



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на тему «Газоснабжение жилой зоны поселка с населением 4 тысячи человек»

Содержит: 56 страниц, 20 таблиц, 52 формул.

ГАЗОСНАБЖЕНИЕ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА, РАСЧЕТ ПОТРЕБЛЕНИЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА НАСЕЛЕНИЕМ, КОТЕЛЬНЫМИ ГОРОДА И ОБЪЕКТАМИ КОММУНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ТРАССИРОВКА ГАЗОВЫХ СЕТЕЙ, ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СЕТЕЙ НИЗКОГО И СРЕДНЕГО ДАВЛЕНИЯ, ПОДБОР ГРП, МОНТАЖ ПОДЗЕМНОГО ГАЗОПРОВОДА, СБОРКА И СВАРКА ТРУБ В ЗВЕНЬЯ, МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДОВ, ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ И ОКОНЧАТЕЛЬНОЕ ИСПЫТАНИЕ ГАЗОПРОВОДА.

Объект проектирования – населенный пункт численностью 4000 тыс. человек.

Цель работы:

- обеспечить газоснабжением населенный пункт
- рассчитать потребление
- расчет и подбор оптимального оборудования
- технология монтажа газопровода

В результате проведенных расчетов были разработаны схемы трассировки трубопроводов и произведен выбор основного оборудования

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1.Газоснабжение.....	5
Общие сведения о газификации поселка .....	5
Расчет низшей теплоты сгорания и плотности используемого газа .....	7
Расчет потребления природного газа населением .....	9
Расчет потребления газа котельными города.....	19
Расчёт потребления газа коммунальными объектами (хлебозаводом).	21
Определение суммарного расхода газа для газоснабжения населённого пункта.....	22
Принципиальная схема газоснабжения населённого пункта .....	23
Выбор оптимального количества сетевых ГРП.....	23
Трассировка газовых сетей в городе .....	23
Гидравлический расчет распределительных сетей низкого давления	24
Гидравлический расчёт сети среднего давления... ..	53
Заключение .....	56
Список использованных источников .....	57

## **ВВЕДЕНИЕ**

Газовая промышленность является одной из активно развивающихся отраслей народного хозяйства, это обусловлено ростом газопотребления, а также газификацией новых городов и населенных пунктов.

Совершенствование и автоматизация технологических процессов приводят к необходимости повысить качество теплоносителей, по сравнению с другими видами топлива, этим требованиям удовлетворяет природный газ.

В бакалаврской работе представлены материалы по газификации посёлка, численность населения составляет 4000 человек. Газифицировать поселок предполагается природным газом.

Технические решения, представленные в работе, позволяют газифицировать посёлок на современном технологическом уровне, решая задачи газоснабжения населения, кроме этого, поддерживая экологический баланс.

ВКР выполнен в соответствии с СП 62.13330.2011 Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002.

## 1 Газоснабжение

### Общие сведения о газификации села

В бакалаврской работе представлены материалы по газификации посёлка, численность населения составляет 4000 человек.

В поселке расположена три котельных. Газифицировать поселок предполагается природным газом следующего состава горючих компонентов: метан – 90%, этан – 5,2%; пропан – 0,9%, бутан – 0,4%, пентан – 0,2, углекислый газ – 0,3%, азот + редкие газы – 13

Метеорологические условия:

- температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий,  $t_{BH} = 22^{\circ}\text{C}$

[14];

- расчетная наружная для проектирования отопления,  $t_{P.O} = -37^{\circ}\text{C}$  [14];

- расчетная наружная для проектирования вентиляции,  $t_{P.B.} = -37^{\circ}\text{C}$  [14];

- средняя наружного воздуха за отопительный сезон,  $t_{CP.O} = -6,7^{\circ}\text{C}$  [14];

- продолжительность отопительного периода,  $n_0 = 233$  суток [14].

Исходные данные для газификации жилого сектора – таблица 1  
(ситуационный план лист 1 графическая часть).

