3,3	0,55	331,9	333,7
16-17	28,5	0,55	140,7	156,3
17-18	33,6	0,55	107,0	125,5
18-19	11,5	0,55	25,6	31,9
19-20	0,6	0,55	24,9	25,3
20-21	24,9	0,55	-	13,7
21-22	9,3	0,55	-	5,1
22-23	4,7	0,55	9,3	11,8
23-24	20,7	0,55	293,4	304,8
24-25	43,4	0,55	314,1	338,0
25-26	18,6	0,55	357,5	367,7
26-27	1,4	0,55	839,8	840,6
27-28	1	0,55	902,5	903,1
28-88	0,9	0,55	903,5	904,0
29-88	37,8	0,55	904,4	925,2
14-29	14,4	0,55	942,3	950,2
30-31	27,5	0,55	454,2	469,3
31-32	20,2	0,55	434,0	445,1
32-33	34,7	0,55	399,3	418,3
33-34	37,6	0,55	361,7	382,3
34-35	7,2	0,55	354,4	358,4
35-36	39	0,55	-	21,5
36-37	49,2	0,55	-	27,0
3-37	60,7	0,55	49,2	82,6
12-38	10,1	0,55	580,4	585,9
30-38	15,9	0,55	481,7	490,4
39-40	18,9	0,55	174,4	184,8
40-41	37,8	0,55	136,6	157,4
41-42	11,6	0,55	125,0	131,4
42-43	37,8	0,55	87,2	108,0

Продолжение таблицы 14.2 – Определение расчетного расхода газа распределительной сети №3

Номер участка	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч	$k_{II}$	Транзитный расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Расчетный расход газа, м <sup>3</sup> /ч
43-44	45,1	0,55	42,2	66,9
44-45	42,2	0,55	-	23,2
45-46	66,9	0,55	-	36,8
39-46	55,2	0,55	66,9	97,2
47-48	23,3	0,55	108,6	121,4
48-49	4,7	0,55	103,9	106,5
49-50	24,6	0,55	332,5	346,0
50-51	40,4	0,55	195,8	218,0
51-52	42,0	0,55	153,8	176,9
52-53	62,2	0,55	91,7	125,9
53-54	52,8	0,55	38,9	67,9
54-55	9,3	0,55	29,5	34,7
55-56	-	0,55	29,5	29,5
56-57	29,5	0,55	-	16,2
57-58	40,4	0,55	-	22,2
58-59	45,1	0,55	40,4	65,2
59-60	35,7	0,55	85,5	105,1
60-61	23,3	0,55	121,2	134,0
47-62	21,8	0,55	131,9	143,9
63-64	17,3	0,55	262,3	271,8
64-87	8,2	0,55	279,5	284,0
65-87	6,4	0,55	435,6	439,1
26-65	21,8	0,55	441,9	453,9
23-66	28,2	0,55	251,3	266,8
66-67	27,2	0,55	224,1	239,0
67-68	12,7	0,55	211,3	218,3
68-69	27,9	0,55	135,3	150,6
69-70	47,2	0,55	88,1	114,1
70-71	40	0,55	-	22,0
71-72	32,7	0,55	-	18,0
72-73	22,7	0,55	32,7	45,2
73-74	18,2	0,55	55,4	65,4
50-74	22,7	0,55	73,6	86,0
49-63	9,1	0,55	253,2	258,2
75-76	29,5	0,55	-	16,2
76-77	35,4	0,55	-	19,5
15-77	34,2	0,55	35,4	54,2
27-75	31,8	0,55	29,5	47,0

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

Номер участка	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч	$k_{\Pi}$	Транзитный расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Расчетный расход газа, м <sup>3</sup> /ч
70-78	48,2	0,55	-	26,5
68-79	48,2	0,55	-	26,5
18-80	70,0	0,55	-	38,5
16-81	22,8	0,55	139,9	152,5
81-82	41	0,55	98,9	121,5
82-83	30,6	0,55	68,4	85,2
83-84	23,3	0,55	45,1	57,9
84-85	21,8	0,55	23,3	35,3
85-86	23,3	0,55	-	12,8
35-39	-		315,4	315,4
38-70			82,8	82,8
87-88	-		147,9	147,9

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 <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/QP$
К1	1-2		60	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	268,9	0,0197	256	0,9529
	2-3	К4	370	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	96,2	0,0254	262	2,7196
	3-19	К4	140	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	68,7	0,0277	55	0,7990
	4-19	К4	160	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	53,3	0,0295	40	0,7548
	4-5		240	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	81,0	0,0265	126	1,5500
	5-6		320	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	54,2	0,0294	83	1,5283
	6-7		320	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	12,0	0,0360	5	0,4160
	7-20		480	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	-18,0	0,0387	-18	1,0043
	20-21		250	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	-42,2	0,0313	-42	0,9893
	8-21		280	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	-60,3	0,0286	-88	1,4501
	8-9	К2	220	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	-155,2	0,0226	-359	2,3140
1-9		100	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	-296,5	0,0192	-507	1,7092	
$\Delta = \frac{-187}{0,5 \cdot 1840} \cdot 100\% = -20,32\% ;$ $\Delta Q_k^1 = -\frac{-187}{1,75 \cdot 16,1877} = 6,6 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} ;$ $\Delta Q_k = \frac{6,6 + (2,7196 + 0,7990 + 0,7548) \cdot (-1,1) + 2,314 \cdot 15}{16,1877} = 8,4 \text{ м}^3/\text{ч}.$								$\Sigma-187$	16,1877
								$\Sigma/\Delta P/=1840$	

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)	<i>l</i> , м	<i>d<sub>n</sub></i> x <i>s</i> , мм	<i>d</i> , см	<i>Q<sub>p</sub></i> , м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/QP$
К2	9-25		120	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	-119,7	0,0241	-124	1,0385
	10-25		410	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	-52,1	0,0296	-99	1,9021
	10-11		130	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	-31,4	0,0336	-13	0,4127
	11-22		360	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	-14,4	0,0383	-9	0,5970
	12-22		360	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	14,4	0,0383	9	0,5970
	12-23		280	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	37,4	0,0322	38	1,0136
	8-23		310	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	59,0	0,0287	93	1,5791
	8-9	К1	220	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	155,2	0,0226	359	2,3140
$\Delta = \frac{254}{0,5 \cdot 744} \cdot 100\% = 68,28\% ;$ $\Delta Q_k^1 = -\frac{254}{1,75 \cdot 9,4541} = -15,4 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} ;$ $\Delta Q_k = \frac{-15,4 + 2,3140 \cdot 8,4}{9,4541} = -13,3 \text{ м}^3/\text{ч}.$								$\Sigma 254$	9,4541
								$\Sigma/\Delta P/=744$	



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 <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/QP$
К3	13-14		340	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	34,4	0,0329	40	1,1562
	14-15		340	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	12,2	0,0362	6	0,4522
	15-16		350	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	-12,6	0,0366	-6	0,4838
	16-17		210	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	-30,4	0,0339	-20	0,6507
	13-17	К4	180	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	-95,7	0,0255	-126	1,3169
$\Delta = \frac{-106}{0,5 \cdot 197} \cdot 100\% = 108,01\% ;$ $\Delta Q_k^1 = -\frac{-106}{1,75 \cdot 4,0598} = 15 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} ;$ $\Delta Q_k = \frac{15 + (1,3169 \cdot (-1,1))}{4,0598} = 14,6 \text{ м}^3/\text{ч}.$								$\Sigma -106$	4,0598
								$\Sigma / \Delta P = 197$	

69

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 <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/QP$
К4	2-3	К1	370	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	-96,2	0,0254	-262	2,7196
	3-19	К1	140	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	-68,7	0,0277	-55	0,7990
	4-19	К1	160	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	-53,3	0,0295	-40	0,7548
	4-24		70	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	45,5	0,0307	13	0,2935
	17-24		70	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	48,0	0,0303	15	0,3053
	13-17	К3	180	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	95,7	0,0255	126	1,3169
	2-13		140	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	150,9	0,0227	218	1,4420
$\Delta = \frac{15}{0,5 \cdot 728} \cdot 100\% = 4,06\% ;$ $\Delta Q_k^1 = -\frac{15}{1,75 \cdot 7,6312} = -1,1 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} ;$ $\Delta Q_k = \frac{-1,1 + (2,7196 + 0,7990 + 0,7548) \cdot 8,4 + 1,3169 \cdot 14,6}{7,6312} = 6,1 \text{ м}^3/\text{ч}.$								$\Sigma 15$	7,6312
								$\Sigma/\Delta P/=728$	

На основании четырех приближений определены поправочные расходы, которые занесены в представленную таблицу и используются в окончательных расчетах.

Таблица 16 – Свод поправочных расходов сети низкого давления №1

Наименование показателя	Предварительный	Итерационные приближения				Итого
		1	2	3	4	
Кольцо 1						
Ошибка в кольце, %	-20,3	6,6	1,6	0,2	0,02	
Гидравлическая увязка кольца, м <sup>3</sup> /ч	6,6	-2,1	-0,5	-0,1	0,0	
Поправочный круговой расход в кольце, м <sup>3</sup> /ч	8,4	-1,9	-0,5	-0,1	0,0	5,9
Кольцо 2						
Ошибка в кольце, %	68,3	1,06	0,04	0,01	0,00	
Гидравлическая увязка кольца, м <sup>3</sup> /ч	-15,4	-0,2	0,0	0,0	0,0	
Поправочный круговой расход в кольце, м <sup>3</sup> /ч	-13,3	-0,7	-0,1	0,0	0,0	-14,1

Окончание таблицы 16 – Свод поправочных расходов сети низкого давления №1

Наименование показателя	Предварительный	Итерационные приближения				Итого
		1	2	3	4	
Кольцо 3						
Ошибка в кольце, %	-108,0	-12,1	1,6	0,7	0,1	
Гидравлическая увязка кольца, м <sup>3</sup> /ч	15,0	1,7	-0,2	-0,1	0,0	
Поправочный круговой расход в кольце, м <sup>3</sup> /ч	14,6	1,7	-0,2	-0,1	0,0	16
Кольцо 4						
Ошибка в кольце, %	4,1	0,3	0,01	0,00	0,00	
Гидравлическая увязка кольца, м <sup>3</sup> /ч	-1,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	
Поправочный круговой расход в кольце, м <sup>3</sup> /ч	6,1	-0,9	-0,3	-0,1	0,0	4,8

Давление газа в узловых точках определяется по формуле

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

где  $P_i$  – давление газа в предыдущей узловой точке по ходу движения газа, кПа;

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

Таблица 17 – Гидравлический расчет сети низкого давления №1 (окончательное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{у\text{ч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К1	1-2		60	114,6	268,9	5,9	274,8	0,0196	266	0,9686
	2-3	К4	370	114,6	96,2	1,1	97,3	0,0254	267	2,7420
	3-19	К4	140	114,6	68,7	1,1	69,7	0,0276	56	0,8082
	4-19	К4	160	114,6	53,3	1,1	54,3	0,0293	42	0,7660
	4-5		240	114,6	81,0	5,9	86,9	0,0261	142	1,6341
	5-6		320	114,6	54,2	5,9	60,1	0,0286	99	1,6518
	6-7		320	114,6	12,0	5,9	17,9	0,0387	12	0,6668
	7-20		480	114,6	-18,0	5,9	-12,1	0,0361	-8	0,6309
	20-21		250	114,6	-42,2	5,9	-36,2	0,0325	-32	0,8833
	8-21		280	114,6	-60,3	5,9	-54,4	0,0293	-73	1,3423
	8-9	К2	220	114,6	-155,2	20,0	-135,2	0,0234	-282	2,0867
1-9		100	114,6	-296,5	5,9	-290,6	0,0193	-489	1,6836	
$\Delta Q_k = 5,9 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл.16); $\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 10^7} \cdot 100\% = 0;$									$\Sigma 0$	$\Sigma 15,8642$
									$\Sigma/\Delta P=1768$	

Продолжение таблицы 17 – Гидравлический расчет сети низкого давления №1 (окончательное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{у\text{ч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К2	9-25		120	114,6	-119,7	-14,1	-133,7	0,0234	-151	1,1288
	10-25		410	114,6	-52,1	-14,1	-66,2	0,0279	-151	2,2759
	10-11		130	114,6	-31,4	-14,1	-45,5	0,0307	-25	0,5449
	11-22		360	114,6	-14,4	-14,1	-28,5	0,0345	-30	1,0623
	12-22		360	114,6	14,4	-14,1	0,3	0,7649	0	0,2778
	12-23		280	114,6	37,4	-14,1	23,4	0,0362	17	0,7114
	8-23		310	114,6	59,0	-14,1	44,9	0,0308	58	1,2872
	8-9	К1	220	114,6	155,2	-20,0	135,2	0,0234	282	2,0867
$\Delta Q_k = -14,1 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл.16); $\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 703} \cdot 100\% = 0;$									$\Sigma 0$	$\Sigma 9,3750$
									$\Sigma \Delta P = 703$	

Продолжение таблицы 17 – Гидравлический расчет сети низкого давления №1 (окончательное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{yч}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К3	13-14		340	114,6	34,4	16,0	50,4	0,0299	78	1,5386
	14-15		340	114,6	12,2	16,0	28,2	0,0346	28	0,9950
	15-16		350	114,6	-12,6	16,0	3,4	0,0758	1	0,2701
	16-17		210	114,6	-30,4	16,0	-14,5	0,0383	-5	0,3492
	13-17	К4	180	114,6	-95,7	11,1	-84,5	0,0263	-101	1,2003
$\Delta Q_k = 16 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл.16); $\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 214} \cdot 100\% = 0;$									$\sum 0$	$\sum 4,3532$
									$\sum \Delta P = 214$	

Окончание таблицы 17 – Гидравлический расчет сети низкого давления №1 (окончательное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{\text{уч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К4	2-3	К1	370	114,6	-96,2	-1,1	-97,3	0,0254	-267	2,7420
	3-19	К1	140	114,6	-68,7	-1,1	-69,7	0,0276	-56	0,8082
	4-19	К1	160	114,6	-53,3	-1,1	-54,3	0,0293	-42	0,7660
	4-24		70	114,6	45,5	4,9	50,4	0,0299	16	0,3167
	17-24		70	114,6	48,0	4,9	52,8	0,0295	17	0,3282
	13-17	К3	180	114,6	95,7	-11,1	84,5	0,0263	101	1,2003
	2-13		140	114,6	150,9	4,9	155,8	0,0225	230	1,4767
$\Delta Q_k = 4,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл.16); $\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 749} \cdot 100\% = 0.$									$\sum 0$	$\sum 7,6381$
									$\sum \Delta P = 749$	



Таблица 18 – Результаты гидравлического расчета кольцевой сети низкого давления №1

Номер участка	$Q_H, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_K, \text{ м}^3/\text{ч}$	$P_H, \text{ кПа}$	$P_K, \text{ кПа}$
1-2	276,6	272,5	5,000	4,734
2-3	114,5	76,3	4,734	4,467
3-19	76,3	61,8	4,467	4,411
4-19	61,8	45,2	4,411	4,369
4-5	94,3	77,9	4,369	4,227
5-6	77,9	38,3	4,227	4,128
6-7	27,8	5,9	4,128	4,116
7-20	26,8	-5,9	4,124	4,116
20-21	43,9	26,8	4,156	4,124
8-21	63,0	43,9	4,229	4,156
8-9	149,2	118,1	4,511	4,229
1-9	293,7	286,8	5,000	4,511
9-25	137,7	128,9	4,511	4,360
10-25	79,6	49,8	4,360	4,209
10-11	49,8	40,3	4,209	4,184
11-22	40,3	14,1	4,184	4,154
12-22	12,1	-14,1	4,154	4,154
12-23	32,5	12,1	4,171	4,154
8-23	55,1	32,5	4,229	4,171
13-14	60,4	38,2	4,504	4,426
14-15	38,2	16,0	4,426	4,398
15-16	16,0	-6,9	4,398	4,397
16-17	20,6	6,9	4,402	4,397
13-17	92,7	74,6	4,504	4,402
4-24	51,5	49,0	4,385	4,369
17-24	54,0	51,5	4,402	4,385
2-13	158,0	153,1	4,734	4,504

Таблица 19 – Гидравлический расчет тупиковых ответвлений сети низкого давления №1

Номер участка	$l$ , м	$d_n \times s$ , мм	$d$ , см	$Q_P$ , м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$P_H$ , кПа	$P_K$ , кПа
6-18	190	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-63x5,8	51,4	10,5	0,0375	131	4,128	3,997

Таблица 20 – 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 <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/Q_P$
К1	1-2		150	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	1181,2	0,0162	562	0,4755
	2-3	К4	160	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	718,0	0,0180	245	0,3417
	3-4	К5	310	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	330,0	0,0216	121	0,3659
	4-5	К5	280	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	246,9	0,0232	66	0,2658
	5-6		150	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	59,1	0,0332	3	0,0487
	6-7		220	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	50,1	0,0346	3	0,0631
	7-8		180	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	41,3	0,0363	2	0,0447
	8-9		280	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	16,8	0,0332	0	0,0258
	9-10		480	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-28,7	0,0398	-3	0,0908
	10-11		90	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-57,7	0,0334	-2	0,0287
	11-12		440	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-88,4	0,0300	-17	0,1934
	12-13		200	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-121,9	0,0277	-14	0,1119
	13-14		390	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-155,1	0,0261	-41	0,2613

Продолжение таблицы 20– Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (предварительное распределение потоков)

K1	14-15		240	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-188,6	0,0248	-35	0,1862
	15-16		170	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-210,5	0,0242	-30	0,1432
	1-16		230	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-232,6	0,0236	-49	0,2088
$\Delta = \frac{812}{0,5 \cdot 1191} \cdot 100\% = 136,4\% ;$ $\Delta Q_k^1 = -\frac{812}{1,75 \cdot 2,8555} = -162,6 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} ;$ $\Delta Q_k = \frac{-162,6 + (0,3417 \cdot (-7,2) + (0,3659 + 0,2658) \cdot (-7))}{2,8555} = -165 \text{ м}^3/\text{ч}.$								$\Sigma 812$	2,8555
								$\Sigma/\Delta P/=1191$	
Номер контура (кольца)	Характеристика участков					Предварительное распределение потоков			
	Номер	Номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d_n \times s, \text{ мм}$	$d, \text{ см}$	$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
K2	21-22	K3	190	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	585,1	0,0187	202	0,3445
	22-23	K3	220	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	537,8	0,0191	201	0,3745
	23-24	K3	200	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	467,3	0,0198	143	0,3064
	24-25	K4	210	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	33,4	0,0383	1	0,0445
	25-26	K4	280	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-44,6	0,0356	-3	0,0736
	26-27	K6	220	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	41,8	0,0362	2	0,0552
	27-28	K6	190	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-36,1	0,0376	-2	0,0427

Продолжение таблицы 20– Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (предварительное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков					Предварительное распределение потоков				
	Номер	Номер соседнего контура (кольца)	<i>l</i> , м	<i>d<sub>n</sub></i> x <i>s</i> , мм	<i>d</i> , см	<i>Q<sub>p</sub></i> , м <sup>3</sup> /ч	<i>λ</i>	<i>ΔP</i> , Па	<i>ΔP/QP</i>	
К2	28-29	К6	210	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-105,6	0,0287	-11	0,1054	
	29-30	К7	330	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-479,1	0,0197	-247	0,5151	
	21-30	К3	80	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-1326,1	0,0158	-369	0,2782	
$\Delta = \frac{-82}{0,5 \cdot 1182} \cdot 100\% = -13,84\% ;$ $\Delta Q_k^1 = -\frac{-82}{1,75 \cdot 2,1404} = 21,8 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} ;$ $\Delta Q_k = \frac{21,8 + (0,3445 + 0,3745 + 0,30,64 + 0,2782) \cdot (-86,5) + (0,0445 + 0,0736) \cdot (-7,2) + (0,0552 + 0,0427 + 0,1054) \cdot 31,6 + 0,2782 \cdot 151,8}{2,1401} = 8,3 \text{ м}^3/\text{ч}.$								Σ-82	Σ/ΔP/=1182	2,1401

Продолжение таблицы 20– 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 <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/QP$
К3	21-30	К2	80	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	1326,1	0,0158	369	0,2782
	30-31	К7	250	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	765,5	0,0177	430	0,5615
	31-32	К7	160	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	712,2	0,0178	239	0,3362
	32-33		290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	225,8	0,0237	58	0,2575
	33-34		180	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	193,1	0,0247	27	0,1421
	34-35		250	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	164,3	0,0257	29	0,1749
	35-36		340	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	124,8	0,0275	24	0,1935
	36-37		170	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	78,5	0,0309	5	0,0684
	37-38		150	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	43,9	0,0358	2	0,0390
	38-39		240	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	18,0	0,0340	0	0,0242
	39-40		300	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-22,4	0,0366	-1	0,0408
40-41	К5	230	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-165,5	0,0257	-27	0,1618	

Продолжение таблицы 20– 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 <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/QP$
К3	41-42	К5	220	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-234,5	0,0235	-47	0,2010
	24-42	К4	50	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-364,6	0,0211	-23	0,0636
	23-24	К2	200	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-467,3	0,0198	-143	0,3064
	22-23	К2	220	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-537,8	0,0191	-201	0,3745
	21-22	К2	190	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-585,1	0,0187	-202	0,3445
$\Delta = \frac{540}{0,5 \cdot 1828} \cdot 100\% = 59,08\% ;$ $\Delta Q_k^1 = -\frac{540}{1,75 \cdot 3,5682} = -86,5 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} ;$ $\Delta Q_k = \frac{-86,5 + (0,2782 + 0,3064 + 0,3745 + 0,3445) \cdot 8,3 + 0,0636 \cdot (-7,2) + (0,1618 + 0,2010) \cdot (-7) + (0,5615 + 0,3362) \cdot 151,8}{3,5682} =$ $= -165 \text{ м}^3/\text{ч}.$								$\Sigma 540$	3,5682
								$\Sigma/\Delta P/=1828$	

Продолжение таблицы 20 – Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (предварительное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков					Предварительное распределение потоков			
	Номер	Номер соседнего контура (кольца)	<i>l</i> , м	<i>d<sub>n</sub></i> x <i>s</i> , мм	<i>d</i> , см	<i>Q<sub>p</sub></i> , м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/QP$
К4	2-3	К1	160	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-718,0	0,0180	-245	0,3417
	3-45	К5	240	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-302,8	0,0221	-80	0,2656
	44-45	К5	160	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-249,2	0,0232	-38	0,1530
	43-44	К5	240	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-197,7	0,0246	-38	0,1929
	42-43	К5	30	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	89,8	0,0299	1	0,0133
	24-42	К3	50	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	364,6	0,0211	23	0,0636
	24-25	К2	210	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-33,4	0,0383	-1	0,0445
	25-26	К2	280	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	44,6	0,0356	3	0,0736
	26-48	К6	200	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	183,4	0,0250	28	0,1519
	47-48	К6	210	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	232,5	0,0236	44	0,1906
	46-47		150	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	395,3	0,0206	80	0,2027
2-46		420	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	422,6	0,0203	252	0,5967	
$\Delta = \frac{29}{0,5 \cdot 836} \cdot 100\% = 6,87\% ;$ $\Delta Q_k^1 = -\frac{29}{1,75 \cdot 2,2901} = -7,2 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} ;$ $\Delta Q_k = \frac{-7,2 + (0,3417 \cdot (-165) + (0,0445 + 0,0736) \cdot 8,3 + 0,0636 \cdot (-46,1) + (0,2656 + 0,1929 + 0,1530 + 0,0133) \cdot (-7) + (0,1519 + 0,1906) \cdot 31,6}{2,2901} = -33,3 \text{ м}^3/\text{ч}.$								$\Sigma 29$	2,2901
								$\Sigma/\Delta P/=836$	

Продолжение таблицы 20 – Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (предварительное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков					Предварительное распределение потоков			
	Номер	Номер соседнего контура (кольца)	<i>l</i> , м	<i>d<sub>n</sub></i> x <i>s</i> , мм	<i>d</i> , см	<i>Q<sub>p</sub></i> , м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/QP$
К5	3-4	К1	310	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-330,0	-121	0,3659	0,0216
	4-5	К1	280	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-246,9	-66	0,2658	0,0232
	5-50		310	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-113,3	-19	0,1641	0,0282
	50-51		490	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-46,2	-6	0,1324	0,0353
	51-52		160	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	15,1	0	0,0128	0,0320
	40-52		340	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	59,5	7	0,1111	0,0331
	40-41	К3	230	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	165,5	27	0,1618	0,0257
	41-42	К3	220	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	234,5	47	0,2010	0,0235
	42-43	К4	30	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-89,8	-1	0,0133	0,0299
	43-44	К4	240	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	197,7	38	0,1929	0,0246
	44-45	К4	160	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	249,2	38	0,1530	0,0232
3-45	К4	240	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	302,8	80	0,2656	0,0221	
$\Delta = \frac{25}{0,5 \cdot 450} \cdot 100\% = 11,17\% ;$ $\Delta Q_k^1 = -\frac{25}{1,75 \cdot 2,0396} = -7 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} ;$ $\Delta Q_k = \frac{-7 + (0,3659 + 0,2658) \cdot (-165) + (0,1618 + 0,2010) \cdot (-46,1) + (0,0133 + 0,1929 + 0,1530 + 0,2656) \cdot (-29,8)}{2,0396} = -75,5 \text{ м}^3/\text{ч}.$								$\Sigma 25$	2,0396
								$\Sigma/\Delta P/=450$	



Продолжение таблицы 20 – Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (предварительное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков					Предварительное распределение потоков			
	Номер	Номер соседнего контура (кольца)	<i>l</i> , м	<i>d<sub>n</sub></i> x <i>s</i> , мм	<i>d</i> , см	<i>Q<sub>p</sub></i> , м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/QP$
К6	28-29	К2	210	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	105,6	0,0287	11	0,1054
	27-28	К2	190	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	36,1	0,0376	2	0,0427
	26-27	К2	220	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-41,8	0,0362	-2	0,0552
	26-48	К4	200	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-183,4	0,0250	-28	0,1519
	47-48	К4	210	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-232,5	0,0236	-44	0,1906
	47-53		390	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	106,9	0,0286	21	0,1976
	53-54		280	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	56,6	0,0336	5	0,0881
	54-55		230	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	18,7	0,0344	0	0,0244
	55-56		270	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-21,9	0,0363	-1	0,0355
	56-57	К7	310	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	193,2	0,0247	47	0,2448
	57-58	К7	200	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-177,1	0,0252	-26	0,1480
29-58	К7	310	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-246,3	0,0232	-72	0,2938	
$\Delta = \frac{-87}{0,5 \cdot 260} \cdot 100\% = -67,05\% ;$ $\Delta Q_k^1 = -\frac{-87}{1,75 \cdot 1,5781} = 31,6 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} ;$ $\Delta Q_k = \frac{-67,05 + (0,1054 + 0,0427 + 0,0552) \cdot 8,3 + (0,1519 + 0,1906) \cdot (-29,8) + (0,2448 + 0,1480 + 0,2938) \cdot 151,8}{1,5781} = 92,2 \text{ м}^3/\text{ч}.$								$\Sigma-87$	1,5781
								$\Sigma/\Delta P/=260$	

Окончание таблицы 20 – 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 <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/QP$
К7	29-30	К2	330	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	479,1	0,0197	247	0,5151
	29-58	К6	310	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	246,3	0,0232	72	0,2938
	57-58	К6	200	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	177,1	0,0252	26	0,1480
	46-57	К6	310	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-193,2	0,0247	-47	0,2448
	56-59		330	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-291,5	0,0223	-103	0,3549
	59-60		320	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-329,9	0,0216	-125	0,3776
	60-61		290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-365,8	0,0211	-135	0,3698
	61-62		220	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-395,5	0,0206	-118	0,2974
	32-62		330	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-428,7	0,0202	-203	0,4739
	31-32	К3	160	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-712,2	0,0178	-239	0,3362
30-31	К3	250	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	-765,5	0,0177	-430	0,5615	
$\Delta = \frac{-1055}{0,5 \cdot 1746} \cdot 100\% = -120,89\% ;$ $\Delta Q_k^1 = -\frac{-1055}{1,75 \cdot 3,9732} = 151,8 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} ;$ $\Delta Q_k = \frac{-120,89 + 0,5151 \cdot 8,3 + (0,3362 + 0,5615) \cdot (-46,1) + (0,2938 + 0,1480 + 0,2448) \cdot 92,2}{1,5781} = 158,4 \text{ м}^3/\text{ч}.$								$\Sigma -1055$	3,9732
								$\Sigma/\Delta P=1746$	

Таблица 21 – Свод поправочных расходов сети низкого давления №2

Наименование показателя	Предварительный	Итерационные приближения									Итого
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Кольцо 1											
Ошибка в кольце, %	136,4	-11,0	-0,4	-0,4	-0,2	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	
Гидравлическая увязка кольца, м³/ч	-162,6	11,5	0,5	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	
Поправочный круговой расход в кольце, м³/ч	-165,0	11,0	0,6	0,5	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	-152,4
Кольцо 2											
Ошибка в кольце, %	-13,8	-18,4	-7,1	-3,1	-1,5	-0,7	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	
Гидравлическая увязка кольца, м³/ч	21,8	31,2	12,1	5,3	2,5	1,2	0,6	0,3	0,1	0,1	
Поправочный круговой расход в кольце, м³/ч	8,3	28,4	13,8	6,4	3,1	1,5	0,7	0,4	0,2	0,1	62,8
Кольцо 3											
Ошибка в кольце, %	59,1	8,7	-1,5	-1,1	-0,6	-0,3	-0,1	-0,1	0,0	0,0	
Гидравлическая увязка кольца, м³/ч	-86,5	-11,8	2,0	1,5	0,8	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	
Поправочный круговой расход в кольце, м³/ч	-46,1	4,2	8,0	4,2	2,1	1,0	0,5	0,2	0,1	0,1	-25,6

Продолжение таблицы 21 – Свод поправочных расходов сети низкого давления №2

Наименование показателя	Предварительный	Итерационные приближения									Итого
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Кольцо 4											
Ошибка в кольце, %	6,9	16,1	-1,6	-1,0	-0,5	-0,3	-0,1	-0,1	0,0	0,0	
Гидравлическая увязка кольца, м <sup>3</sup> /ч	-7,2	-14,8	1,5	0,9	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	
Поправочный круговой расход в кольце, м <sup>3</sup> /ч	-29,8	-10,4	3,2	1,9	1,0	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	-33,3
Кольцо 5											
Ошибка в кольце, %	11,2	-9,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Гидравлическая увязка кольца, м <sup>3</sup> /ч	-7,0	4,9	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Поправочный круговой расход в кольце, м <sup>3</sup> /ч	-75,5	5,4	2,4	1,4	0,7	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	-65,0
Кольцо 6											
Ошибка в кольце, %	-67,0	4,2	-5,6	-4,0	-2,0	-1,0	-0,5	-0,2	-0,1	-0,1	
Гидравлическая увязка кольца, м <sup>3</sup> /ч	31,6	-2,2	3,0	2,2	1,1	0,6	0,3	0,1	0,1	0,0	
Поправочный круговой расход в кольце, м <sup>3</sup> /ч	92,2	8,4	5,5	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,0	112,3

Окончание таблицы 21 – Свод поправочных расходов сети низкого давления №2

Наименование показателя	Предварительный	Итерационные приближения									Итого	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Кольцо 4												
Ошибка в кольце, %	-120,9	-17,1	-0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Гидравлическая увязка кольца, м <sup>3</sup> /ч	151,8	18,1	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Поправочный круговой расход в кольце, м <sup>3</sup> /ч	158,4	26,4	6,4	3,0	1,5	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0	197,0	

Таблица 22 – Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (окончательное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P$ , м <sup>3</sup> /ч	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l$ , м	$d$ , см		$Q_{у\ч}$ , м <sup>3</sup> /ч	$Q_P^{\Pi}$ , м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/Q_P$
К1	1-2		150	204,6	1181,2	-152,4	1028,8	0,0167	438	0,4259
	2-3	К4	160	204,6	718,0	-119,1	598,8	0,0186	177	0,2952
	3-4	К5	310	204,6	330,0	-87,4	242,6	0,0233	70	0,2905
	4-5	К5	280	204,6	246,9	-87,4	159,5	0,0259	31	0,1916
	5-6		150	204,6	59,1	-152,4	-93,3	0,0296	-6	0,0687
	6-7		220	204,6	50,1	-152,4	-102,3	0,0289	-11	0,1079
	7-8		180	204,6	41,3	-152,4	-111,1	0,0284	-10	0,0939
	8-9		280	204,6	16,8	-152,4	-135,6	0,0270	-23	0,1696
	9-10		480	204,6	-28,7	-152,4	-181,1	0,0251	-65	0,3613

Продолжение таблицы 22 – Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (окончательное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{вч}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^H, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К1	10-11		90	204,6	-57,7	-152,4	-210,0	0,0242	-16	0,0757
	11-12		440	204,6	-88,4	-152,4	-240,8	0,0234	-99	0,4100
	12-13		200	204,6	-121,9	-152,4	-274,3	0,0226	-56	0,2055
	13-14		390	204,6	-155,1	-152,4	-307,5	0,0220	-134	0,4365
	14-15		240	204,6	-188,6	-152,4	-341,0	0,0214	-99	0,2903
	15-16		170	204,6	-210,5	-152,4	-362,9	0,0211	-78	0,2155
	1-16		230	204,6	-232,6	-152,4	-385,0	0,0208	-117	0,3047
$\Delta Q_k = -152,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл.21); $\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 1432} \cdot 100\% = 0;$									$\Sigma 0$	$\Sigma 3,9428$
									$\Sigma/\Delta P=1432$	
Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{вч}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^H, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К2	21-22	К3	190	204,6	585,1	88,4	673,5	0,0181	258	0,3829
	22-23	К3	220	204,6	537,8	88,4	626,2	0,0184	263	0,4198
	23-24	К3	200	204,6	467,3	88,4	555,7	0,0190	194	0,3489
	24-25	К4	210	204,6	33,4	96,1	129,5	0,0273	16	0,1229
	25-26	К4	280	204,6	-44,6	96,1	51,5	0,0344	4	0,0821

Продолжение таблицы 22 – Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (окончательное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{VЧ}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К2	26-27	К6	220	204,6	41,8	-49,5	-7,7	0,0597	0	0,0167
	27-28	К6	190	204,6	-36,1	-49,5	-85,6	0,0303	-7	0,0815
	28-29	К6	210	204,6	-105,6	-49,5	-155,1	0,0261	-22	0,1407
	29-30	К7	330	204,6	-479,1	-134,2	-613,2	0,0185	-380	0,6199
	21-30	К3	80	204,6	-1326,1	88,4	-1237,7	0,0161	-326	0,2632
$\Delta Q_k = 62,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл.21); $\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 1470} \cdot 100\% = 0;$									$\Sigma 0$	$\Sigma 2,4786$
									$\Sigma \Delta P = 1470$	
Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{VЧ}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К3	21-30	К2	80	204,6	1326,1	-88,4	1237,7	0,0161	326	0,2632
	30-31	К7	250	204,6	765,5	-222,6	542,9	0,0191	233	0,4286
	31-32	К7	160	204,6	712,2	-222,6	489,6	0,0196	124	0,2539
	32-33		290	204,6	225,8	-25,6	200,2	0,0245	47	0,2353
	33-34		180	204,6	193,1	-25,6	167,5	0,0256	21	0,1277
	34-35		250	204,6	164,3	-25,6	138,7	0,0268	21	0,1540

Продолжение таблицы 22 – Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (окончательное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{\text{вч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К3	35-36		340	204,6	124,8	-25,6	99,2	0,0292	16	0,1629
	36-37		170	204,6	78,5	-25,6	52,9	0,0341	3	0,0509
	37-38		150	204,6	43,9	-25,6	18,3	0,0342	0	0,0155
	38-39		240	204,6	18,0	-25,6	-7,6	0,0600	0	0,0182
	39-40		300	204,6	-22,4	-25,6	-48,0	0,0350	-4	0,0834
	40-41	К5	230	204,6	-165,5	39,4	-126,1	0,0275	-17	0,1319
	41-42	К5	220	204,6	-234,5	39,4	-195,1	0,0246	-34	0,1751
	24-42	К4	50	204,6	-364,6	7,7	-356,9	0,0212	-22	0,0626
	23-24	К2	200	204,6	-467,3	-88,4	-555,7	0,0190	-194	0,3489
	22-23	К2	220	204,6	-537,8	-88,4	-626,2	0,0184	-263	0,4198
21-22	К2	190	204,6	-585,1	-88,4	-673,5	0,0181	-258	0,3829	
$\Delta Q_k = -25,6 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл.21); $\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 1584} \cdot 100\% = 0;$									$\Sigma 0$	$\Sigma 3,3149$
									$\Sigma/\Delta P=1584$	



Продолжение таблицы 22 – Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (окончательное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{\text{вч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К4	2-3	К1	160	204,6	-718,0	119,1	-598,8	0,0186	-177	0,2952
	3-45	К5	240	204,6	-302,8	31,8	-271,1	0,0227	-66	0,2444
	44-45	К5	160	204,6	-249,2	31,8	-217,4	0,0240	-30	0,1381
	43-44	К5	240	204,6	-197,7	31,8	-165,9	0,0257	-28	0,1691
	42-43	К5	30	204,6	89,8	31,8	121,6	0,0277	2	0,0167
	24-42	К3	50	204,6	364,6	-7,7	356,9	0,0212	22	0,0626
	24-25	К2	210	204,6	-33,4	-96,1	-129,5	0,0273	-16	0,1229
	25-26	К2	280	204,6	44,6	-96,1	-51,5	0,0344	-4	0,0821
	26-48	К6	200	204,6	183,4	-145,6	37,8	0,0371	2	0,0465
	47-48	К6	210	204,6	232,5	-145,6	86,9	0,0302	8	0,0911
	46-47		150	204,6	395,3	-33,3	362,1	0,0211	69	0,1898
2-46		420	204,6	422,6	-33,3	389,3	0,0207	218	0,5612	
$\Delta Q_k = -33,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл.21); $\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 643} \cdot 100\% = 0;$									$\Sigma 0$	$\Sigma 2,0196$
									$\Sigma/\Delta P=643$	

Продолжение таблицы 22 – Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (окончательное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{вч}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^H, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К5	3-4	К1	310	204,6	-330,0	87,4	-242,6	0,0233	-70	0,2905
	4-5	К1	280	204,6	-246,9	87,4	-159,5	0,0259	-31	0,1916
	5-50		310	204,6	-113,3	-65,0	-178,3	0,0252	-41	0,2306
	50-51		490	204,6	-46,2	-65,0	-111,3	0,0283	-28	0,2559
	51-52		160	204,6	15,1	-65,0	-49,9	0,0346	-2	0,0458
	40-52		340	204,6	59,5	-65,0	-5,5	0,0834	0	0,0258
	40-41	К3	230	204,6	165,5	-39,4	126,1	0,0275	17	0,1319
	41-42	К3	220	204,6	234,5	-39,4	195,1	0,0246	34	0,1751
	42-43	К4	30	204,6	-89,8	-31,8	-121,6	0,0277	-2	0,0167
	43-44	К4	240	204,6	197,7	-31,8	165,9	0,0257	28	0,1691
	44-45	К4	160	204,6	249,2	-31,8	217,4	0,0240	30	0,1381
3-45	К4	240	204,6	302,8	-31,8	271,1	0,0227	66	0,2444	
$\Delta Q_k = -65,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл.21); $\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 350} \cdot 100\% = 0;$									$\Sigma 0$	$\Sigma 1,9155$
									$\Sigma/\Delta P=350$	

Продолжение таблицы 22 – Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (окончательное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{\text{вч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К6	28-29	К2	210	204,6	105,6	49,5	155,1	0,0261	22	0,1407
	27-28	К2	190	204,6	36,1	49,5	85,6	0,0303	7	0,0815
	26-27	К2	220	204,6	-41,8	49,5	7,7	0,0597	0	0,0167
	26-48	К4	200	204,6	-183,4	145,6	-37,8	0,0371	-2	0,0465
	47-48	К4	210	204,6	-232,5	145,6	-86,9	0,0302	-8	0,0911
	47-53		390	204,6	106,9	112,3	219,2	0,0239	74	0,3387
	53-54		280	204,6	56,6	112,3	169,0	0,0255	34	0,2000
	54-55		230	204,6	18,7	112,3	131,0	0,0272	18	0,1358
	55-56		270	204,6	-21,9	112,3	90,4	0,0299	11	0,1207
	56-57	К7	310	204,6	193,2	-84,7	108,5	0,0285	17	0,1589
	57-58	К7	200	204,6	-177,1	-84,7	-261,7	0,0229	-52	0,1984
29-58	К7	310	204,6	-246,3	-84,7	-331,0	0,0216	-121	0,3667	
$\Delta Q_k = 121,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл.21); $\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 366} \cdot 100\% = 0;$									$\Sigma 0$	$\Sigma 1,8956$
									$\Sigma/\Delta P=366$	

Окончание таблицы 22 – Гидравлический расчет сети низкого давления №2 (окончательное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{VЧ}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^H, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К7	29-30	К2	330	204,6	479,1	134,2	613,2	0,0185	380	0,6199
	29-58	К6	310	204,6	246,3	84,7	331,0	0,0216	121	0,3667
	57-58	К6	200	204,6	177,1	84,7	261,7	0,0229	52	0,1984
	46-57	К6	310	204,6	-193,2	84,7	-108,5	0,0285	-17	0,1589
	56-59		330	204,6	-291,5	197,0	-94,5	0,0295	-14	0,1525
	59-60		320	204,6	-329,9	197,0	-132,9	0,0271	-25	0,1910
	60-61		290	204,6	-365,8	197,0	-168,8	0,0255	-35	0,2070
	61-62		220	204,6	-395,5	197,0	-198,6	0,0245	-35	0,1774
	32-62		330	204,6	-428,7	197,0	-231,7	0,0236	-69	0,2988
	31-32	К3	160	204,6	-712,2	222,6	-489,6	0,0196	-124	0,2539
30-31	К3	250	204,6	-765,5	222,6	-542,9	0,0191	-233	0,4286	
$\Delta Q_k = 197,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл.21); $\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 1107} \cdot 100\% = 0;$									$\Sigma 0$	$\Sigma 3,0530$
									$\Sigma/\Delta P=1107$	

Таблица 23 – Результаты гидравлического расчета кольцевой сети низкого давления №2

Номер участка	$Q_H, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_K, \text{ м}^3/\text{ч}$	$P_H, \text{ кПа}$	$P_K, \text{ кПа}$
1-2	1036,2	1019,9	5,000	4,562
2-3	613,3	581,2	4,562	4,385
3-4	281,8	194,8	4,385	4,314
4-5	194,8	116,3	4,314	4,284
5-6	102,3	86,0	4,290	4,284
6-7	102,3	102,3	4,301	4,290
7-8	121,9	102,3	4,312	4,301
8-9	152,4	121,9	4,335	4,312
9-10	204,7	152,4	4,400	4,335
10-11	214,5	204,7	4,416	4,400
11-12	262,4	214,5	4,515	4,416
12-13	284,1	262,4	4,571	4,515
13-14	326,6	284,1	4,705	4,571
14-15	352,7	326,6	4,804	4,705
15-16	371,3	352,7	4,883	4,804
1-16	396,3	371,3	5,000	4,883
21-22	685,1	659,2	5,000	4,742
22-23	659,2	585,7	4,742	4,479
23-24	585,7	518,9	4,479	4,285
24-25	156,8	96,0	4,285	4,270
25-26	96,0	15,0	4,270	4,265
26-27	49,6	-26,5	4,265	4,265
27-28	115,2	49,6	4,272	4,265
28-29	187,8	115,2	4,294	4,272
29-30	660,3	555,9	4,674	4,294
21-30	1242,6	1231,8	5,000	4,674
30-31	571,5	507,9	4,674	4,441
31-32	507,9	467,2	4,441	4,317
32-33	217,9	178,5	4,317	4,270
33-34	178,5	154,0	4,270	4,249
34-35	154,0	120,0	4,249	4,227
35-36	120,0	73,7	4,227	4,211
36-37	73,7	27,4	4,211	4,209
37-38	27,4	7,0	4,209	4,208
38-39	25,7	-7,0	4,208	4,208
39-40	66,5	25,7	4,212	4,208
40-41	157,9	87,2	4,229	4,212
41-42	225,6	157,9	4,263	4,229

Окончание таблицы 23 – – Результаты гидравлического расчета кольцевой сети низкого давления №2