Таблица 1 – Исходные данные для газификации жилого сектора

Номер квартала	Число жителей (потребителей газа)	Площадь отапливаемых помещений автономной системой теплоснабжения, м <sup>2</sup>
1	90	1620
2	100	1800
3	90	1620
4	90	1620
5	90	1620
6	120	2160
7	120	2160
8	140	2520
9	120	2160
10	80	1440
11	110	1980
12	130	2340
13	150	2700
14	120	2160
15	160	2880
16	150	2700
17	140	2520
18	120	2160
19	80	1440
20	90	1620
21	90	1620
22	90	1620
23	110	1980
24	90	1620
25	110	1980
26	110	1980
27	180	3240
28	150	2700
29	90	1620
30	110	1980
31	120	2160
32	120	2160
33	90	1620
34	90	1620
35	160	2880

Таблица 2 – Исходные данные для расчета потребления природного газа котельными

Абонент	Наименование абонента	Вырабатываемая тепловая мощность	
		Гкал/ч	Гкал/год
1	Котельная № 1	2,4	8200
2	Котельная № 2	3,2	11250
3	Котельная № 3	1,6	5500

### 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

$$Q_H^P = \frac{\sum (C_m H_n)_i \cdot Q_{H_i}^P}{100}, \text{ кДж/м}^3, \quad (1)$$

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>, принимается по [4, таблица 1.3].

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

$$\rho_\Gamma = \frac{\sum \delta_i \cdot \rho_i}{100}, \text{ кг/м}^3, \quad (2)$$

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

$\rho_i$  - плотность сгорания  $i$ -го компонента газа, кг/м<sup>3</sup>, принимается по [4, таблица 1.2].

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

$$\nu_{\Gamma} = \mu_{\Gamma} / \rho_{\Gamma}, \text{ м}^2/\text{с} \quad (3)$$

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

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

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.

Согласно исходным данным природный газ без учета  $CH_4$  включает следующие компоненты:  $C_2H_6 = 5,2\%$ ,  $C_3H_8 = 0,9\%$ ,  $C_4H_{10} = 0,4\%$ ,  $C_5H_{12} = 0,2\%$ ,  $N_2 = 3\%$ ,  $CO_2 = 0,3\%$ . Количество метана, содержащегося в газе, составляет 90%.

Низшая теплота сгорания природного газа определяется по формуле (1) и составляет

$$Q_H^P = \frac{90 \cdot 35840 + 5,2 \cdot 63730 + 0,9 \cdot 93370 + 0,4 \cdot 123770}{100} +$$

$$+ \frac{0,2 \cdot 3,221 + 3 \cdot 1,2505 + 0,3 \cdot 1,9768}{100} = 37200 \text{ кДж/м}^3$$



Плотность природного газа определяется по формуле (2) и составляет

$$\rho_{\Gamma} = \frac{90 \cdot 0,7168 + 5,2 \cdot 1,3566 + 0,9 \cdot 2,019 + 0,4 \cdot 2,703}{100} + \frac{0,2 \cdot 3,221 + 3 \cdot 1,2505 + 0,3 \cdot 1,9768}{100} = 0,794 \text{ кг/м}^3$$

Динамическая вязкость природного газа определяется по формуле (4) и составляет

$$\mu_{\Gamma} = \frac{90 \cdot 101 \cdot 10^{-7} + 5,2 \cdot 86 \cdot 10^{-7} + 0,9 \cdot 75 \cdot 10^{-7}}{100} + \frac{0,4 \cdot 68 \cdot 10^{-7} + 0,2 \cdot 2830 \cdot 10^{-7} + 3 \cdot 165 \cdot 10^{-7} + 0,3 \cdot 137 \cdot 10^{-7}}{100} = 0,0000107 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Кинематическая вязкость природного газа составляет  $\nu_{\Gamma} = 0,0000107/0,794=0,0000139 \text{ м}^2/\text{с}$ .