Номер участка	$Q_H, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_K, \text{ м}^3/\text{ч}$	$P_H, \text{ кПа}$	$P_K, \text{ кПа}$
24-42	362,1	350,7	4,285	4,263
3-45	299,5	236,4	4,385	4,319
44-45	236,4	194,3	4,319	4,289
43-44	194,3	131,2	4,289	4,261
42-43	125,1	117,2	4,263	4,261
26-48	59,3	11,5	4,267	4,265
47-48	109,5	59,3	4,275	4,267
46-47	368,2	354,5	4,343	4,275
2-46	406,6	368,2	4,562	4,343
5-50	202,3	149,1	4,284	4,243
50-51	149,1	65,1	4,243	4,214
51-52	65,1	37,6	4,214	4,212
40-52	37,6	-20,7	4,212	4,212
47-53	245,1	187,5	4,275	4,200
53-54	187,5	146,2	4,200	4,167
54-55	146,2	112,3	4,167	4,149
55-56	112,3	72,5	4,149	4,138
56-57	145,6	63,2	4,138	4,1207
57-58	285,7	232,5	4,173	4,1207
29-58	368,1	285,7	4,294	4,173
56-59	112,1	73,1	4,152	4,138
59-60	150,0	112,1	4,178	4,152
60-61	184,3	150,0	4,213	4,178
61-62	210,3	184,3	4,248	4,213
32-62	249,3	210,3	4,317	4,248

Таблица 24 – 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 <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/QP$
К1	1-2	К3	60	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	1003,3	0,0171	97	0,0969
	2-3	К3	290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	939,9	0,0174	418	0,4447
	3-62		100	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	757,2	0,0181	97	0,1283
	4-62	К5	160	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	561,5	0,0195	92	0,1641
	4-5	К5	90	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	510,3	0,0199	44	0,0859
	5-6	К5	150	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	463,7	0,0204	62	0,1332
	6-7	К5	280	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	380,6	0,0214	82	0,2145
	7-61	К5	170	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	288,8	0,0230	31	0,1059
	8-61		130	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	92,7	0,0305	3	0,0345
	8-9		40	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	71,0	0,0326	1	0,0087
	9-10		270	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	36,1	0,0386	1	0,0353
	10-11		470	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-62,8	0,0336	-6	0,0933
	11-12		240	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-146,4	0,0272	-13	0,0898
12-13	К3	220	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-810,0	0,0179	-243	0,3000	
								$\Sigma 375$	2,2597
								$\Sigma/\Delta P=1480$	

Продолжение таблицы 24– Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (предварительное распределение потоков)

$$\Delta = \frac{375}{0,5 \cdot 1480} \cdot 100\% = 50,64\% ;$$

$$\Delta Q_k^1 = -\frac{375}{1,75 \cdot 2,2597} = -94,8 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} ;$$

$$\Delta Q_k = \frac{50,64 + (0,0969 + 0,4447 + 0,3 + 0,3247) \cdot (-105,2) + (0,1641 + 0,0859 + 0,1332 + 0,2145 + 0,1059) \cdot (-36,2)}{2,2597} = -160,3 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Номер контура (кольца)	Характеристика участков					Предварительное распределение потоков			
	Номер	Номер соседнего контура (кольца)	<i>l</i> , м	<i>d<sub>n</sub></i> x <i>s</i> , мм	<i>d</i> , см	<i>Q<sub>p</sub></i> , м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/QP$
К2	14-15	К7	200	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	419,1	0,0209	69	0,1647
	15-16		260	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	333,7	0,0222	60	0,1804
	16-17		330	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	156,3	0,0268	20	0,1297
	17-18		390	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	125,5	0,0283	16	0,1300
	18-19		140	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	31,9	0,0396	1	0,0166
	19-20		50	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	25,3	0,0366	0	0,0043
	20-21		430	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	13,7	0,0375	0	0,0207
	21-22		160	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-5,1	0,1007	0	0,0077
	22-23		370	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-11,8	0,0434	0	0,0178
	23-24	К6	200	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-304,8	0,0227	-40	0,1297
	24-25	К6	420	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-338,0	0,0221	-99	0,2943
	25-26	К6	180	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-367,7	0,0216	-49	0,1344
26-27		110	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-840,6	0,0178	-130	0,1544	



Продолжение таблицы 24– 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 <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/QP$
К2	28-88	К7	70	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-904,0	0,0175	-94	0,1041
	29-88	К7	290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-925,2	0,0174	-406	0,4392
	14-29	К7	110	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-950,2	0,0173	-162	0,1701
$\Delta = \frac{-921}{0,5 \cdot 1255} \cdot 100\% = -146,84\% ;$ $\Delta Q_k^1 = -\frac{-921}{1,75 \cdot 2,2171} = 237,4 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} ;$ $\Delta Q_k = \frac{(0,1647 + 0,1189 + 0,1041 + 0,4392 + 0,1701) \cdot (-356,3) + (0,1297 + 0,2943 + 0,1244) \cdot (-47,2)}{2,2597} = 66,4 \text{ м}^3/\text{ч}.$								$\Sigma -921$	2,2171
								$\Sigma/\Delta P = 1255$	

Продолжение таблицы 24 – 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 <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/QP$
К3	30-31		190	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	469,3	0,0203	80	0,1703
	31-32		140	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	445,1	0,0206	54	0,1206
	32-33		240	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	418,3	0,0209	83	0,1973
	33-34		260	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	382,3	0,0214	76	0,1998
	34-35		50	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	358,4	0,0218	13	0,0366
	35-36		270	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	21,5	0,0347	0	0,0189
	36-37		340	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-27,0	0,0375	-1	0,0323
	3-37		420	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-82,6	0,0314	-8	0,1023
	2-3	К1	290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-939,9	0,0174	-418	0,4447
	1-2	К1	60	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-1003,3	0,0171	-97	0,0969
	1-13	К1	220	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	895,3	0,0176	291	0,3247
	12-13	К1	220	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	810,0	0,0179	243	0,3000
	12-38		70	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	585,9	0,0193	43	0,0741
	30-38		110	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	490,4	0,0201	50	0,1019
								$\Sigma 409$	2,2204
								$\Sigma/\Delta P=1458$	

Продолжение таблицы 24 – Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (предварительное распределение потоков)

$$\Delta = \frac{409}{0,5 \cdot 1458} \cdot 100\% = 56,06\% ;$$

$$\Delta Q_k^1 = -\frac{409}{1,75 \cdot 2,2204} = -105,2 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} ;$$

$$\Delta Q_k = \frac{-105,2 + (0,4447 + 0,0969 + 0,3247 + 0,3) \cdot (-94,8) +}{2,2204} = -154,9 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

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 <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/Q_P$
К4	39-40		130	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	184,8	0,0257	11	0,0579
	40-41		260	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	157,4	0,0267	16	0,1027
	41-42		80	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	131,4	0,0280	4	0,0276
	42-43		260	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	108,0	0,0294	8	0,0774
	43-44		310	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	66,9	0,0331	4	0,0645
	44-45		290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	23,2	0,0356	1	0,0225
	45-46		460	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-36,8	0,0385	-2	0,0611
	39-46		380	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-97,2	0,0302	-10	0,1046
								$\Sigma 31$	2,5183
								$\Sigma/\Delta P/=56$	

Продолжение таблицы 24 – Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (предварительное распределение потоков)

$$\Delta = \frac{31}{0,5 \cdot 56} \cdot 100\% = 111,49\% ;$$

$$\Delta Q_k^1 = -\frac{31}{1,75 \cdot 0,5183} = -34,5 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} ;$$

$$\Delta Q_k = -34,5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

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 <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/Q_P$
К5	47-48		150	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	121,4	0,0285	6	0,0488
	48-49		30	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	106,5	0,0295	1	0,0088
	49-50	К6	100	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	346,0	0,0220	25	0,0713
	50-51		260	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	218,0	0,0246	29	0,1311
	51-52		270	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	176,9	0,0260	21	0,1164
	52-53		400	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	125,9	0,0283	17	0,1336
	53-54		340	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	67,9	0,0330	5	0,0715
	54-55		60	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	34,7	0,0390	0	0,0076
	55-56		100	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	29,5	0,0386	0	0,0107
	56-57		190	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	16,2	0,0316	0	0,0092
	57-58		260	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-22,2	0,0351	0	0,0190
	58-59		290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-65,2	0,0333	-4	0,0591
59-60		230	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-105,1	0,0296	-7	0,0671	

Продолжение таблицы 24 – Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (предварительное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков					Предварительное распределение потоков			
	Номер	Номер соседнего контура (кольца)	<i>l</i> , м	<i>d<sub>n</sub></i> x <i>s</i> , мм	<i>d</i> , см	<i>Q<sub>p</sub></i> , м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/QP$
K5	60-61		150	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-134,0	0,0278	-7	0,0525
	7-61	K1	170	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-288,8	0,0230	-31	0,1059
	6-7	K1	280	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-380,6	0,0214	-82	0,2145
	5-6	K1	150	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-463,7	0,0204	-62	0,1332
	4-5	K1	90	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-510,3	0,0199	-44	0,0859
	4-62	K1	160	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-561,5	0,0195	-92	0,1641
	47-62		140	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	143,9	0,0273	7	0,0517
$\Delta = \frac{99}{0,5 \cdot 439} \cdot 100\% = 45,05\% ;$ $\Delta Q_k^1 = -\frac{99}{1,75 \cdot 1,5622} = -36,2 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} ;$ $\Delta Q_k = \frac{-36,2 + (0,1059 + 0,2145 + 0,1331 + 0,0859 + 1641) \cdot (-94,8) +}{1,5622} = -78,8 \text{ м}^3/\text{ч}.$								$\Sigma 99$	1,5622
								$\Sigma/\Delta P/=439$	

Продолжение таблицы 24 – Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (предварительное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков					Предварительное распределение потоков			
	Номер	Номер соседнего контура (кольца)	<i>l</i> , м	<i>d<sub>n</sub></i> x <i>s</i> , мм	<i>d</i> , см	<i>Q<sub>p</sub></i> , м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/QP$
К6	63-64		190	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-271,8	0,0233	-31	0,1130
	64-87		90	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-284,0	0,0231	-16	0,0553
	65-87		70	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-439,1	0,0207	-26	0,0597
	26-65		240	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-453,9	0,0205	-95	0,2098
	25-26	К2	180	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	367,7	0,0216	49	0,1344
	24-25	К2	420	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	338,0	0,0221	99	0,2943
	23-24	К2	200	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	304,8	0,0227	40	0,1297
	23-66		310	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	266,8	0,0234	49	0,1819
	66-67		300	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	239,0	0,0241	39	0,1621
	67-68		140	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	218,3	0,0246	15	0,0707
	68-69		130	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	150,6	0,0270	7	0,0497
	69-70		220	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	114,1	0,0290	8	0,0683
	70-71		440	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	22,0	0,0350	1	0,0317
	71-72		360	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-18,0	0,0327	0	0,0199
72-73		250	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-45,2	0,0365	-2	0,0387	

Продолжение таблицы 24 – 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 <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/QP$
К6	73-74		200	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-65,4	0,0333	-3	0,0409
	50-74		250	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-86,0	0,0311	-5	0,0628
	49-50	К5	100	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-346,0	0,0220	-25	0,0713
	49-63		100	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-258,2	0,0236	-15	0,0573
$\Delta = \frac{138}{0,5 \cdot 525} \cdot 100\% = 53,8\% ;$ $\Delta Q_k^1 = -\frac{138}{1,75 \cdot 1,8514} = -42,7 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} ;$ $\Delta Q_k = \frac{-42,7 + (0,1344 + 0,2943 + 0,1297) \cdot 237,4 + (0,0713 \cdot (-36,2))}{1,8514} = 88,4 \text{ м}^3/\text{ч}.$								$\Sigma 138$	1,8514
								$\Sigma/\Delta P/=525$	

Окончание таблицы 24 – Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (предварительное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков					Предварительное распределение потоков			
	Номер	Номер соседнего контура (кольца)	<i>l</i> , м	<i>d<sub>n</sub></i> x <i>s</i> , мм	<i>d</i> , см	<i>Q<sub>p</sub></i> , м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/QP$
К7	75-76		250	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	16,2	0,0316	0,19	0,0120
	76-77		300	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-19,5	0,0336	-0,36	0,0184
	15-77		290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-54,2	0,0349	-2,79	0,0515
	14-15	К2	200	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	-419,1	0,0209	-69,01	0,1647
	14-29	К2	110	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	950,2	0,0173	161,66	0,1701
	29-88	К2	290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	925,2	0,0174	406,38	0,4392
	28-88	К2	70	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	904,0	0,0175	94,10	0,1041
	27-28	К2	80	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	903,1	0,0175	107,35	0,1189
	27-75		270	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-280x25,4	229,2	47,0	0,0362	2,02	0,0431
$\Delta = \frac{700}{0,5 \cdot 844} \cdot 100\% = 165,8\% ;$ $\Delta Q_k^1 = -\frac{700}{1,75 \cdot 1,1219} = -356,3 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} ;$ $\Delta Q_k = \frac{-256,3 + (0,1647 + 0,1701 + 0,4392 + 0,1041 + 0,1189) \cdot 237,4}{1,1219} = -145,3 \text{ м}^3/\text{ч}.$								$\Sigma 700$	1,1219
								$\Sigma/\Delta P/=844$	



Таблица 25 – Свод поправочных расходов сети низкого давления №3

Наименование показателя	Предварительный	Итерационные приближения							Итого
		1	2	3	4	5	6	7	
Кольцо 1									
Ошибка в кольце, %	50,6	18,8	9,7	3,1	0,6	0,2	0,1	0,0	
Гидравлическая увязка кольца, м <sup>3</sup> /ч	-94,8	-32,4	-16,5	-5,3	-1,1	-0,3	-0,1	0,0	
Поправочный круговой расход в кольце, м <sup>3</sup> /ч	-160,3	-22,1	-11,9	-4,1	-1,2	-0,4	-0,1	0,0	-200,1
Кольцо 2									
Ошибка в кольце, %	-146,8	-87,3	-37,0	-12,7	-3,7	-1,0	-0,3	-0,1	
Гидравлическая увязка кольца, м <sup>3</sup> /ч	237,4	114,5	44,5	14,9	4,3	1,2	0,3	0,1	
Поправочный круговой расход в кольце, м <sup>3</sup> /ч	66,4	48,3	17,7	5,7	1,6	0,4	0,1	0,0	140,3
Кольцо 3									
Ошибка в кольце, %	56,1	18,7	-3,7	-1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	
Гидравлическая увязка кольца, м <sup>3</sup> /ч	-105,2	-31,2	6,1	2,3	-0,1	-0,1	0,0	0,0	
Поправочный круговой расход в кольце, м <sup>3</sup> /ч	-154,9	-47,7	-2,2	-0,4	-0,6	-0,2	-0,1	0,0	-206,3

Продолжение таблицы 25 – Свод поправочных расходов сети низкого давления №3

Наименование показателя	Предварительный	Итерационные приближения							Итого
		1	2	3	4	5	6	7	
Кольцо 4									
Ошибка в кольце, %	111,5	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Гидравлическая увязка кольца, м <sup>3</sup> /ч	-34,5	-1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Поправочный круговой расход в кольце, м <sup>3</sup> /ч	-34,5	-1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-35,6
Кольцо 5									
Ошибка в кольце, %	45,0	-156,4	-14,4	0,3	0,8	0,4	0,1	0,0	
Гидравлическая увязка кольца, м <sup>3</sup> /ч	-36,2	102,3	7,7	-0,2	-0,4	-0,2	-0,1	0,0	
Поправочный круговой расход в кольце, м <sup>3</sup> /ч	-78,8	88,1	2,1	-1,9	-0,7	-0,3	-0,1	0,0	8,3
Кольцо 6									
Ошибка в кольце, %	52,8	114,4	78,2	28,5	7,3	1,9	0,5	0,1	
Гидравлическая увязка кольца, м <sup>3</sup> /ч	-42,7	-92,8	-59,2	-20,5	-5,2	-1,4	-0,4	-0,1	
Поправочный круговой расход в кольце, м <sup>3</sup> /ч	88,4	-23,6	-37,0	-14,3	-3,5	-0,9	-0,2	-0,1	8,9

Окончание таблицы 25 – Свод поправочных расходов сети низкого давления №3

Наименование показателя	Предварительный	Итерационные приближения							Итого
		1	2	3	4	5	6	7	
Кольцо 7									
Ошибка в кольце, %	165,8	79,6	31,7	12,4	4,2	1,2	0,3	0,1	
Гидравлическая увязка кольца, м <sup>3</sup> /ч	-356,3	-118,6	-43,7	-16,7	-5,6	-1,6	-0,5	-0,1	
Поправочный круговой расход в кольце, м <sup>3</sup> /ч	-145,3	-40,6	-15,7	-7,6	-3,0	-0,9	-0,3	-0,1	-213,5

Таблица 26– Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (окончательное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P$ , м <sup>3</sup> /ч	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l$ , м	$d$ , см		$Q_{VЧ}$ , м <sup>3</sup> /ч	$Q_P^H$ , м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/QP$
К1	1-2	К3	60	229,2	1003,3	6,2	1009,5	0,0171	98	0,0974
	2-3	К3	290	229,2	939,9	6,2	946,1	0,0174	423	0,4470
	3-62		100	229,2	757,2	-200,1	557,2	0,0195	57	0,1019
	4-62	К5	160	229,2	561,5	-208,4	353,1	0,0218	41	0,1159
	4-5	К5	90	229,2	510,3	-208,4	301,9	0,0227	17	0,0579
	5-6	К5	150	229,2	463,7	-208,4	255,3	0,0237	22	0,0852
	6-7	К5	280	229,2	380,6	-208,4	172,2	0,0261	20	0,1183
	7-61	К5	170	229,2	288,8	-208,4	80,4	0,0316	3	0,0406

Продолжение таблицы 26 – Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (окончательное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{\text{вч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К1	8-61		130	229,2	92,7	-200,1	-107,3	0,0294	-4	0,0385
	8-9		40	229,2	71,0	-200,1	-129,1	0,0281	-2	0,0136
	9-10		270	229,2	36,1	-200,1	-164,0	0,0265	-18	0,1100
	10-11		470	229,2	-62,8	-200,1	-262,9	0,0235	-72	0,2728
	11-12		240	229,2	-146,4	-200,1	-346,4	0,0220	-59	0,1713
	12-13	К3	220	229,2	-810,0	6,2	-803,8	0,0180	-240	0,2982
	1-13	К3	220	229,2	-895,3	6,2	-889,1	0,0176	-287	0,3229
$\Delta Q_k = -200,1 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл.25); $\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot (-98,21)} \cdot 100\% = 0;$									$\Sigma 0$	$\Sigma 2,2915$
									$\Sigma/\Delta P = -98,21$	

Продолжение таблицы 26– Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (окончательное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{vч}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^H, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К2	14-15	К7	200	229,2	419,1	353,8	772,8	0,0180	201	0,2606
	15-16		260	229,2	333,7	140,3	473,9	0,0203	111	0,2348
	16-17		330	229,2	156,3	140,3	296,6	0,0228	62	0,2096
	17-18		390	229,2	125,5	140,3	265,8	0,0235	61	0,2282
	18-19		140	229,2	31,9	140,3	172,1	0,0261	10	0,0591
	19-20		50	229,2	25,3	140,3	165,5	0,0264	3	0,0205
	20-21		430	229,2	13,7	140,3	154,0	0,0269	26	0,1671
	21-22		160	229,2	-5,1	140,3	135,1	0,0278	8	0,0564
	22-23		370	229,2	-11,8	140,3	128,4	0,0281	16	0,1255
	23-24	К6	200	229,2	-304,8	131,3	-173,4	0,0261	-15	0,0850
	24-25	К6	420	229,2	-338,0	131,3	-206,6	0,0250	-42	0,2035
	25-26	К6	180	229,2	-367,7	131,3	-236,4	0,0242	-23	0,0965
	26-27		110	229,2	-840,6	140,3	-700,4	0,0184	-93	0,1331
	27-28	К7	80	229,2	-903,1	353,8	-549,3	0,0196	-44	0,0807

Продолжение таблицы 26– Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (окончательное распределение потоков)

К2	28-88	К7	70	229,2	-904,0	353,8	-550,3	0,0196	-39	0,0707
	29-88	К7	290	229,2	-925,2	353,8	-571,5	0,0194	-172	0,3013
	14-29	К7	110	229,2	-950,2	353,8	-596,4	0,0192	-70	0,1180
$\Delta Q_k = 140,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл.25); $\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot (-375,02)} \cdot 100\% = 0;$									$\Sigma 0$	$\Sigma 2,4505$
									$\Sigma/\Delta P = -375,02$	
К3	30-31		190	229,2	469,3	-206,3	263,0	0,0235	29	0,1103
	31-32		140	229,2	445,1	-206,3	238,8	0,0241	18	0,0756
	32-33		240	229,2	418,3	-206,3	212,1	0,0248	25	0,1186
	33-34		260	229,2	382,3	-206,3	176,1	0,0260	20	0,1117
	34-35		50	229,2	358,4	-206,3	152,1	0,0270	3	0,0193
	35-36		270	229,2	21,5	-206,3	-184,8	0,0257	-22	0,1203
	36-37		340	229,2	-27,0	-206,3	-233,3	0,0242	-42	0,1804
	3-37		420	229,2	-82,6	-206,3	-288,8	0,0230	-76	0,2616
	2-3	К1	290	229,2	-939,9	-6,2	-946,1	0,0174	-423	0,4470
	1-2	К1	60	229,2	-1003,3	-6,2	-1009,5	0,0171	-98	0,0974
	1-13	К1	220	229,2	895,3	-6,2	889,1	0,0176	287	0,3229
	12-13	К1	220	229,2	810,0	-6,2	803,8	0,0180	240	0,2982
	12-38		70	229,2	585,9	-206,3	379,7	0,0215	20	0,0535
	30-38		110	229,2	490,4	-206,3	284,1	0,0231	19	0,0677
$\Delta Q_k = -206,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл.25); $\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 0,05} \cdot 100\% = 0;$									$\Sigma 0$	$\Sigma 2,2844$
									$\Sigma/\Delta P = 0,05$	

Продолжение таблицы 26– Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (окончательное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{\text{вч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К4	39-40		130	229,2	184,8	-35,6	149,2	0,0271	7	0,0493
	40-41		260	229,2	157,4	-35,6	121,8	0,0285	10	0,0848
	41-42		80	229,2	131,4	-35,6	95,8	0,0303	2	0,0218
	42-43		260	229,2	108,0	-35,6	72,4	0,0325	4	0,0574
	43-44		310	229,2	66,9	-35,6	31,4	0,0394	1	0,0359
	44-45		290	229,2	23,2	-35,6	-12,4	0,0415	0	0,0140
	45-46		460	229,2	-36,8	-35,6	-72,3	0,0325	-7	0,1014
	39-46		380	229,2	-97,2	-35,6	-132,8	0,0279	-18	0,1321
$\Delta Q_k = -35,6 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл.25); $\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 279,32} \cdot 100\% = 0;$									$\Sigma 0$	$\Sigma 0,4968$
									$\Sigma/\Delta P=279,32$	

Продолжение таблицы 26 – Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (окончательное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{вч}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^H, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К5	47-48		150	229,2	121,4	8,3	129,7	0,0281	7	0,0512
	48-49		30	229,2	106,5	8,3	114,8	0,0289	1	0,0094
	49-50	К6	100	229,2	346,0	-0,6	345,4	0,0220	25	0,0712
	50-51		260	229,2	218,0	8,3	226,3	0,0244	31	0,1349
	51-52		270	229,2	176,9	8,3	185,2	0,0257	22	0,1205
	52-53		400	229,2	125,9	8,3	134,2	0,0278	19	0,1402
	53-54		340	229,2	67,9	8,3	76,2	0,0321	6	0,0780
	54-55		60	229,2	34,7	8,3	43,0	0,0370	0	0,0090
	55-56		100	229,2	29,5	8,3	37,8	0,0382	1	0,0136
	56-57		190	229,2	16,2	8,3	24,6	0,0363	0	0,0159
	57-58		260	229,2	-22,2	8,3	-13,9	0,0369	0	0,0125
	58-59		290	229,2	-65,2	8,3	-56,9	0,0345	-3	0,0534
	59-60		230	229,2	-105,1	8,3	-96,8	0,0302	-6	0,0631
	60-61		150	229,2	-134,0	8,3	-125,7	0,0283	-6	0,0501
	7-61	К1	170	229,2	-288,8	208,4	-80,4	0,0316	-3	0,0406
6-7	К1	280	229,2	-380,6	208,4	-172,2	0,0261	-20	0,1183	



Продолжение таблицы 26– Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (окончательное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{VЧ}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^H, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К5	5-6	К1	150	229,2	-463,7	208,4	-255,3	0,0237	-22	0,0852
	4-5	К1	90	229,2	-510,3	208,4	-301,9	0,0227	-17	0,0579
	4-62	К1	160	229,2	-561,5	208,4	-353,1	0,0218	-41	0,1159
	47-62		140	229,2	143,9	8,3	152,2	0,0270	8	0,0539
$\Delta Q_k = 8,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл.25); $\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot (-103,95)} \cdot 100\% = 0;$									$\Sigma 0$	$\Sigma 1,2946$
									$\Sigma/\Delta P = -103,95$	
Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{VЧ}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^H, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К6	63-64		190	229,2	-271,8	8,9	-262,8	0,0235	-29	0,1102
	64-87		90	229,2	-284,0	8,9	-275,1	0,0233	-15	0,0540
	65-87		70	229,2	-439,1	8,9	-430,2	0,0208	-25	0,0588
	26-65		240	229,2	-453,9	8,9	-445,0	0,0206	-92	0,2067
	25-26	К2	180	229,2	367,7	-131,3	236,4	0,0242	23	0,0965
	24-25	К2	420	229,2	338,0	-131,3	206,6	0,0250	42	0,2035
	23-24	К2	200	229,2	304,8	-131,3	173,4	0,0261	15	0,0850

Продолжение таблицы 26– Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (окончательное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{\text{вч}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К6	23-66		310	229,2	266,8	8,9	275,7	0,0232	51	0,1864
	66-67		300	229,2	239,0	8,9	248,0	0,0239	41	0,1666
	67-68		140	229,2	218,3	8,9	227,3	0,0244	17	0,0728
	68-69		130	229,2	150,6	8,9	159,5	0,0266	8	0,0519
	69-70		220	229,2	114,1	8,9	123,0	0,0284	9	0,0722
	70-71		440	229,2	22,0	8,9	30,9	0,0392	2	0,0500
	71-72		360	229,2	-18,0	8,9	-9,1	0,0567	0	0,0174
	72-73		250	229,2	-45,2	8,9	-36,3	0,0386	-1	0,0328
	73-74		200	229,2	-65,4	8,9	-56,5	0,0346	-2	0,0366
	50-74		250	229,2	-86,0	8,9	-77,1	0,0320	-4	0,0578
	49-50	К5	100	229,2	-346,0	0,6	-345,4	0,0220	-25	0,0712
49-63		100	229,2	-258,2	8,9	-249,3	0,0238	-14	0,0558	
$\Delta Q_k = 8,9 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл.25); $\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 138,467} \cdot 100\% = 0;$								$\Sigma 0$	$\Sigma 1,6863$	
								$\Sigma/\Delta P=138,46$		

Продолжение таблицы 26 – Гидравлический расчет сети низкого давления №3 (окончательное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P, \text{ м}^3/\text{ч}$	Окончательное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l, \text{ м}$	$d, \text{ см}$		$Q_{вч}, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_P^H, \text{ м}^3/\text{ч}$	$\lambda$	$\Delta P, \text{ Па}$	$\Delta P/Q_P$
К7	75-76		250	229,2	16,2	-213,5	-197,3	0,0253	-23	0,1170
	76-77		300	229,2	-19,5	-213,5	-233,0	0,0242	-37	0,1590
	15-77		290	229,2	-54,2	-213,5	-267,7	0,0234	-46	0,1706
	14-15	К2	200	229,2	-419,1	-353,8	-772,8	0,0180	-201	0,2606
	14-29	К2	110	229,2	950,2	-353,8	596,4	0,0192	70	0,1180
	29-88	К2	290	229,2	925,2	-353,8	571,5	0,0194	172	0,3013
	28-88	К2	70	229,2	904,0	-353,8	550,3	0,0196	39	0,0707
	27-28	К2	80	229,2	903,1	-353,8	549,3	0,0196	44	0,0807
	27-75		270	229,2	47,0	-213,5	-166,5	0,0264	-19	0,1113
$\Delta Q_k = -213,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ (табл.25); $\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 100,21} \cdot 100\% = 0.$									$\Sigma 0$	$\Sigma 1,3892$
									$\Sigma/\Delta P=100,21$	

Таблица 27 – – Результаты гидравлического расчета кольцевой сети низкого давления №3

Номер участка	$Q_H, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_K, \text{ м}^3/\text{ч}$	$P_H, \text{ кПа}$	$P_K, \text{ кПа}$
1-2	1020,0	996,7	5,000	4,902
2-3	996,7	884,3	4,902	4,479
3-62	568,1	543,8	4,479	4,422
4-62	381,8	318,1	4,422	4,381
4-5	318,1	282,2	4,381	4,364
5-6	282,2	222,4	4,364	4,342
6-7	222,4	110,9	4,342	4,321
7-61	110,9	43,1	4,321	4,318
8-61	124,7	93,1	4,322	4,318
8-9	134,4	124,7	4,324	4,322
9-10	200,0	134,4	4,342	4,324
10-11	314,3	200,0	4,414	4,342
11-12	372,7	314,3	4,473	4,414
12-13	842,2	756,9	4,713	4,473
1-13	927,5	842,2	5,000	4,713
14-15	784,5	758,4	5,000	4,799
15-16	475,4	472,1	4,799	4,687
16-17	309,4	280,9	4,687	4,625
17-18	280,9	247,3	4,625	4,565
18-19	177,3	165,8	4,565	4,554
19-20	165,8	165,2	4,554	4,551
20-21	165,2	140,2	4,551	4,525
21-22	140,2	130,9	4,525	4,518
22-23	130,9	126,3	4,518	4,502
23-24	182,8	162,1	4,516	4,501
24-25	226,3	182,8	4,558	4,516
25-26	244,9	226,3	4,581	4,558
26-27	701,0	699,6	4,674	4,581
27-28	549,9	548,9	4,718	4,674
28-88	550,8	549,9	4,757	4,718
29-88	588,6	550,8	4,930	4,757
14-29	603,0	588,6	5,000	4,930
30-31	275,4	248,0	4,434	4,405
31-32	248,0	227,7	4,405	4,387
32-33	227,7	193,0	4,387	4,361
33-34	193,0	155,4	4,361	4,342
34-35	155,4	148,2	4,342	4,339
35-36	206,2	167,2	4,361	4,339
36-37	255,4	206,2	4,403	4,361

Продолжение таблицы 27 – – Результаты гидравлического расчета кольцевой сети низкого давления №3

Номер участка	$Q_H, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_K, \text{ м}^3/\text{ч}$	$P_H, \text{ кПа}$	$P_K, \text{ кПа}$
3-37	316,1	255,4	4,479	4,403
12-38	384,3	374,1	4,473	4,453
30-38	291,3	275,4	4,453	4,434
39-40	157,7	138,8	4,339	4,331
40-41	138,8	101,1	4,331	4,321
41-42	101,1	89,4	4,321	4,319
42-43	89,4	51,6	4,319	4,315
43-44	51,6	6,6	4,315	4,314
44-45	35,6	-6,6	4,314	4,314
45-46	102,4	35,6	4,321	4,314
39-46	157,7	102,4	4,339	4,321
47-48	140,2	116,9	4,414	4,407
48-49	116,9	112,3	4,407	4,406
49-50	356,5	331,8	4,406	4,381
50-51	244,6	204,2	4,381	4,351
51-52	204,2	162,2	4,351	4,329
52-53	162,2	100,0	4,329	4,310
53-54	100,0	47,2	4,301	4,295
54-55	47,2	37,9	4,302	4,301
55-56	37,9	37,9	4,302	4,302
56-57	37,9	8,3	4,303	4,302
57-58	32,1	-8,3	4,303	4,303
58-59	77,1	32,1	4,306	4,303
59-60	112,9	77,1	4,312	4,306
60-61	136,2	112,9	4,318	4,312
47-62	162,0	140,2	4,422	4,414
63-64	270,5	253,3	4,449	4,420
64-87	278,7	270,5	4,464	4,449
65-87	433,0	426,6	4,489	4,464
26-65	454,8	433,0	4,581	4,489
23-66	288,4	260,3	4,502	4,450
66-67	260,3	233,0	4,450	4,409
67-68	233,0	220,3	4,409	4,392
68-69	172,1	144,3	4,392	4,384
69-70	144,3	97,1	4,384	4,375
70-71	48,9	9,0	4,375	4,3735
71-72	23,7	-9,0	4,374	4,3736
72-73	46,4	23,7	4,375	4,374
73-74	64,6	46,4	4,377	4,375

Продолжение таблицы 27 – – Результаты гидравлического расчета кольцевой сети низкого давления №3

Номер участка	$Q_H, \text{ м}^3/\text{ч}$	$Q_K, \text{ м}^3/\text{ч}$	$P_H, \text{ кПа}$	$P_K, \text{ кПа}$
50-74	87,271	87,3	64,6	4,377
49-63	253,272	253,3	244,2	4,406
75-76	213,426	213,4	184,0	4,693
76-77	248,794	248,8	213,4	4,716
15-77	282,984	283,0	248,8	4,753
27-75	183,952	184,0	152,1	4,674

Таблица 28 – Гидравлический расчет тупиковых ответвлений сети низкого давления №3

Номер участка	$l$ , м	$d_n \times s$ , мм	$d$ , см	$Q_P$ , м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$P_H$ , кПа	$P_K$ , кПа
68-79	390	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-110x10	90	48,2	0,0295	268	4,392	4,124
70-78	390	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-125x11,4	102,2	48,2	0,0304	147	4,375	4,228
18-80	490	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-110x10	90	70,0	0,0269	649	4,565	3,916
16-81	310	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	162,8	0,0231	570	4,687	4,117
81-82	280	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-140x12,7	114,6	118,3	0,0250	295	4,117	3,823
82-83	420	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-250x22,7	204,6	98,9	0,0302	21	3,823	3,802
83-84	320	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-355x32,2	290,6	68,4	0,0362	2	3,802	3,801
84-85	300	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-355x32,2	290,6	45,1	0,0392	1	3,801	3,800
85-86	320	ПЭ 80 ГАЗ CDR 11-500x45,4	409,2	23,3	0,0454	0,04	3,800	3,800

## 1.11 Гидравлический расчет сети среднего давления

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

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

Сети среднего давления являются управляемыми, к ним присоединяются ограниченное количество потребителей, перечень – таблица 29.

В таблице 29 показаны минимально допустимые давления перед потребителями.

Таблица 29 – Перечень потребителей, присоединенных к распределительной сети среднего давления

Наименование потребителя	Расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Минимально допустимое давление перед потребителем, кПа
ГРП №1	570,3	10
ГРП №2	1432,5	10
ГРП №3	1927,7	10
ГРП №4	1947,5	10
ГРП №5	1387,4	10
Котельная №8	946,2	50
Котельная №7	887,1	50
Котельная №10	473,1	25
Котельная №16	414	25

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 2 графической части.

Гидравлический расчет кольцевых газовых сетей среднего давления состоит из нескольких последовательных этапов



На первом этапе производится расчет расхода газа при работе сети в аварийном режиме и определяется ориентировочный диаметр кольца газовой сети.

Аварийный расход газа для каждого потребителя определяется по формуле

$$Q_{AB}^{\Pi} = K_{AB} \cdot Q^{\Pi}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (41)$$

где  $Q^{\Pi}$  – требуемый расход газа для нормальной работы потребителей,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  
 $K_{AB}$  – коэффициент обеспеченности при аварийном режиме работы.

Расчет ориентировочного диаметра участков кольца газовой сети производится по формуле

$$d_P^K = \sqrt[n]{\frac{AB\rho(\alpha \sum Q_{AB})^m}{\Delta P_{уд}}}, \text{ см}, \quad (42)$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от категории сети;

$B$ ,  $n$ ,  $m$  – коэффициенты, зависящие от материала газопровода, для стальных труб  $B = 0,22$ ,  $n = 5$ ,  $m = 2$ , для полиэтиленовых труб  $B = 0,0446$ ,  $n = 4,75$ ,  $m = 1,75$ ;

$\rho$  – плотность газа при нормальных условиях,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий количество ответвлений, присоединенных к сети, при количестве ответвлений от 5 до 100 обычно принимается равным 0,55;

$\sum Q_{AB}$  – суммарный аварийный расход газа,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

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

Значение коэффициента  $A$  для сетей среднего давления определяется по формуле

$$A = 6,34 \cdot 10^{-5} / p_n, \quad (43)$$

где  $p_n$  – начальное давление газа,  $\text{МПа}$ ;

Удельные потери давления на трение определяется по формуле

$$\Delta P_{уд} = \frac{\Delta P_{доп}}{1,1L}, \text{ МПа/м}, \quad (44)$$

где  $\Delta P_{доп}$  – допустимые потери давления, МПа;

$L$  – расстояние от точки питания кольца до самой удаленной точки газовой сети, м.

Допустимые потери давления определяются по формуле

$$\Delta P_{доп} = p_n - p_k, \text{ МПа}, \quad (45)$$

где  $p_n$  – давление газа в точке питания кольца, МПа;

$p_k$  – давление газа для нормальной работы самого удаленного потребителя, МПа.

Внутренний диаметр газопровода для участков кольца газовой сети принимается из стандартного ряда внутренних диаметров трубопроводов - ближайший больший.

На втором этапе выполняется два варианта расчета аварийных режимов для кольца, при выключенных головных участках слева и справа от точки питания.

При этом определяется перепад квадрата давления для каждого участка кольцевой части газовой сети и давление во всех узловых точках, которое является начальным давлением при расчете ответвлений при работе сети в аварийном режиме.

Перепад квадрата давления на отдельно взятом участке газовой сети можно охарактеризовать формулой

$$(p_H^2 - p_K^2)_{\text{уч}} = 1,1 \cdot 1,2687 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda \frac{Q_{\text{уч}}^2}{d^5} \rho l_{\text{уч}}, \text{ МПа}^2, \quad (46)$$

где  $\lambda$  – безразмерный коэффициент гидравлического трения;

$Q_{\text{уч}}$  – расход газа на участке газовой сети, м<sup>3</sup>/ч;

$d$  – внутренний диаметр участка газопровода, см;

$\rho$  – плотность газа при нормальных условиях, кг/м<sup>3</sup>;

$l_{\text{уч}}$  – длина участка газопровода, м.

Начальное давление газа на головных участках принимается равным начальному давлению газа в точке питания газовой сети, для последующих участков принимается по согласно расчету предыдущего участка по ходу движения газа. Начальное давление газа на участке равно конечному давлению газа на предыдущем участке.

Конечное давление газа на участке определяется по формуле

$$p_{\text{к.уч}} = \sqrt{p_{\text{н.уч}}^2 - (p_H^2 - p_K^2)_{\text{уч}}}, \text{ МПа}, \quad (47)$$

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

$(p_H^2 - p_K^2)_{\text{уч}}$  – перепад квадрата давления на участке, Мпа.

После определения конечного давления на всех участках кольца проверяется достаточность давления в узловых точках для преодоления гидравлического сопротивления в ответвлениях. Достаточность давления в узловых точках определяется сравнением с давлением газа для нормальной работы потребителя присоединенного к этой точке по условию

$$p_{н.отв} - l_{отв} \cdot \Delta P_{уд} - p_{к} > 0, \quad (48)$$

где  $p_{н.отв}$  – начальное давление газа в ответвлении, равно давлению газа в точке присоединения ответвления к кольцевой части газовой сети, МПа;

$l_{отв}$  – длина ответвления, м

$\Delta P_{уд}$  – удельные потери давления на трение, МПа/м;

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

В том случае если условие (48) хотя бы для одной узловой точки не выполняется, производится увеличение диаметра головных участков диаметрально противоположных точке питания.

В том случае, если увеличение диаметра головных участков и участков, примыкающих к ним (общей длиной не превышающей половины длины кольца), не привело к положительному результату, из условия надежности производится увеличение диаметра всего кольца.

На третьем этапе подбираются ориентировочные диаметры ответвлений к сосредоточенным потребителям, при аварийном гидравлическом режиме и определяется конечное давление газа (давление газа перед потребителем, которое должно быть больше, чем минимально допустимое давление газа перед потребителем).

Диаметры ответвлений рассчитываются для неблагоприятного аварийного режима из условия наименьшего давления газа перед ответвлением. Диаметры ответвлений принимаются не менее 50 мм и должны быть меньше диаметра участков кольца.

Расчет ориентировочного диаметра ответвлений производится по формуле

$$d_p^{\text{отв}} = \sqrt[n]{\frac{AB\rho Q_{\text{отв}}^m}{\Delta P_{\text{уд}}}}, \text{ см}, \quad (49)$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от категории сети;  $B$ ,  $n$ ,  $m$  – то же, что и в формуле (42);

$\rho$  – то же, что и в формуле (42);

$Q_{\text{отв}}$  – расход газа, проходящий по ответвлению, м<sup>3</sup>/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

$$A = 6,34 \cdot 10^{-5} / p_{\text{н.отв}}, \quad (50)$$

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

Удельные потери давления на трение определяется по формуле

$$\Delta P_{\text{уд}} = \frac{\Delta P_{\text{доп}}}{1,1L_{\text{отв}}}, \text{ МПа/м}, \quad (51)$$

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

Допустимые потери давления определяются по формуле

$$\Delta P_{\text{доп}} = p_{\text{н.отв}} - p_{\text{к}}, \text{ МПа}, \quad (52)$$

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 используя формулы (46) и (47).

После чего выполняется проверка по условию

$$p_{k.отв} - p_k > 0 \quad (53)$$

Если условие (53) не выполняется, делается перерасчет участков кольца с увеличением их диаметров по первому этапу расчета и заново определяются ориентировочные диаметры ответвлений.

После определения диаметров ответвлений выполняется гидравлический расчет ответвлений при работе сети в аварийном режиме, при этом определяется перепад квадрата давления для каждого участка по формуле (46), давление газа в конце ответвления по формуле (47) и выполняется проверка по условию (53). При невыполнении условия (53) диаметр участка увеличивают, выбирается ближайший больший диаметр и выполняется расчет перепада квадрата давления на участке по формуле (46), и находится давление газа в конце ответвления по формуле (47), при этом условие (53) должно быть выполнено для всех ответвлений.

На четвертом этапе рассчитывается распределение потоков при нормальном режиме и давление газа во всех узловых точках, с достижением требуемой величины относительной ошибки в кольце.

В начале расчета задаются ориентировочным (предварительным) распределением потоков газа в кольце. Потоки газа встречаются в узле, к которому присоединяется ответвление, снабжающее газом потребителя. Узел встречи потоков зависит от протяженности кольца и расхода газа потребителями. К этому узлу примыкают два участка кольца и ответвление, обслуживающее потребителя. Для определения расхода газа на этих участках расход газа потребителя, присоединенного к этому узлу, условно разбивается на две части.

Распределение потоков оказывает влияние на расход газа на участках кольца, который рассчитывается по формуле

$$Q_{уч} = \sum Q^П, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (54)$$

где  $\sum Q^П$  – сумма расходов газа потребителями, обслуживаемыми данным участком,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Значениям расходов газа на участках кольца присваиваются знаки плюс и минус в соответствии с направлениями движения газа в кольце (против часовой стрелки - «минус», по часовой стрелке - «плюс» или наоборот).

После того как определены ориентировочные расходы газа, на участках производится гидравлический расчет кольцевой части газовой сети среднего давления в нормальном режиме, определяется перепад квадрата давления для каждого участка, при этом в расчетах знак перепада квадрата давления должен соответствовать знаку расхода газа. Диаметры участков принимаются по ранее проведенному расчету при работе сети среднего давления в аварийном режиме.

На этом этапе при расчете перепад квадрата давления на участках рекомендуется ввести дополнительный коэффициент  $10^6$ , который позволяет более точно определить относительную ошибку в кольце, поправочный круговой расход газа. При вводе коэффициента  $10^6$  формула (46) принимает вид

$$(p_H^2 - p_K^2)_{\text{уч}} \cdot 10^6 = \left( 1,1 \cdot 1,2687 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda \frac{Q_{\text{уч}}^2}{d^5} \rho l_{\text{уч}} \right) \cdot 10^6, \text{МПа}^2 \cdot 10^6 \quad (55)$$

где  $\lambda$  – безразмерный коэффициент гидравлического трения;

$Q_{\text{уч}}$  – расход газа на участке газовой сети, м<sup>3</sup>/ч;

$d$  – внутренний диаметр участка газопровода, см;

$\rho$  – плотность газа при нормальных условиях, кг/м<sup>3</sup>;

$l_{\text{уч}}$  – длина участка газопровода, м.

После выполнения предварительной части расчета рассчитывается относительная ошибка по формуле

$$\Delta = \frac{\sum (p_H^2 - p_K^2)_{\text{уч}} \cdot 10^6}{0,5 \cdot / \sum (p_H^2 - p_K^2)_{\text{уч}} \cdot 10^6 /} 100\% \text{ менее } 1\% \quad (56)$$

где  $\sum (p_H^2 - p_K^2)_{\text{уч}} \cdot 10^6$  – суммарные потери давления всех участков кольца, МПа<sup>2</sup> · 10<sup>6</sup>;

$/ \sum (p_H^2 - p_K^2)_{\text{уч}} \cdot 10^6 /$  – суммарные потери давления всех участков кольца по модулю, МПа<sup>2</sup> · 10<sup>6</sup>.