### **Расчет потребления природного газа населением**

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

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, потребляемый жилыми зданиями, тыс. м<sup>3</sup>/год, определяется по формуле

$$Q_{год} = N \cdot \frac{\delta \cdot Q}{100 \cdot Q_H^p} \cdot 10^{-6}, \text{ тыс. м}^3/\text{год} \quad (5)$$

где  $N$  – количество потребителей, чел;

$\delta$  – потребление газа в жилых квартирах, %;

$Q$  – норма расхода газа на данный вид коммунальных услуг, кДж [7, приложение 5];

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

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

$$Q_{об.} = \left[ 24 + (1 + K) \cdot \frac{t_{вн} - t_{ср.о}}{t_{вн} - t_{р.о}} + Z \cdot K_1 \cdot K \cdot \frac{t_{вн} - t_{ср.о}}{t_{вн} - t_{р.в}} \right] \cdot \frac{g \cdot F \cdot n_o}{\eta_0 \cdot Q_H} \cdot 10^{-6}, \text{ тыс. м}^3/\text{год} \quad (6)$$

где  $K$ ,  $K_1$  – коэффициенты, учитывающие расход теплоты на отопление и вентиляцию, при отсутствии данных соответственно принимаются равным 0,25 и 0,4;

$t_{вн}$ ,  $t_{р.о}$ ,  $t_{р.в}$ ,  $t_{ср.о}$  – температура соответственно внутреннего воздуха отапливаемых зданий, расчетная наружная для проектирования отопления, расчетная наружная для проектирования вентиляции, средняя наружного воздуха за отопительный сезон, °С;

$Z$  – среднее число часов работы системы вентиляции общественных зданий в течение суток, при отсутствии данных принимается 16 ч,

$g$  – укрупненный показатель максимального часового расхода теплоты на отопление жилых зданий, кДж/ч на 1 м<sup>2</sup> жилой площади [16]. ;

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

$n_o$  – продолжительность отопительного периода, сут;

$\eta_0$  – КПД отопительной системы принимается 0,85;

$Q_{\text{H}}^{\text{p}}$  – низшая теплота сгорания сухого газа, кДж/м<sup>3</sup>.

Часовой расход газа на коммунально-бытовые нужды, м<sup>3</sup>/ч, рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{ч}}^j = \frac{Q_{\text{год}}^j \cdot 10^6}{m^j}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (7)$$

где  $Q_{\text{год}}$  – годовой расход газа, тыс. м<sup>3</sup>/год;

$m$  – число часов использования максимума, ч/год.

Для жилых домов число часов максимума зависит от числа жителей, снабжаемых газом от сети [7, приложение 4].

Часовой расход газа, м<sup>3</sup>/ч, на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{ч(о.в.)}} = \frac{Q_{\text{о.в.}} \cdot 10^6}{m_{\text{о.в.}}}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (8)$$

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

$$m_{\text{о.в.}} = n_{\text{о}} \cdot [24 + (1 + K) \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о}}} + Z \cdot K_1 \cdot K \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.о}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.в}}}], \text{ ч/год}, \quad (9)$$

где  $n_{\text{о}}, t_{\text{вн}}, t_{\text{р.о}}, t_{\text{р.в}}, t_{\text{ср.о}}, K_1, K, Z$ , – то же, что и в формуле (6).

Расчет годового расхода газа на коммунально-бытовые нужды проведен по формуле (5) и сведен в таблицу 3. Низшая теплота сгорания сухого газа составляет  $Q_H^p=37198,05$  кДж/м<sup>3</sup> – расчет раздел 1.2. Норма расхода газа на данный вид коммунальных услуг, кДж [7, приложение 5].

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	90	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	24,194
2	100	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	26,882
3	90	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	24,194
4	90	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	24,194
5	90	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	24,194
6	120	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	32,258
7	120	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	32,258
8	140	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	37,634
9	120	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	32,258
10	80	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	21,505
11	110	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	29,570
12	130	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	34,946
13	150	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	40,323
14	120	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	32,258
15	160	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	43,011

## Окончание таблицы 3

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>	
16	150	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	40,323
17	140	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	37,634
18	120	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	32,258
19	80	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	21,505
20	90	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	24,194
21	90	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	24,194
22	90	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	24,194
23	110	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	29,570
24	90	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	24,194
25	110	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	29,570
26	110	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	29,570
27	180	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	48,387
28	150	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	40,323
29	90	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	24,194
30	110	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	29,570
31	120	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	32,258
32	120	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	32,258
33	90	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	24,194
34	90	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	24,194
35	160	Приготовление пищи и горячей воды	10000	268,8	43,011
					1075,274

Расчет часового расхода газа на коммунально-бытовые нужды проведен по формуле (7) и сведен в таблицу 4. Низшая теплота сгорания

сухого газа составляет  $Q_{\text{н}}=37200$  кДж/м<sup>3</sup> – расчет раздел 1.2. Для жилых домов число часов максимума зависит от числа жителей, снабжаемых газом от сети [7, приложение 4].