При невыполнении условия (56) определяется поправочный круговой расход газа и выполняется гидравлический расчет с учетом этого расхода, при этом определяется перепад квадрата давления для каждого участка по формуле (54) и относительная ошибка в кольце по формуле (56).

Поправочный круговой расход рассчитывается по формуле

$$\Delta Q_k = - \frac{\sum (p_H^2 - p_K^2)_{уч} \cdot 10^6}{2 \sum \left( \frac{(p_H^2 - p_K^2)_{уч} \cdot 10^6}{Q_{уч}} \right)_{уч}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (57)$$

где  $\sum \left( \frac{(p_H^2 - p_K^2)_{уч} \cdot 10^6}{Q_{уч}} \right)_{уч}$  – суммарная зависимость потерь давления и расхода на участках кольца.

Расход газа на участках кольца, для последующих расчетов, определяется по формуле

$$Q_{уч}^j = Q_{уч}^{j-1} + \Delta Q_k, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (58)$$

где  $j$  – номер варианта перерасчета;

$Q_{уч}^{j-1}$  – расход газа на участке, используемый для проведения предыдущего расчета,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Добившись, методом перерасчета относительной ошибки в кольце менее 1% определяется перепад квадрата давления для каждого участка по формуле (46) и давление газа во всех узловых точках по формуле (47), которое в дальнейшем будет использовано при расчете ответвлений в нормальном режиме. При определении начального давления газа на участке необходимо учитывать направление движения газа.

На пятом этапе проверяются диаметры ответвлений к сосредоточенным потребителям, при расчетном гидравлическом режиме.

После того как кольцо увязано с относительной ошибкой менее 1% приступают к пятому этапу, на котором проверяются диаметры ответвлений к сосредоточенным потребителям, при нормальном гидравлическом режиме, расчет сводится к определению давления газа в конце ответвления, которое должно удовлетворять условию (53). Диаметры ответвлений принимаются по ранее проведенному расчету при работе сети среднего давления в аварийном



режиме, перепад квадрата давления для каждого участка определяется по формуле (46), давление газа в конце ответвления по формуле (47). При невыполнении условия (53) диаметр ответвления увеличивают, выбирается ближайший больший диаметр и выполняется расчет перепада квадрата давления на участке по формуле (46), и находится давление газа в конце ответвления по формуле (47), при этом условие (53) должно быть выполнено для всех ответвлений.

В том случае если были изменены диаметры ответвлений, необходимо выполнить перерасчет (гидравлический расчет) этих ответвлений и при аварийном режиме.

Используя вышеописанный алгоритм расчета, разрабатывается модель гидравлического расчета сети, как в аварийном, так и в нормальном режиме. На первом этапе моделирования определяются диаметры участков кольца по аналогии с первым этапом расчета, выполняется два варианта гидравлического расчета для участков кольца в аварийном режиме, производится корректировка диаметров участков кольца с учетом расчета ответвлений в аварийном режиме.

На втором этапе моделирования рассматривается гидравлический расчет кольца в нормальном режиме с учетом принятых диаметров участков кольца с достижением требуемой величины относительной ошибки, по аналогии с четвертым этапом гидравлического расчета.

На третьем этапе моделирования рассматривается гидравлический расчет ответвлений, по результатам которого подбираются оптимальные (минимально допустимые диаметры ответвлений) диаметры ответвлений, при этом должно выполняться условие

$$p_{н.отв}^2 - (p_n^2 - p_k^2)_{уч} - p_k^2 > 0 \quad (59)$$

где  $p_{н.отв}$  – начальное давление газа в ответвлении, МПа, для нормального режима по результатам расчета закольцованной части сети, с достижением относительной ошибки в кольце менее 1%, для аварийного режима с учетом неблагоприятного аварийного режима;

$(p_n^2 - p_k^2)_{уч}$  – перепад квадрата давления на участке определяется по формуле (46), МПа<sup>2</sup>;

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

За оптимальный считается минимальный диаметр ответвления, при котором условие (59) соблюдается как для аварийного, так и для нормального режима работы газовой сети среднего давления.

Таблица 30 – Расчет аварийного расхода газа

Потребители газа	Расчетный расход газа, м <sup>3</sup> /ч	К	Аварийный расход газа, м <sup>3</sup> /ч
Котельная №10	473,1	0,7	331,2
ГРП №2	1432,5	0,7	1002,7
Котельная №8	946,2	0,7	662,3
ГРП №1	570,3	0,7	399,2
Котельная №7	887,1	0,7	621,0
ГРП №5	1387,4	0,7	971,2
ГРП №4	1947,5	0,7	1363,2
ГРП №3	1927,7	0,7	1349,4
Котельная №16	414,0	0,7	289,8

Таблица 31 – Гидравлический расчет закольцованной части газовой сети в аварийном режиме при отказе участка 1-10

Номер участка	Диаметр участка, $d_n \times s$ , мм	Длина участка, $l_{уч}$ , м	Расход газа, Q, м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	Перепад квадрата давления на участке, мПа <sup>2</sup>	Начальное давление газа, МПа	Конечное давление газа, МПа
ГРС-1	273x8	1000	6990,1	0,0163	0,00852	0,28	0,264
1-2	273x8	1460	6990,1	0,0163	0,01244	0,264	0,240
2-3	245x8	1420	6658,9	0,0166	0,01997	0,240	0,194
3-4	245x8	80	5656,2	0,0167	0,00082	0,194	0,191
4-5	245x8	1430	4993,8	0,0168	0,01145	0,191	0,159
4-6	245x8	1290	4594,6	0,0169	0,00878	0,159	0,128
6-7	245x8	1630	3973,6	0,0170	0,00837	0,128	0,090
7-8	245x8	370	3002,4	0,0173	0,00111	0,090	0,083
8-9	245x8	210	1639,2	0,0183	0,00020	0,083	0,082
9-10	245x8	700	289,8	0,0230	0,00003	0,082	0,082

131

Таблица 32 – Гидравлический расчет закольцованной части газовой сети в аварийном режиме при отказе участка 1-2

Номер участка	Диаметр участка, $d_n \times s$ , мм	Длина участка, $l_{уч}$ , м	Расход газа, Q, м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	Перепад квадрата давления на участке, мПа <sup>2</sup>	Начальное давление газа, МПа	Конечное давление газа, МПа
ГРС-1	273x8	1000	6990,1	0,0163	0,00852	0,28	0,264
10-1	273x8	2600	6990,1	0,0163	0,02216	0,264	0,218
9-10	245x8	700	6700,3	0,0166	0,00996	0,218	0,194
8-9	245x8	210	5350,9	0,0168	0,00192	0,194	0,189
7-8	245x8	370	3987,6	0,0170	0,00191	0,189	0,184

Окончание таблицы 32 – Гидравлический расчет закольцованной части газовой сети в аварийном режиме при отказе участка 1-2

Номер участка	Диаметр участка, $d_n \times s$ , мм	Длина участка, $l_{уч}$ , м	Расход газа, $Q$ , м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	Перепад квадрата давления на участке, мПа <sup>2</sup>	Начальное давление газа, МПа	Конечное давление газа, МПа
6-7	245x8	1630	3016,4	0,0173	0,00491	0,184	0,170
5-6	245x8	1290	2395,5	0,0177	0,00250	0,170	0,163
4-5	245x8	1430	1996,2	0,0180	0,00195	0,163	0,157
3-4	245x8	80	1333,9	0,0188	0,00005	0,157	0,157
2-3	245x8	1420	331,2	0,0222	0,00007	0,157	0,156

Таблица 33 – Начальное давление газа перед ответвлением

Номер участка	Значение начального давления в ответвлении, МПа		
	Если отказал участок 1-10	Если отказал участок 1-2	Расчетное давление газа
2-К10	0,240	0,156	0,156
3-ГРП№2	0,194	0,157	0,157
4-К8	0,191	0,157	0,157
5-ГРП№1	0,159	0,163	0,159
6-К7	0,128	0,170	0,128
7-ГРП№5	0,090	0,184	0,090
8-ГРП№4	0,083	0,189	0,083
9-ГРП№3	0,082	0,194	0,082
10-К16	0,082	0,218	0,082

Таблица 34 – Гидравлический расчет ответвлений кольцевой газовой сети среднего давления в аварийном режиме

Номер участка	Диаметр участка, $d_n \times s$ , мм	Длина участка, $l_{уч}$ , м	Расход газа, $Q$ , м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	Перепад квадрата давления на участке, мПа <sup>2</sup>	Начальное давление газа, МПа	Конечное давление газа, МПа
2-К10	76x5	790	331,2	0,0165	0,01934	0,156	0,071
3-ГРП№2	127x5	1320	1002,7	0,0169	0,01470	0,157	0,099
4-К8	89x5	300	662,3	0,0173	0,01123	0,157	0,115
5-ГРП№1	76x5	530	399,2	0,0178	0,01866	0,159	0,081
6-К7	70x5	80	621,0	0,0184	0,01096	0,128	0,074
7-ГРП№5	152x5	1820	971,2	0,0206	0,00709	0,090	0,031
8-ГРП№4	140x5	520	1363,2	0,0206	0,00612	0,083	0,029
9-ГРП№3	152x5	710	1349,4	0,0175	0,00521	0,082	0,039
10-К16	60x5	70	289,8	0,0169	0,00552	0,082	0,035

133

Таблица 35 – Гидравлический расчет предварительного распределения потоков кольцевой газовой сети среднего давления при нормальном режиме

Номер участка	Диаметр участка, $d_n \times s$ , мм	Длина участка, $l_{уч}$ , м	Расход газа, $Q$ , м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	Перепад квадрата давления на участке, мПа <sup>2</sup> ·10 <sup>6</sup>	Отношение	Начальное давление газа, МПа	Конечное давление газа, МПа
ГРС-1	273x8	1000	9985,8	0,0160	17146	1,7	0,28	0,247
1-2	273x8	1460	5002,9	0,0165	6486	1,3	0,247	0,235
2-3	245x8	1420	4529,8	0,0169	9406	2,1	0,235	0,216
3-4	245x8	80	3097,3	0,0173	254	0,1	0,216	0,215
4-5	245x8	1430	2151,1	0,0178	2254	1,0	0,215	0,211

Окончание таблицы 35 – Гидравлический расчет предварительного распределения потоков кольцевой газовой сети среднего давления при нормальном режиме

Номер участка	Диаметр участка, $d_n \times s$ , мм	Длина участка, $l_{уч}$ , м	Расход газа, $Q$ , м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	Потери давления на участке, мПа <sup>2</sup> ·10 <sup>6</sup>	Отношение	Начальное давление газа, МПа	Конечное давление газа, МПа
4-6	245x8	1290	1580,8	0,0184	1133	0,7	0,211	0,208
6-7	245x8	1630	693,7	0,0206	308	0,4	0,208	0,208
7-8	245x8	370	-693,7	0,0206	-70	0,1	0,208	0,208
8-9	245x8	210	-2641,2	0,0175	-490	0,2	0,210	0,208
9-10	245x8	700	-4568,9	0,0169	-4715	1,0	0,221	0,210
10-1	273x8	2600	-4982,9	0,0165	-11461	2,3	0,247	0,221
					$\Sigma 3104$ $\Sigma 36577$	$\Sigma 9,3$		
$\Delta = \frac{3104}{(0,5 \cdot 36577)} \cdot 100\% = 17\%;$ $\Delta Q_k = -\frac{3104}{2 \cdot 9,3} = -167,2 \text{ м}^3/\text{ч}.$								

134

Таблица 36 – Гидравлический расчет распределительной газовой сети среднего давления при нормальном режиме (1 итерация)

Номер участка	Диаметр участка, $d_n \times s$ , мм	Длина участка, $l_{уч}$ , м	Расход газа, $Q$ , м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	Потери давления на участке, мПа <sup>2</sup> ·10 <sup>6</sup>	Отношение	Начальное давление газа, МПа	Конечное давление газа, МПа
ГРС-1	273x8	1000	9985,8	0,0160	17146	1,7	0,28	0,247
1-2	273x8	1460	4835,7	0,0166	6072	1,3	0,247	0,235
2-3	245x8	1420	4362,6	0,0169	8742	2,0	0,235	0,216

Окончание таблицы 36 – Гидравлический расчет распределительной газовой сети среднего давления при нормальном режиме (1 итерация)

Номер участка	Диаметр участка, $d_n \times s$ , мм	Длина участка, $l_{уч}$ , м	Расход газа, $Q$ , м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	Потери давления на участке, мПа <sup>2</sup> ·10 <sup>6</sup>	Отношение	Начальное давление газа, МПа	Конечное давление газа, МПа
3-4	245x8	80	2930,1	0,0174	228	0,1	0,216	0,215
4-5	245x8	1430	1983,9	0,0180	1932	1,0	0,215	0,211
4-6	245x8	1290	1413,6	0,0186	917	0,6	0,211	0,208
6-7	245x8	1630	526,5	0,0215	186	0,4	0,208	0,208
7-8	245x8	370	-860,9	0,0199	-104	0,1	0,208	0,208
8-9	245x8	210	-2808,4	0,0174	-552	0,2	0,210	0,208
9-10	245x8	700	-4736,1	0,0169	-5057	1,1	0,221	0,210
10-1	273x8	2600	-5150,1	0,0165	-12219	2,4	0,247	0,221
					$\Sigma 146$ $\Sigma 36010$	$\Sigma 9,1$		
$\Delta = \frac{146}{(0,5 \cdot 36010)} \cdot 100\% = 0,8\%;$ $\Delta Q_k = -\frac{146}{2 \cdot 9,1} = -8, \text{ м}^3/\text{ч}.$								

Таблица 37 – Гидравлический расчет распределительной газовой сети среднего давления при нормальном режиме (2 итерация)

Номер участка	Диаметр участка, $d_n \times s$ , мм	Длина участка, $l_{уч}$ , м	Расход газа, $Q$ , м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	Потери давления на участке, мПа <sup>2</sup> ·10 <sup>6</sup>	Отношение	Начальное давление газа, МПа	Конечное давление газа, МПа
ГРС-1	273x8	1000	9985,8	0,0160	17146	1,7	0,28	0,247
1-2	273x8	1460	4827,7	0,0166	6053	1,3	0,247	0,235
2-3	245x8	1420	4354,6	0,0169	8711	2,0	0,235	0,216
3-4	245x8	80	2922,1	0,0174	227	0,1	0,216	0,215
4-5	245x8	1430	1975,9	0,0180	1917	1,0	0,215	0,211
4-6	245x8	1290	1405,6	0,0186	908	0,6	0,211	0,208
6-7	245x8	1630	518,5	0,0216	181	0,3	0,208	0,208
7-8	245x8	370	-869,0	0,0199	-106	0,1	0,208	0,208
8-9	245x8	210	-2816,4	0,0174	-555	0,2	0,210	0,208
9-10	245x8	700	-4744,1	0,0169	-5073	1,1	0,221	0,210
10-1	273x8	2600	-5158,1	0,0165	-12256	2,4	0,247	0,221
					$\sum 5$ $\sum 35986$	$\sum 9,1$		
$\Delta = \frac{5}{(0,5 \cdot 35986)} \cdot 100\% = 0,03\%;$ $\Delta Q_k = -\frac{5}{2 \cdot 9,1} = -0,3 \text{ м}^3/\text{ч}.$								



Таблица 38 – Гидравлический расчет ответвлений кольцевой газовой сети среднего давления в нормальном режиме

Номер участка	Диаметр участка, $d_n \times s$ , мм	Длина участка, $l_{уч}$ , м	Расход газа, $Q$ , м <sup>3</sup> /ч	$\lambda$	Перепад квадрата давления на участке, мПа <sup>2</sup>	Начальное давление газа, МПа	Конечное давление газа, МПа
2-К10	76x5	790	473,1	0,0228	0,03874	0,235	0,128
3-ГРП№2	127x5	1320	1432,5	0,0198	0,02942	0,216	0,131
4-К8	89x5	300	946,2	0,0215	0,02260	0,215	0,154
5-ГРП№1	76x5	530	570,3	0,0226	0,03747	0,211	0,083
6-К7	70x5	80	887,1	0,0227	0,02215	0,208	0,146
7-ГРП№5	152x5	1820	1387,4	0,0193	0,01409	0,208	0,171
8-ГРП№4	140x5	520	1947,5	0,0192	0,01227	0,208	0,176
9-ГРП№3	152x5	710	1927,7	0,0189	0,01041	0,210	0,183
10-К16	60x5	70	414,0	0,0241	0,01111	0,221	0,195

## 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. Енисейска, из условия оптимального расстояния действия ГРП, в поселке проектируются пять сетевых газорегуляторных пункта.

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 34

Таблица 39 – 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 <sup>3</sup> /ч
ГРС	600	280	9985,8
ГРП №1	82,931	10	570,3
ГРП №2	130,640	10	1432,5
ГРП №3	183,058	10	1927,7
ГРП №4	176,356	10	1947,5
ГРП №5	170,788	10	1387,4

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

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

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

$$K_3 = \frac{Q_p}{Q_{max}}, \quad (60)$$

где  $Q_p$  – расчетная пропускная способность регулятора, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{max}$  – максимальная пропускная способность регулятора, м<sup>3</sup>/ч.

Максимальная пропускная способность регуляторов давления РДУК-2, м<sup>3</sup>/ч, определяется по формуле

$$Q_{max} = 1,595 \cdot f \cdot \varphi \cdot K \cdot p_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{\rho_{\Gamma}}}, \quad (61)$$

где  $f$  – площадь седла клапана регулятора давления (за вычетом площади штока), см<sup>2</sup>;

$\varphi$  – 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;

$\rho_{\Gamma}$  – плотность газа, кг/м<sup>3</sup>.

**ГРС** – регулятор РДУК-2В-200/105

Расчетный расход газа – 9985,8 м<sup>3</sup>/ч.

Избыточное давление газа до регулятора 600 кПа.

Абсолютное давление газа на входе 701,3 кПа.

Избыточное давление газа после регулятора 280 кПа.

Абсолютное давление газа на выходе 381,3 кПа.

Площадь седла клапана регулятора давления – 154 см<sup>2</sup>.

Коэффициент расхода – 0,9.

Плотность газа – 0,861 кг/м<sup>3</sup>.

При  $p_2/p_1=381,3/701,3=0,54$ ;  $\varphi=0,47$ .

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

$$Q_{max} = 1,595 \cdot 154 \cdot 0,47 \cdot 0,9 \cdot 701,3 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,861}} = 35205, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Коэффициент регулятора давления РДУК-2В-200/105 рассчитывается по формуле (60) и составляет:

$$K_3 = \frac{9985,8}{35205,7} \cdot 100 = 28,36\%.$$

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-200/105.

**ГРП №1** – регулятор РД-50М

Требуемая пропускная способность ГРУ – 570 м<sup>3</sup> /ч

Избыточное давление газа до регулятора 83 кПа, абсолютное давление газа на входе 184 кПа.

Плотность газа – 0,862 кг/м<sup>3</sup>

При давлении газа до регулятора  $p_1=111$  кПа и  $Q=184$  м<sup>3</sup> /ч, используя приложение В к установке выбираем регулятор давления РД-50М, диаметром седла клапана 15 мм. Паспортная производительность регулятора  $Q_{п}=251$  м<sup>3</sup>/ч (интерполяция).

При  $p_2/p_1=111/184=0,6$

$$Q_{max} = 0,0157 \cdot 251 \cdot \frac{184}{\sqrt{0,862}} = 754, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М составляет

$$K_3 = \frac{570}{754} \cdot 100 = 75,65\%.$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М лежит в желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно.

**ГРП №2** – регулятор РД-50М

Требуемая пропускная способность ГРУ – 1432 м<sup>3</sup> /ч

Избыточное давление газа до регулятора 131 кПа, абсолютное давление газа на входе 232 кПа.

Плотность газа – 0,862 кг/м<sup>3</sup>

При давлении газа до регулятора  $p_1=111$  кПа и  $Q=232$  м<sup>3</sup> /ч, используя приложение В к установке выбираем регулятор давления РД-50М, диаметром седла клапана 20 мм. Паспортная производительность регулятора  $Q_{п}=492$  м<sup>3</sup>/ч (интерполяция).

При  $p_2/p_1=111/232=0,5$

$$Q_p = 0,0157 \cdot 492 \cdot \frac{232}{\sqrt{0,862}} = 1929, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М составляет

$$K_3 = \frac{1432}{1929} \cdot 100 = 74,27\%.$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М лежит в желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно.

**ГРП №3** – регулятор РД-50М

Требуемая пропускная способность ГРУ –1928 м<sup>3</sup> /ч

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

Плотность газа – 0,862 кг/м<sup>3</sup>

При давлении газа до регулятора  $p_1=111$  кПа и  $Q=284$  м<sup>3</sup> /ч, используя приложение В к установке выбираем регулятор давления РД-50М, диаметром седла клапана 20 мм. Паспортная производительность регулятора  $Q_{п}=583$  м<sup>3</sup>/ч (интерполяция).

При  $p_2/p_1=111/284=0,4$

$$Q_p = 0,0157 \cdot 583 \cdot \frac{284}{\sqrt{0,862}} = 2805, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М составляет

$$K_3 = \frac{1928}{2805} \cdot 100 = 68,72\%.$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М лежит в желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно.

**ГРП №4** – регулятор РД-50М

Требуемая пропускная способность ГРУ –1947 м<sup>3</sup> /ч

Избыточное давление газа до регулятора 176 кПа, абсолютное давление газа на входе 278 кПа.

Плотность газа – 0,862 кг/м<sup>3</sup>

При давлении газа до регулятора  $p_1=111$  кПа и  $Q=278$  м<sup>3</sup> /ч, используя приложение В к установке выбираем регулятор давления РД-50М, диаметром седла клапана 20 мм. Паспортная производительность регулятора  $Q_{п}=572$  м<sup>3</sup>/ч (интерполяция).

При  $p_2/p_1=111/278=0,4$

$$Q_p = 0,0157 \cdot 572 \cdot \frac{278}{\sqrt{0,862}} = 2686, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М составляет

$$K_3 = \frac{1947}{2686} \cdot 100 = 72,51\%.$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М лежит в желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно.

**ГРП №5** – регулятор РД-50М

Требуемая пропускная способность ГРУ –1387 м<sup>3</sup> /ч

Избыточное давление газа до регулятора 171 кПа, абсолютное давление газа на входе 272 кПа.