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	24,194	1800	13,4
2	26,882	1800	14,9
3	24,194	1800	13,4
4	24,194	1800	13,4
5	24,194	1800	13,4
6	32,258	1800	17,9
7	32,258	1800	17,9
8	37,634	1800	20,9
9	32,258	1800	17,9
10	21,505	1800	11,9
11	29,570	1800	16,4
12	34,946	1800	19,4
13	40,323	1800	22,4
14	32,258	1800	17,9
15	43,011	1800	23,9
16	40,323	1800	22,4
17	37,634	1800	20,9
18	32,258	1800	17,9
19	21,505	1800	11,9
20	24,194	1800	13,4
21	24,194	1800	13,4
22	24,194	1800	13,4
23	29,570	1800	16,4
24	24,194	1800	13,4
25	29,570	1800	16,4
26	29,570	1800	16,4
27	48,387	1800	26,9
28	40,323	1800	22,4
29	24,194	1800	13,4
30	29,570	1800	16,4
31	32,258	1800	17,9
32	32,258	1800	17,9
33	24,194	1800	13,4
34	24,194	1800	13,4
35	43,011	1800	23,9
			596,5

Расчет годового расхода газа на нужды отопления и вентиляции проведен по формуле (6) и сведен в таблицу 5.

Низшая теплота сгорания сухого газа составляет  $Q_H^p=37198,05$  кДж/м<sup>3</sup> – расчет раздел 1.2.

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	2880	131,326
2	2880	145,918
3	2880	131,326
4	2880	131,326
5	2880	131,326
6	2880	175,101
7	2880	175,101
8	2880	204,285
9	2880	175,101
10	2880	116,734
11	2880	160,509
12	2880	189,693
13	2880	218,876
14	2880	175,101
15	2880	233,468
16	2880	218,876
17	2880	204,285
18	2880	175,101
19	2880	116,734
20	2880	131,326
21	2880	131,326
22	2880	131,326
23	2880	160,509
24	2880	131,326
25	2880	160,509
26	2880	160,509
27	2880	262,652
28	2880	218,876
29	2880	131,326
30	2880	160,509
31	2880	175,101
32	2880	175,101
33	2880	131,326
34	2880	131,326
35	2880	233,468
		5836,703

Расчет часового расхода газа на нужды отопления и вентиляции проведен по формуле (8) и сведен в таблицу 6. Низшая теплота сгорания сухого газа составляет  $Q_{\text{н}}^p = 37200$  кДж/м<sup>3</sup> – расчет раздел 1.2.

Число часов, ч/год, использования максимума на отопление и вентиляцию рассчитывается по формуле (9) и составляет

$$m_{\text{о.в.}} = 233 \cdot [24 \cdot (1 + 0,25) \cdot \frac{22 - (-6,7)}{22 - (-37)} + 16 \cdot 0,25 \cdot 0,6 \cdot \frac{22 - (-6,7)}{22 - (-37)}] = 3672 \text{ ч/год}$$

Таблица 6 – Расчет часового расхода газа на нужды отопления 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	131,326	3672	35,8
2	145,918	3672	39,7
3	131,326	3672	35,8
4	131,326	3672	35,8
5	131,326	3672	35,8
6	175,101	3672	47,7
7	175,101	3672	47,7
8	204,285	3672	55,6
9	175,101	3672	47,7
10	116,734	3672	31,8
11	160,509	3672	43,7
12	189,693	3672	51,7
13	218,876	3672	59,6
14	175,101	3672	47,7
15	233,468	3672	63,6
16	218,876	3672	59,6
17	204,285	3672	55,6
18	175,101	3672	47,7
19	116,734	3672	31,8
20	131,326	3672	35,8
21	131,326	3672	35,8
22	131,326	3672	35,8
23	160,509	3672	43,7
24	131,326	3672	35,8
25	160,509	3672	43,7



Окончание таблицы 6

Номер квартала	Годовой расход газа, тыс. м <sup>3</sup> /год	Число часов максимума	Часовой расход газа, м <sup>3</sup> /ч
26	160,509	3672	43,7
27	262,652	3672	71,5
28	218,876	3672	59,6
29	131,326	3672	35,8
30	160,509	3672	43,7
31	175,101	3672	47,7
32	175,101	3672	47,7
33	131,326	3672	35,8
34	131,326	3672	35,8
35	233,468	3672	63,6
			1589,9

Расчет годового расхода газа потребителями, расположенными в посёлке сведен в таблицу 7.

Таблица 7 – Расчет годового расхода газа потребителями, расположенными в посёлке

Номер квартала	Расход газа, тыс. м <sup>3</sup> /год		
	на коммунально-бытовые нужды	на отопление и вентиляцию	всего
1	24,194	131,326	155,520
2	26,882	145,918	172,800
3	24,194	131,326	155,520
4	24,194	131,326	155,520
5	24,194	131,326	155,520
6	32,258	175,101	207,359
7	32,258	175,101	207,359
8	37,634	204,285	241,919
9	32,258	175,101	207,359
10	21,505	116,734	138,239
11	29,570	160,509	190,079
12	34,946	189,693	224,639
13	40,323	218,876	259,199
14	32,258	175,101	207,359
15	43,011	233,468	276,479
16	40,323	218,876	259,199
17	37,634	204,285	241,919
18	32,258	175,101	207,359

## Окончание таблицы 7

Номер квартала	Расход газа, тыс. м <sup>3</sup> /год		
	на коммунально-бытовые нужды	на отопление и вентиляцию	всего
19	21,505	116,734	138,239
20	24,194	131,326	155,520
21	24,194	131,326	155,520
22	24,194	131,326	155,520
23	29,570	160,509	190,079
24	24,194	131,326	155,520
25	29,570	160,509	190,079
26	29,570	160,509	190,079
27	48,387	262,652	311,039
28	40,323	218,876	259,199
29	24,194	131,326	155,520
30	29,570	160,509	190,079
31	32,258	175,101	207,359
32	32,258	175,101	207,359
33	24,194	131,326	155,520
34	24,194	131,326	155,520
35	43,011	233,468	276,479
Итого	1075,274	5836,703	6911,977

Расчет годового расхода газа потребителями, расположенными в посёлке и сведен в таблицу 8.

Таблица 8 – Расчет часового расхода газа потребителями в посёлке

Номер квартала	Расход газа, м <sup>3</sup> /ч		
	на коммунально-бытовые нужды	на отопление и вентиляцию	всего
1	13,4	35,8	49,2
2	14,9	39,7	54,6
3	13,4	35,8	49,2
4	13,4	35,8	49,2
5	13,4	35,8	49,2
6	17,9	47,7	65,6
7	17,9	47,7	65,6
8	20,9	55,6	76,5
9	17,9	47,7	65,6
10	11,9	31,8	43,7
11	16,4	43,7	60,1

Окончание таблицы 8

Номер квартала	Расход газа, м <sup>3</sup> /ч		
	на коммунально-бытовые нужды	на отопление и вентиляцию	всего
12	19,4	51,7	71,1
13	22,4	59,6	82,0
14	17,9	47,7	65,6
15	23,9	63,6	87,5
16	22,4	59,6	82,0
17	20,9	55,6	76,5
18	17,9	47,7	65,6
19	11,9	31,8	43,7
20	13,4	35,8	49,2
21	13,4	35,8	49,2
22	13,4	35,8	49,2
23	16,4	43,7	60,1
24	13,4	35,8	49,2
25	16,4	43,7	60,1
26	16,4	43,7	60,1
27	26,9	71,5	98,4
28	22,4	59,6	82,0
29	13,4	35,8	49,2
30	16,4	43,7	60,1
31	17,9	47,7	65,6
32	17,9	47,7	65,6
33	13,4	35,8	49,2
34	13,4	35,8	49,2
35	23,9	63,6	87,5
Итого	596,5	1589,9	2186,4

**Расчет потребления газа котельной.**

Тепловая энергия, идущая на нужды населения, вырабатывается в котлах малой мощности, установленных в котельной.