Плотность газа – 0,862 кг/м<sup>3</sup>

При давлении газа до регулятора  $p_1=111$  кПа и  $Q=272$  м<sup>3</sup> /ч, используя приложение В к установке выбираем регулятор давления РД-50М, диаметром седла клапана 20 мм. Паспортная производительность регулятора  $Q_{п}=563$  м<sup>3</sup>/ч (интерполяция).

При  $p_2/p_1=111/272=0,4$

$$Q_p = 0,0157 \cdot 563 \cdot \frac{272}{\sqrt{0,862}} = 2588, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М составляет

$$K_3 = \frac{1387}{2588} \cdot 100 = 53,6\%.$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М лежит в желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно.

**Котельная №8**– регулятор РД-50М

Требуемая пропускная способность ГРУ –946 м<sup>3</sup> /ч

Избыточное давление газа до регулятора 154 кПа, абсолютное давление газа на входе 255 кПа.

Плотность газа – 0,862 кг/м<sup>3</sup>

При давлении газа до регулятора  $p_1=111$  кПа и  $Q=255$  м<sup>3</sup>/ч, используя приложение В к установке выбираем регулятор давления РД-50М, диаметром седла клапана 15 мм. Паспортная производительность регулятора  $Q_{\text{п}}=326$  м<sup>3</sup>/ч (интерполяция).

При  $p_2/p_1=151/255=0,6$

$$Q_p = 0,0157 \cdot 326 \cdot \frac{255}{\sqrt{0,862}} = 1363, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М составляет

$$K_3 = \frac{946}{1363} \cdot 100 = 69,42\%.$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М лежит в желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно.

**Котельная №7**– регулятор РД-50М

Требуемая пропускная способность ГРУ –887 м<sup>3</sup>/ч

Избыточное давление газа до регулятора 146 кПа, абсолютное давление газа на входе 247 кПа.

Плотность газа – 0,862 кг/м<sup>3</sup>

При давлении газа до регулятора  $p_1=151$  кПа и  $Q=247$  м<sup>3</sup>/ч, используя приложение В к установке выбираем регулятор давления РД-50М, диаметром седла клапана 15 мм. Паспортная производительность регулятора  $Q_{\text{п}}=317$  м<sup>3</sup>/ч (интерполяция).

При  $p_2/p_1=151/247=0,6$

$$Q_p = 0,0157 \cdot 317 \cdot \frac{247}{\sqrt{0,862}} = 1275, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М составляет

$$K_3 = \frac{887}{1275} \cdot 100 = 69,59\%.$$

**Котельная №10**– регулятор РД-50М

Требуемая пропускная способность ГРУ –473 м<sup>3</sup> /ч

Избыточное давление газа до регулятора 128 кПа, абсолютное давление газа на входе 230 кПа.

Плотность газа – 0,862 кг/м<sup>3</sup>

При давлении газа до регулятора  $p_1=126$  кПа и  $Q=230$  м<sup>3</sup> /ч, используя приложение В к установке выбираем регулятор давления РД-50М, диаметром седла клапана 15 мм. Паспортная производительность регулятора  $Q_{\text{п}}=298$  м<sup>3</sup>/ч (интерполяция).

При  $p_2/p_1=126/230=0,5$

$$Q_p = 0,0157 \cdot 298 \cdot \frac{230}{\sqrt{0,862}} = 1138, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М составляет

$$K_3 = \frac{473}{1138} \cdot 100 = 41,57\%.$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М лежит в желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно.

**Котельная №10**– регулятор РД-50М

Требуемая пропускная способность ГРУ –414 м<sup>3</sup> /ч

Избыточное давление газа до регулятора 195 кПа, абсолютное давление газа на входе 296 кПа.

Плотность газа – 0,862 кг/м<sup>3</sup>

При давлении газа до регулятора  $p_1=126$  кПа и  $Q=295$  м<sup>3</sup> /ч, используя приложение В к установке выбираем регулятор давления РД-50М, диаметром седла клапана 15 мм. Паспортная производительность регулятора  $Q_{\text{п}}=603$  м<sup>3</sup>/ч (интерполяция).

При  $p_2/p_1=126/296=0,4$

$$Q_p = 0,0157 \cdot 603 \cdot \frac{296}{\sqrt{0,862}} = 3018, \text{ м}^3/\text{ч}$$



Коэффициент регулятора давления РД-50М составляет

$$K_3 = \frac{414}{3018} \cdot 100 = 13,72\%.$$

Коэффициент регулятора давления РД-50М лежит в желаемых пределах 10÷80%, регулятор будет работать стабильно.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной бакалаврской работе рассмотрена комплексная газификация города Енисейска Красноярского края, расход газа 18588 тыс. м<sup>3</sup>/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 и 3 кольцевые сети низкого давления; произведен гидравлический расчет сетей, все кольца увязаны с погрешностью, не превышающую 0,1%; 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 ИСПОЛЬЗУЕМЫХ 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 унт; Ин-т архитектуры и стр-ва, 2007, 40с.

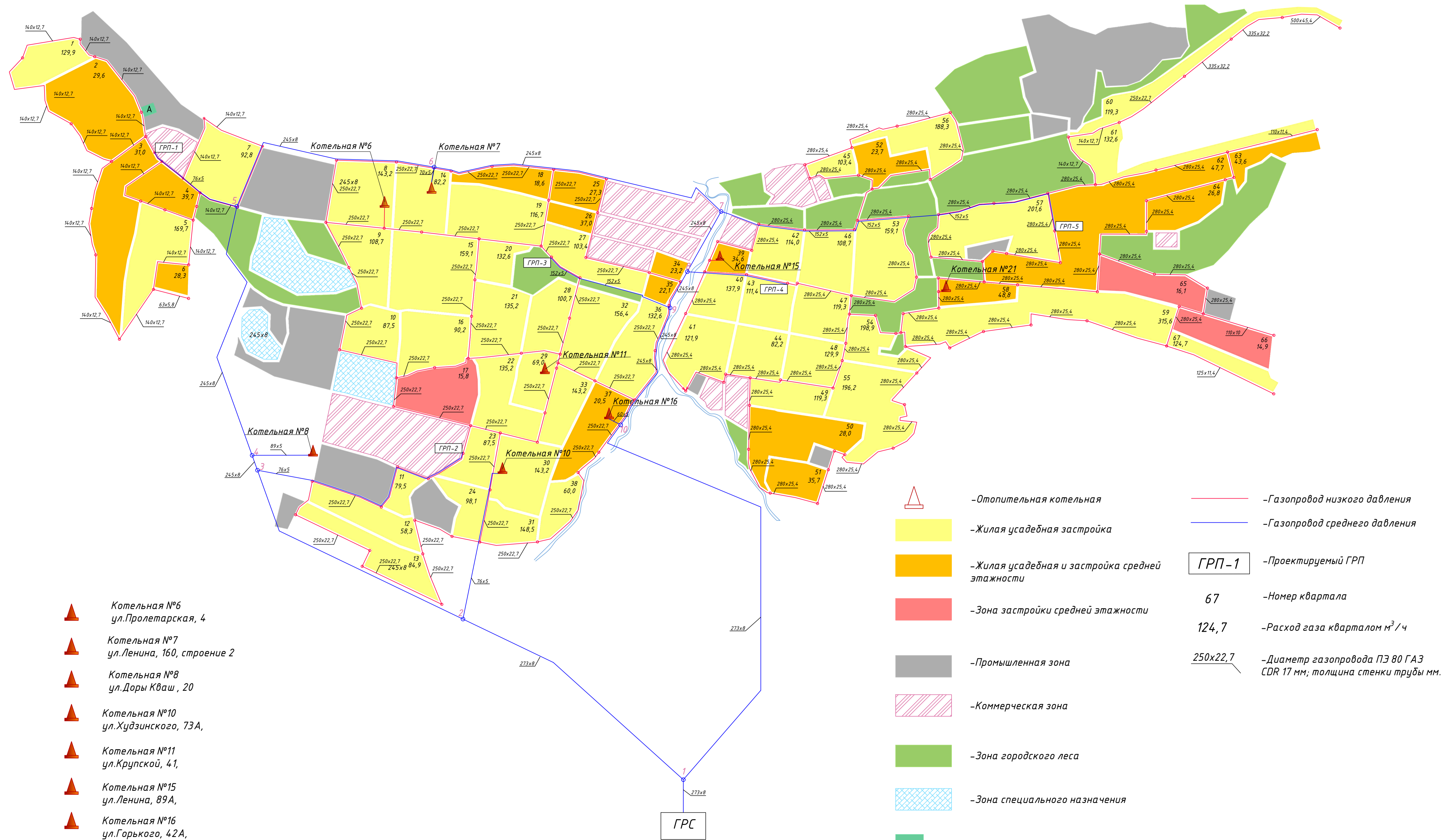
14 Газоснабжение. Гидравлический расчет распределительных газовых сетей низкого давления: учеб.-метод. пособие [для студентов напр. подг. 08.03.01 «Строительство» спец. 08.03.01.00.05 «Теплогазоснабжение и вентиляция»]/Сиб. федер. ун-т, Инж.-строит. ин-т ; сост.: И. Б. Оленев, А.И. Авласевич. – 2019

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



- Котельная №6  
ул.Пролетарская, 4
- Котельная №7  
ул.Ленина, 160, строение 2
- Котельная №8  
ул.Доры Кваш, 20
- Котельная №10  
ул.Худзинского, 73А,
- Котельная №11  
ул.Крупской, 41,
- Котельная №15  
ул.Ленина, 89А,
- Котельная №16  
ул.Горького, 42А,
- Котельная №21  
ул.Ленина, 25/15,

- Отопительная котельная
- Жилая усадебная застройка
- Жилая усадебная и застройка средней этажности
- Зона застройки средней этажности
- Промышленная зона
- Коммерческая зона
- Зона городского леса
- Зона специального назначения
- Хлебозавод
- Газораспределительная станция
- Газопровод низкого давления
- Газопровод среднего давления
- Проектируемый ГРП
- Номер квартала
- Расход газа кварталом м³/ч
- Диаметр газопровода ПЭ 80 ГАЗ CDR 17 мм; толщина стенки трубы мм.

					БР - 08.03.01.05 - 2021 - ГС				
					Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт				
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Разработка схем распределительных сетей газоснабжения г. Енисейска	Стадия	Лист	Листов
Разраб.	Полутоптовых						У	1	6
Проверил	Оленев								
И контр.	Оленев								
Зав. кафедр	Матешенко					Генплан г. Енисейска М 1:10000			
							ИСЗиС		

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

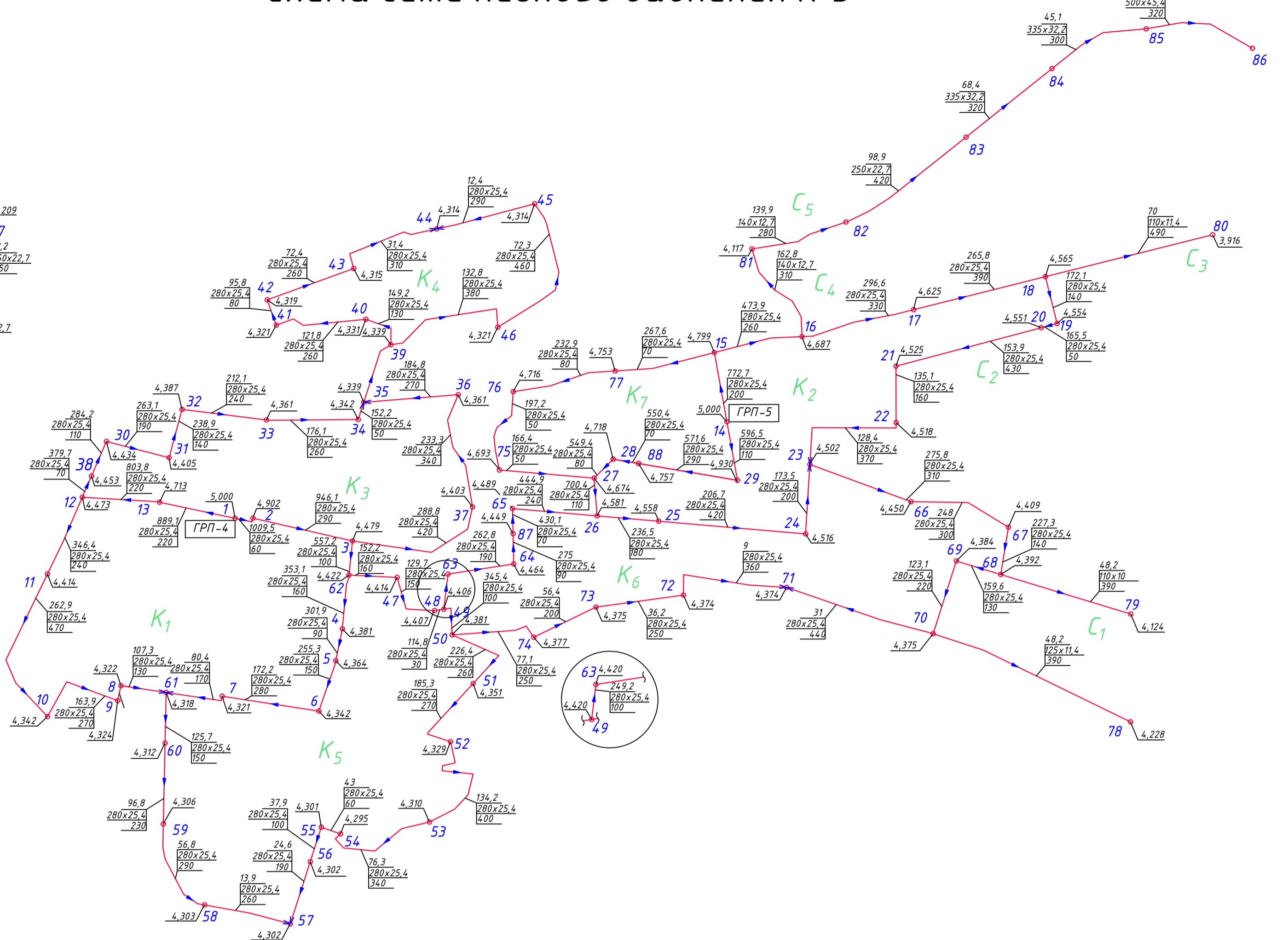
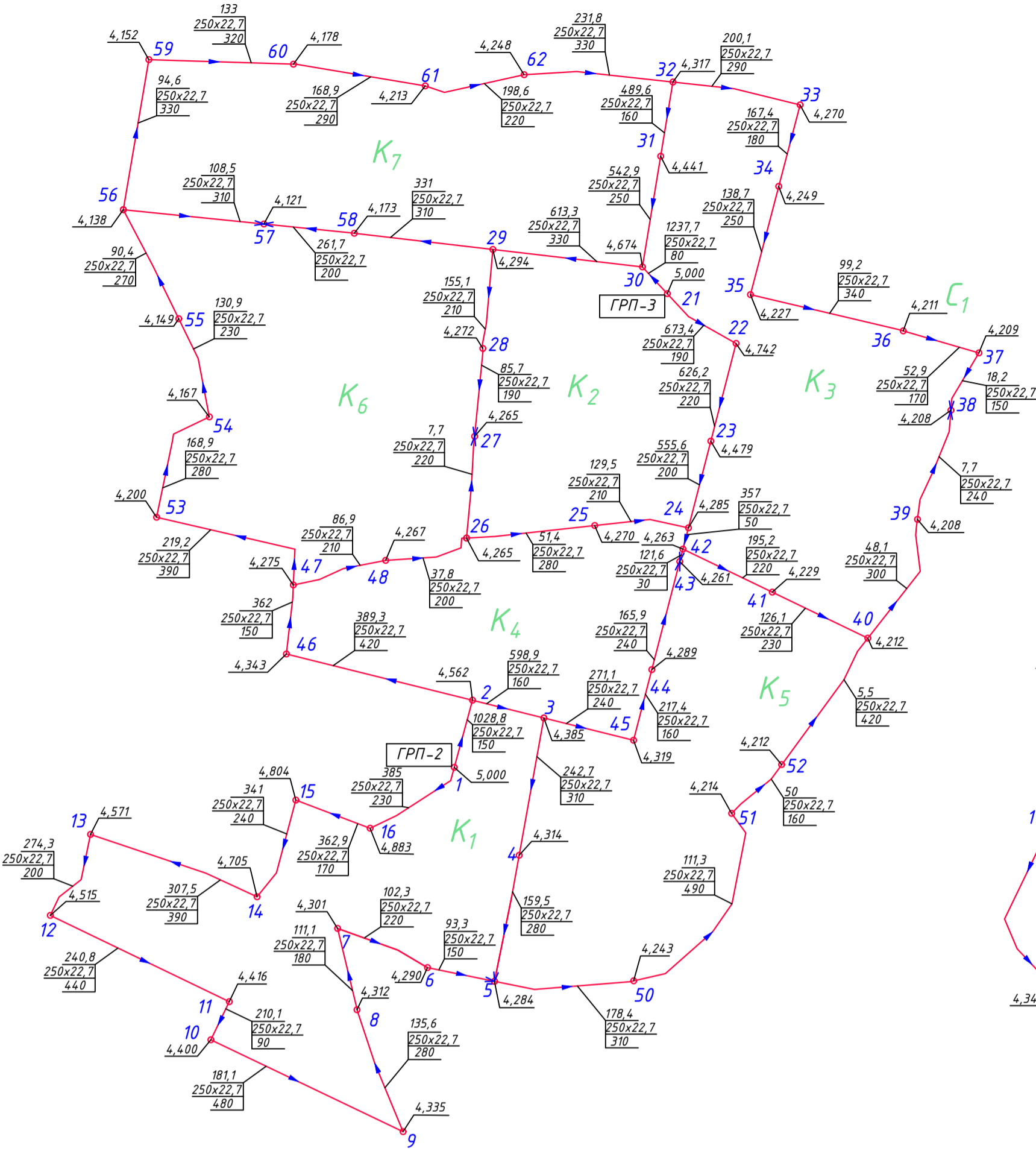
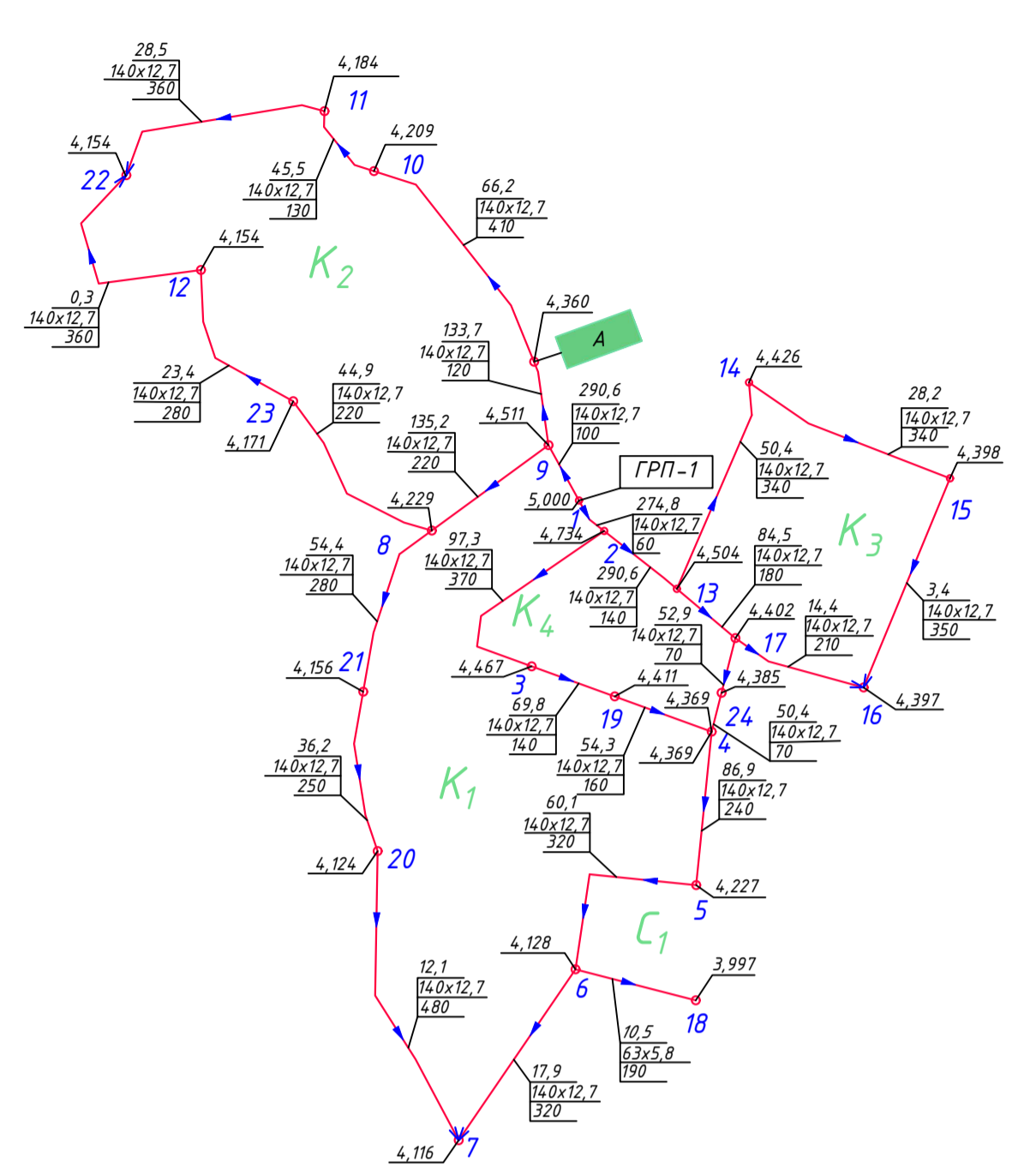
ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

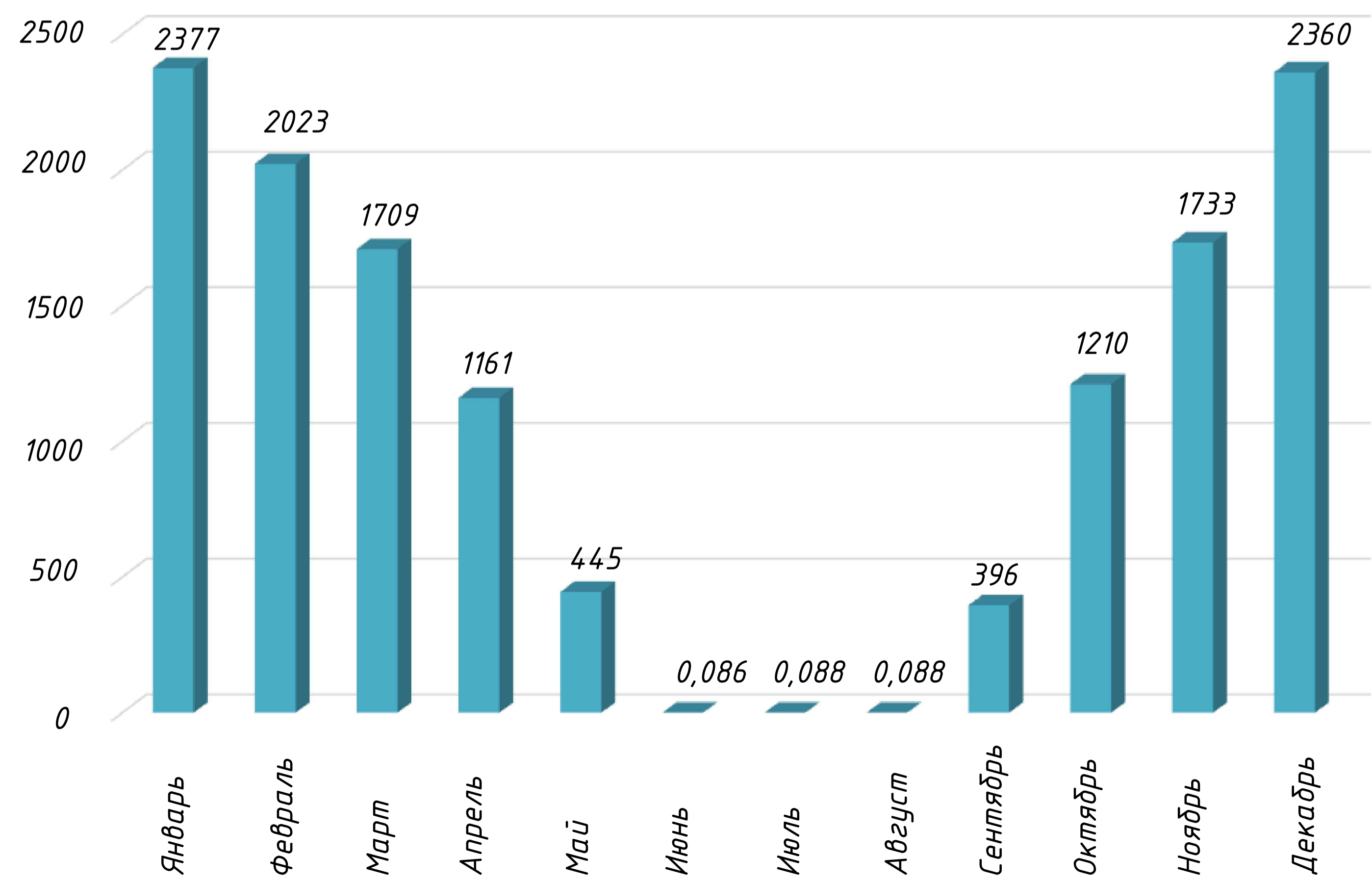
### Схема сети низкого давления №2

### Схема сети низкого давления №1

### Схема сети низкого давления №3



Расход газа по месяцам года, тыс. м<sup>3</sup>/мес.



17,9  
140x12,7  
320  
Расход газа м<sup>3</sup>/ч  
Диаметр газопровода ПЭ 80 ГАЗ СDR, мм  
Длина, м

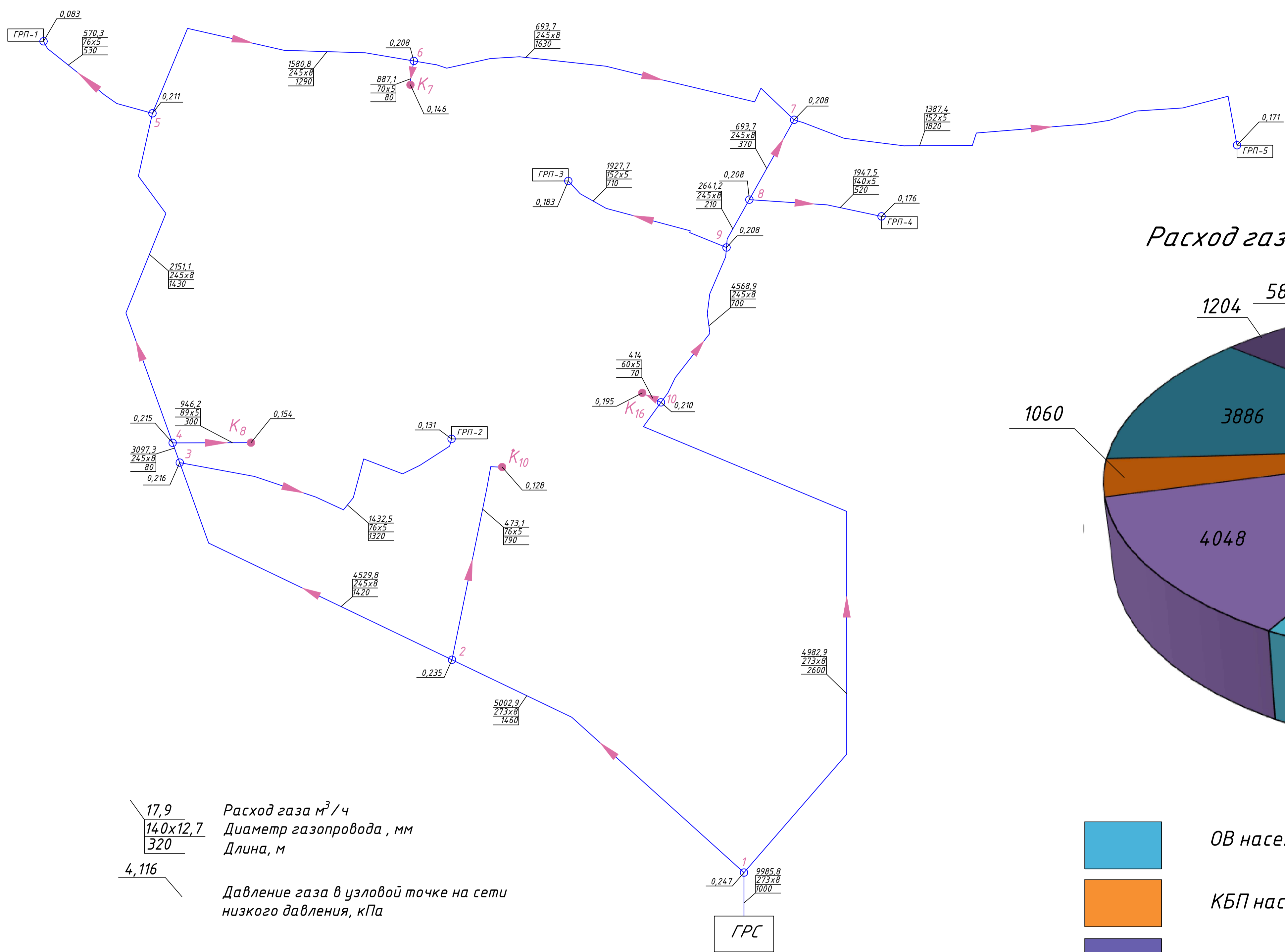
4,116  
Давление газа в узловой точке на сети  
низкого давления, кПа

БР - 08.03.01.05 - 2021 - ГС					
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Полутоптыгин				
Проверил	Оленев				
Разработка схем распределительных сетей газоснабжения г. Енисейска			Стадия	Лист	Листов
И контр. Оленев			У	2	6
Зав. кафедр. Матешенко			ИСЗиС		
Схемы низкого давления, график расхода газа М 1:10000					

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

### Схема сети среднего давления



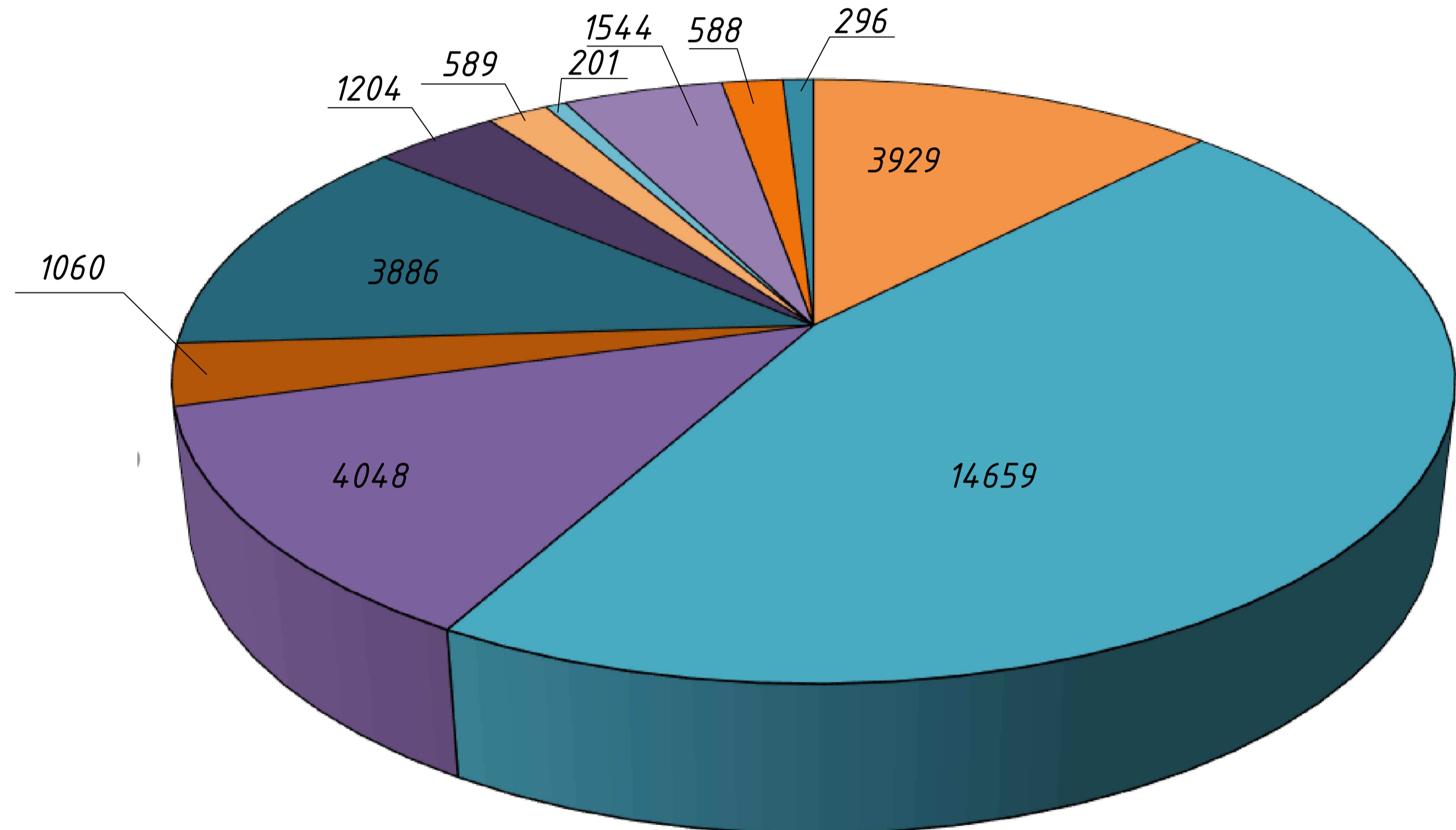
$\frac{17,9}{14,0 \times 12,7}$   
 $\frac{320}{320}$

Расход газа м<sup>3</sup>/ч  
 Диаметр газопровода, мм  
 Длина, м

4,116

Давление газа в узловой точке на сети  
 низкого давления, кПа

### Расход газа по видам потребления, тыс. м<sup>3</sup>/год



### Условные обозначения

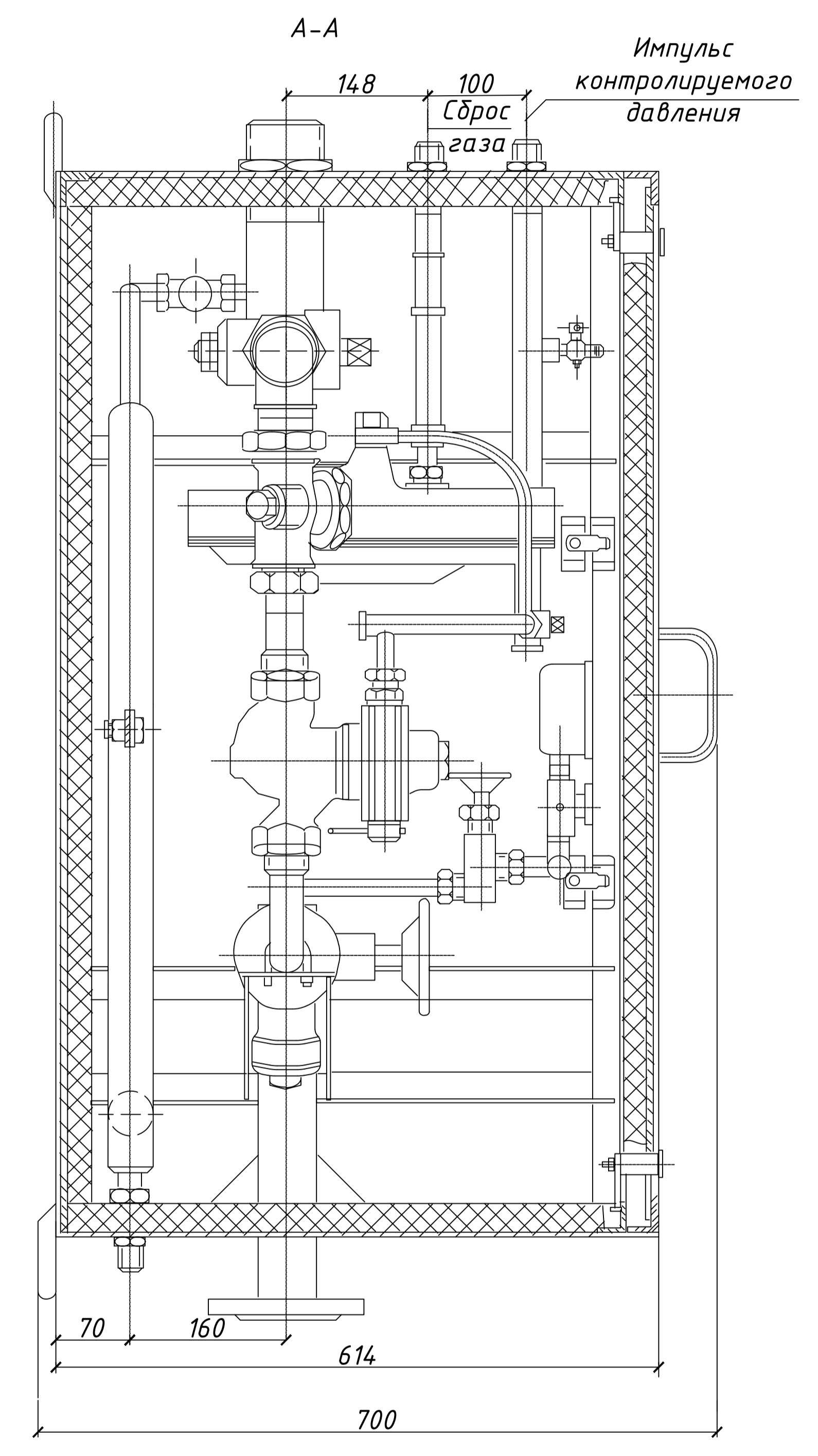
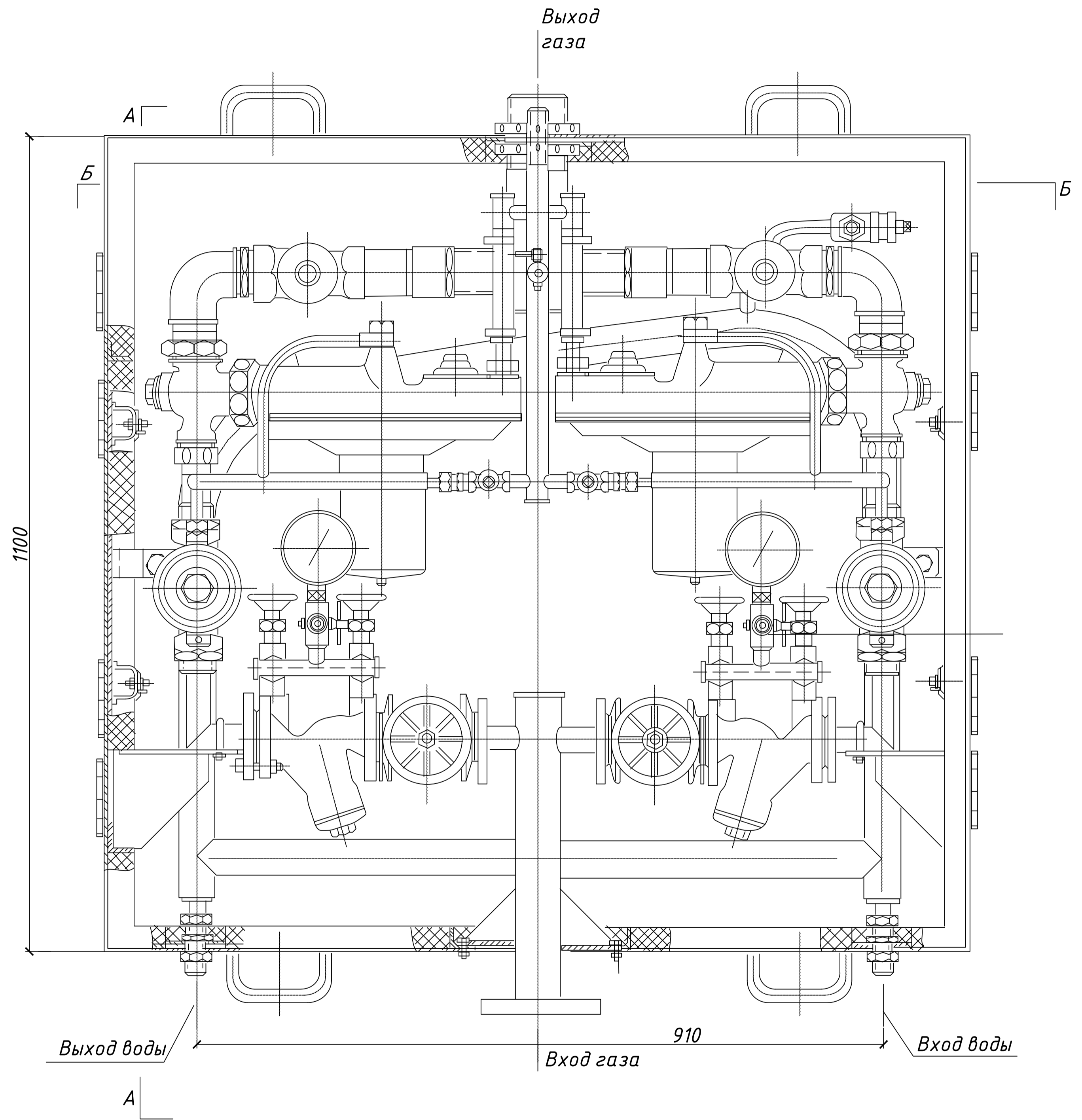
- Об население
- Котельная №6
- КБП население
- Котельная №10
- Котельная №8
- Котельная №21
- Котельная №7
- Котельная №11
- Котельная №16
- Хлебозавод
- Котельная №15

					БР - 08.03.01.05 - 2021 - ГС					
					Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Разработка схем распределительных сетей газоснабжения г. Енисейска		Стадия	Лист	Листов
Разраб.	Полуполтинных					Разработка схем распределительных сетей газоснабжения г. Енисейска		У	3	6
Проверил	Оленев					Схемы среднего давления, график расхода газа М 1:10000		ИСЗиС		
И контр.	Оленев									
Зав. кафедрой	Матющенко									

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

# План шкафной газорегуляторной установки РД -50М-20



ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

					БР - 08.03.01.05 - 2021 - ГС				
					Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт				
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Разработка схем распределительных сетей газоснабжения г. Енисейска	Стадия	Лист	Листов
Разраб.		Полуполтинных					у	4	6
Проверил		Оленев							
И контр.		Оленев							
Зав. кафедр		Матвеев				План шкафной газорегуляторной установки РД-50М-20	ИСЗиС		