Годовой расхода газа в целом по котельной, тыс. м<sup>3</sup>/год, определяется по формуле

$$Q_{\text{Год}} = \frac{4,187 \cdot D}{Q_H^p \cdot (\eta/100)} \cdot 10^3, \text{ тыс. м}^3/\text{год}, \quad (10)$$

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

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

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

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

$Q_H^p$  – низшая теплота сгорания сухого газа, кДж/м<sup>3</sup>, [раздел 1.2].

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

Расчет годовой расхода газа в целом по котельной, тыс. м<sup>3</sup>/год, определяется по формуле (10) и (11) и приведен в таблице 9. Низшая теплота сгорания  $Q_H^p = 37198$  кДж/м<sup>3</sup>.

Таблица 9 – Расчет потребления природного газа котельными

Абонент	Производительность котельной		КПД, %	Расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Расход газа, тыс. м <sup>3</sup> /год
	Гкал/ч	Гкал/год			
Котельная №1	2,4	8200	91	296,8	1014,221
Котельная № 2	3,2	11250	91	395,8	1391,461
Котельная №3	1,6	5500	91	197,9	680,270
Всего				890,5	3085,9520

Для газоснабжения котельных посёлка требуется 3154,6350 тыс.м<sup>3</sup>/год газа.

## Расчет потребления газа хлебозаводом

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

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

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

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

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

$$n^X = \frac{0,7}{1000} \cdot 365 \cdot 4000 = 1022 \text{ ед.}$$

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

$$Q_{\text{ГОД}}^X = \frac{2500 \cdot 1022}{37200} \cdot 10^{-3} = 0,0687 \text{ млн. м}^3/\text{год}$$

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

$$Q_{\text{Ч}}^X = \frac{0,0687 \cdot 10^6}{6000} = 11,4 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Для газоснабжения хлебопекарни требуется 68,683 тыс.м<sup>3</sup>/год газа.

### **Определение суммарного расхода газа для газоснабжения населенного пункта**

Согласно расчетам, для газоснабжения посёлка требуется 2186,4 тыс. м<sup>3</sup>/год газа, расчетный часовой расход газа составляет 6911,977 м<sup>3</sup>/ч; расход газа на нужды отопления и вентиляции 1589,9 тыс. м<sup>3</sup>/год газа, расчетный часовой расход газа составляет 5836,703 м<sup>3</sup>/ч.

Расход газа на коммунально-бытовые нужды 1075,274 тыс. м<sup>3</sup>/год газа, расчетный часовой расход газа составляет 596,5 м<sup>3</sup>/ч.

Для газоснабжения котельных требуется 3085,9520 тыс. м<sup>3</sup>/год газа, расчетный часовой расход газа составляет 890,5 м<sup>3</sup>/ч.

Расчет суммарного расхода газа сведен в таблицу 10.

Таблица 10 – Суммарный расход газа

Наименование абонента	Часовой расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Расход газа тыс. м <sup>3</sup> /год
Котельная №1	296,8	1014,221
Котельная № 2	395,8	1391,461
Котельная №3	197,9	680,270
Хлебозавод	11,400	68,683
Население	2186,4	6911,977
Всего	3088,3	10066,61

## **Принципиальная схема газоснабжения населенного пункта**

В бакалаврской работе предлагается двухступенчатая система газоснабжения, состоящая из сетей низкого и среднего давления.

Сеть среднего давления запроектирована тупиковой, от ГРС, которая предполагается размещается на юге посёлка. В посёлке запроектирована две сети низкого давления одна комбинированная сеть, другая тупиковая.

Комбинированная сеть низкого давления состоит из 3 колец и 12 тупиковых ответвлений, присоединяется к сети среднего давления при помощи сетевого ГРП.

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

Для подвода газа в поселке проектом предусмотрен тупиковый распределительный подземный газопровод среднего давления, к которому производится присоединение двух сетевых ГРП.

### **Трассировка газовых сетей в селе**

На территории посёлка, газопроводы среднего давления прокладываются под землей, газопроводы низкого давления прокладываются под земно.

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

Вводы газопроводов в жилые дома предусматриваются в нежилые 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 в сети среднего давления 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 [7, 17]. 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 0,9 м до верха газопровода или футляра, допускается уменьшение до 0,7 м в местах, где нет проезда транспорта.