План шкафной газорегуляторной установки РД -50М-20

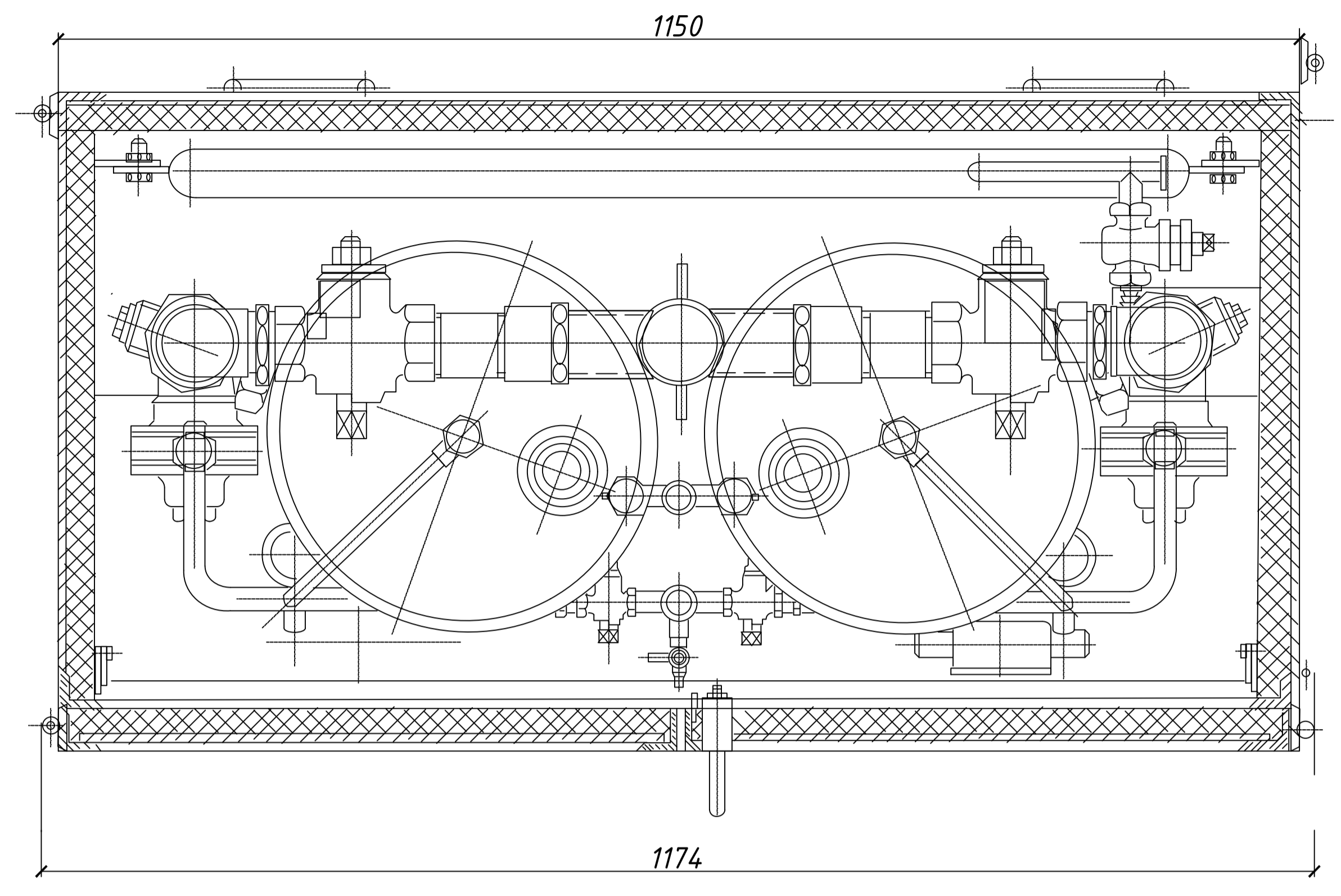
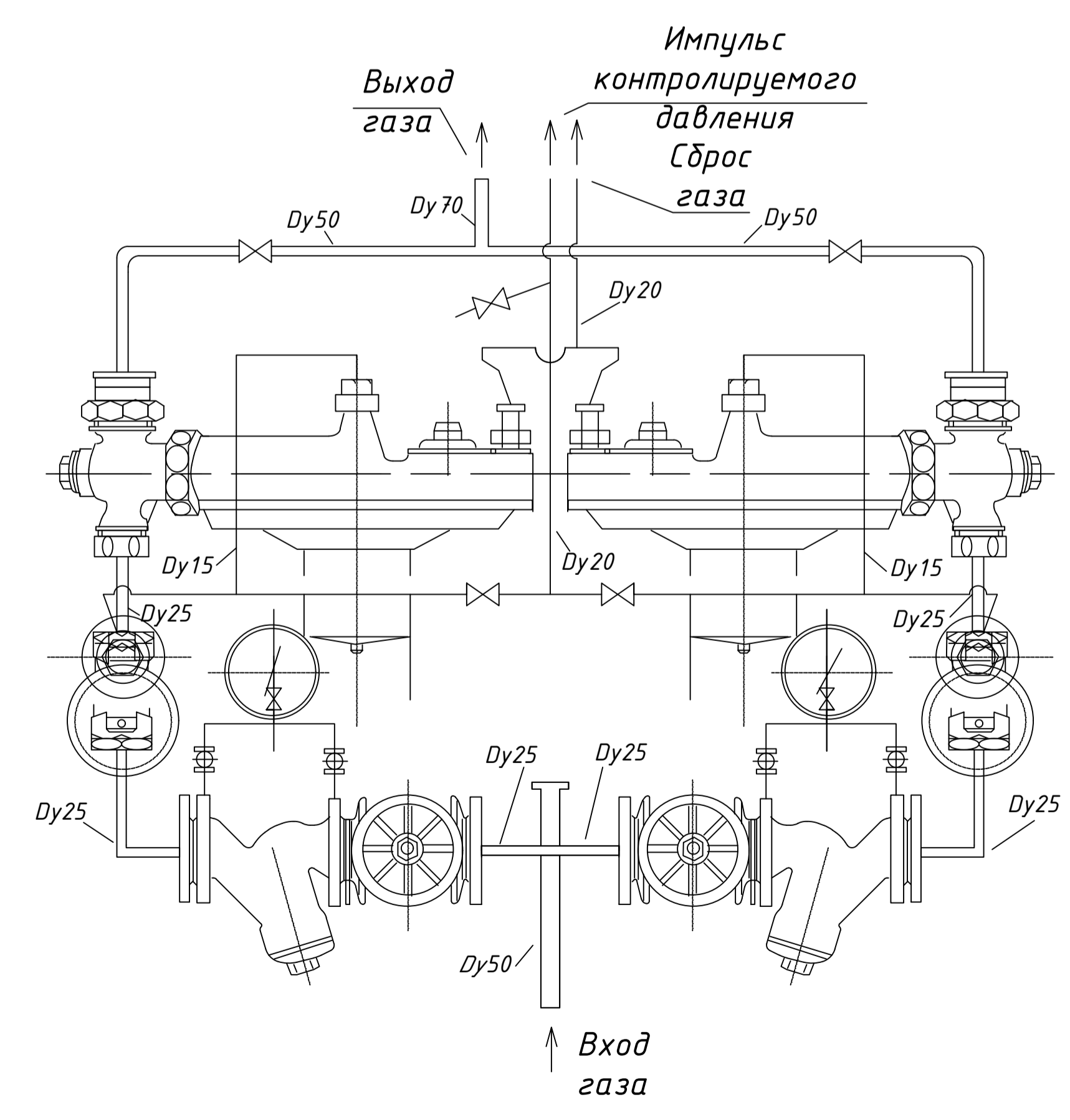
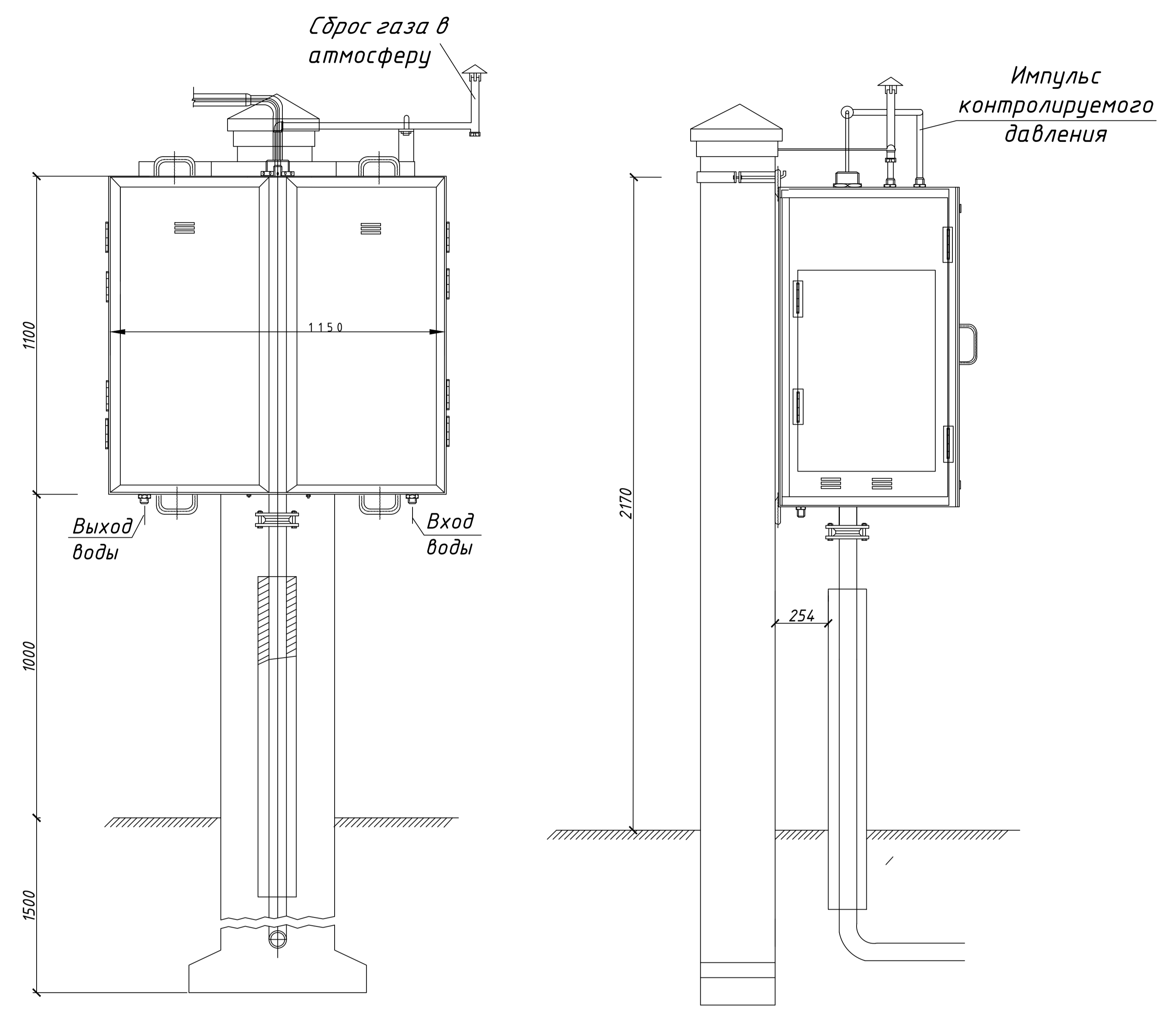


Схема шкафной газорегуляторной установки РД -50М-20

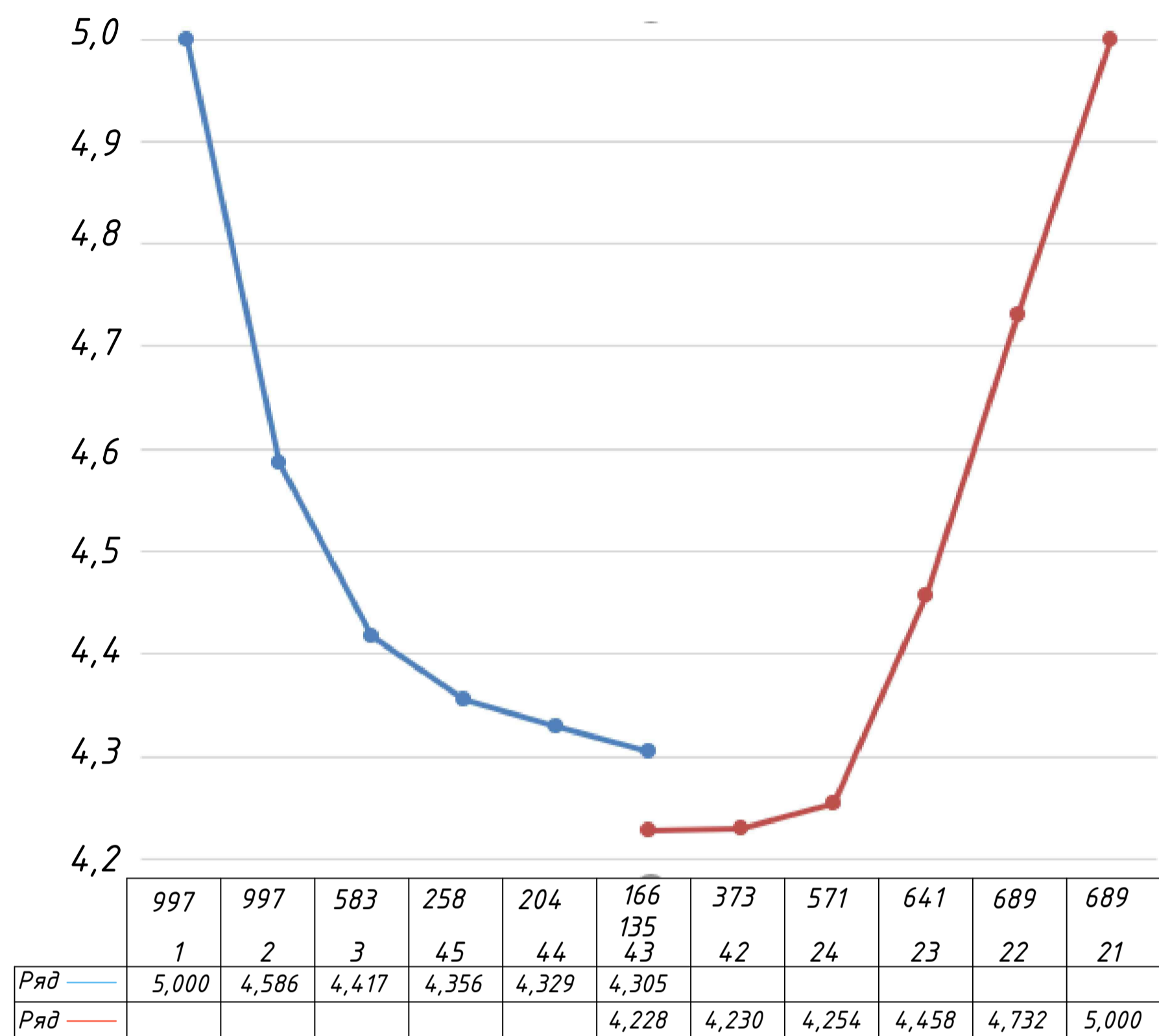


Установка шкафного газорегуляторного пункта на опоре

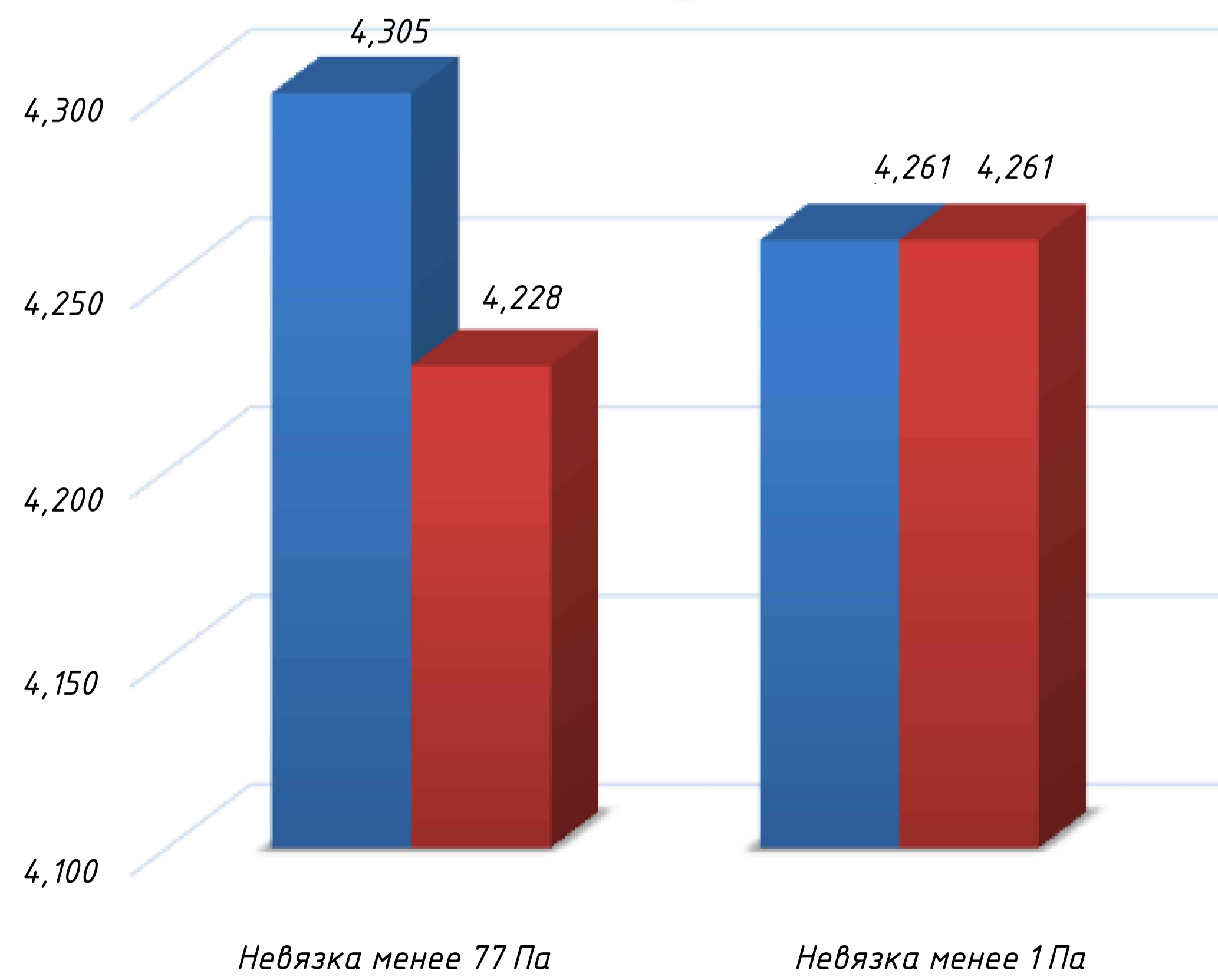
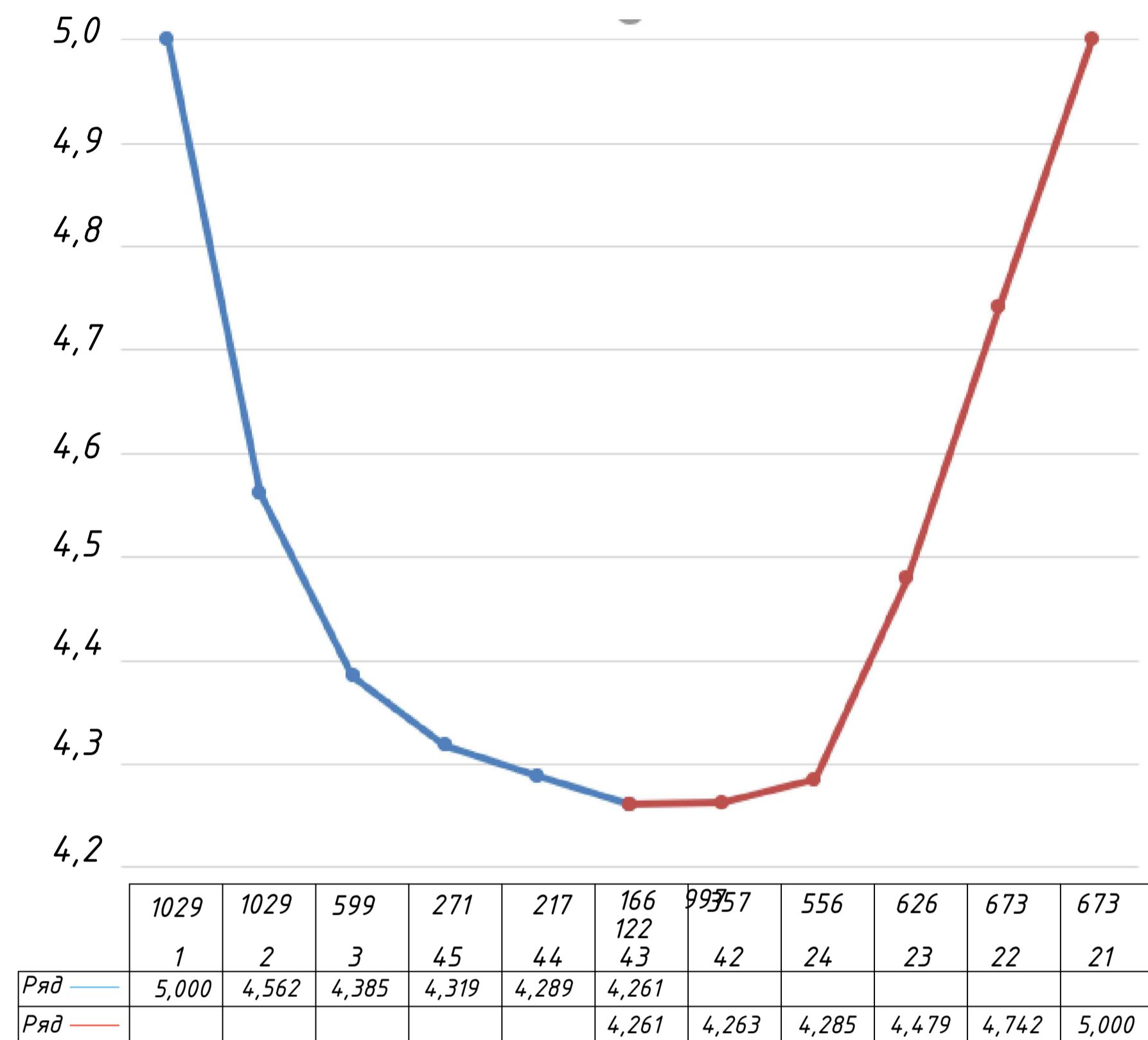


						БР - 08.03.01.05 - 2021 - ГС			
						Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Разработка схем распределительных сетей газоснабжения г. Енисейска	Стадия	Лист	Листов
Разраб.	Полуплотных						у	5	6
Проверил	Оленев					План и схема шкафной газорегуляторной установки РД-50М-20; установка шкафной газорегуляторного пункта на опоре	ИСЗиС		
И контр.	Оленев								
Зав. кафедр.	Матвеев								

### Результаты предварительного моделирования увязки давления в узловой точке № 43 (сеть №2)



### Результаты окончательного моделирования увязки давления в узловой точке № 43 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
43	43-44	4,261	131,2	43-64	228,4
	42-43	4,261	117,2		
	ΔP=0		Σ 228,4		
57	56-57	4,121	63,2	57-63	295,7
	57-58	4,121	232,5		
	ΔP=0		Σ 295,7		
56	55-56	4,138	72,5	56-57	145,6
	56-59	4,138	73,1		
	ΔP=0		Σ 145,6		
26	25-26	4,265	15,0	56-57	26,5
	26-48	4,265	11,5		
	ΔP=0		Σ 145,6		
49	48-49	4,406	112,3	49-50	356,5
	49-63	4,406	244,2		
	ΔP=0		Σ 356,5		
27	27-75	4,674	152,1	26-27	701,0
	27-28	4,674	548,9		
	ΔP=0		Σ 701,0		

БР - 08.03.01.05 - 2021 - ГС					
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Полуполтинных				
Проверил	Оленев				
И контр.	Оленев				
Зав. кафедр	Матвеев				
Разработка схем распределительных сетей газоснабжения г. Енисейска				Стадия	Лист
Результаты математического моделирования увязки давлений в узловых точках				У	6
				ИСЗиС	

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK


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 распределительных сетей газоснабжения г. Енисейска  
тема

Руководитель

 17.06

подпись, дата

доцент, к.т.н

должность, ученая степень

И.Б.Оленев

инициалы, фамилия

Выпускник

 17.06

подпись, дата

Ю.С.Полуполтинных

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 17.06

подпись, дата

И.Б.Оленев

инициалы, фамилия

Красноярск 2021