В котельной предлагается для снижения давления газа перед газогорелочными устройствами установить газорегуляторные установки. С учетом планировки посёлка, для газоснабжения жилого сектора проектируются подземные кольцевые сети низкого давления, тупиковые участки проектируются надземными.

При газификации посёлка в центральной части прокладываются подземные газопроводы низкого давления. Тупиковые участки прокладываются аналогично (подземными).

### **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 в вкр разработана компьютерную (математическую) модель работы газовой сети.

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

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

$$\Delta p = \Delta p_{TP} + \Delta p_{M.C.}, \text{ Па}, \quad (15)$$

где  $\Delta p_{TP}$  - потери давления на трение, Па;

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

Средняя скорость движения газа в газопроводе определяются по формуле

$$w = V/F, \text{ м/с}, \quad (16)$$

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

$V$  - 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

$$Re = \frac{w \cdot D}{\nu}, \quad (17)$$

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

$$p_H - p_K = 626,1 \cdot \lambda \frac{V^2}{d^5 \rho l}, \text{ Па}, \quad (18)$$

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.

Коэффициент гидравлического трения  $\lambda$  определяется в зависимости от режима движения газа по газопроводу, характеризуемого числом Рейнольдса. Учитывая, что при определении потерь давления на преодоление сил трения по формуле (18), используются объемный расход газа, выраженный в м<sup>3</sup>/ч, и внутренний диаметр газопровода, выраженный в см, подставляя эти значения в формулу (17), получаем формулу критерия Рейнольдса для этих расчетных величин

$$Re = 0,0354 \frac{V}{dv'} \quad (19)$$

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

$$Re \left( \frac{k}{d} \right) < 23, \quad (20)$$

где  $Re$  - число Рейнольдса;

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

$d$  - внутренний диаметр газопровода, см.

Эквивалентная абсолютная шероховатость внутренней поверхности стенки газопровода, принимаемая равной:

- для новых стальных труб 0,01 см,

- для стальных бывших в эксплуатации - 0,1 см,

- для полиэтиленовых независимо от времени эксплуатации - 0,0007 см,

- для медных труб - 0,001 см.

При расчете газопроводов безразмерный коэффициент гидравлического трения  $\lambda$  определяется:

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

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (21)$$

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

$$\lambda = 0,0025 \cdot \sqrt[3]{Re}, \quad (22)$$

- для турбулентного режима движения газа ( $Re > 4000$ ) безразмерный коэффициент гидравлического трения для гидравлически гладкой стенки при  $Re \left(\frac{k}{d}\right) < 23$ , определяется при  $4000 > Re > 100000$  по формуле Блазиуса (23) и при  $Re > 100000$  формуле Альтшуля (24)

$$\lambda = \frac{0,3165}{Re^{0,25}}, \quad (23)$$

$$\lambda = \frac{1}{(1,82 \lg Re - 1,64)^2}, \quad (24)$$

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

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

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

$$\Delta = \frac{\sum \Delta P}{0,5 / \sum \Delta P} 100\%, \quad (26)$$

где  $\Delta$  - относительная ошибка, %;

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

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

Потери давления на участке газовой сети складываются из потерь давления на преодоление сил трения и потерь давления в местных сопротивлениях. Для сетей низкого давления потери давления на преодоление сил трения описываются формулой (18), 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

$$\Delta P = 1,1 \cdot 626,1 \cdot \lambda \frac{Q_P^2}{d^5} \rho l, \text{ Па}, \quad (27)$$

где  $\Delta P$  - потери давления на рассматриваемом участке, Па;

$Q_P$  - расчетный расход газа на участке, м<sup>3</sup>/ч;

$\lambda$  - безразмерный коэффициент гидравлического трения, определяется по одной из формул (21-25) 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 откорректированный расход 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

$$\Delta Q_{K_i}^1 = - \frac{\sum \Delta P}{1,75 \sum \frac{\Delta P}{Q_P}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (28)$$

где  $\Delta Q_{K_i}^1$ - первый поправочный круговой расход в рассматриваемом кольце, м<sup>3</sup>/ч;

$\sum \Delta P$  - 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

$$\Delta Q_{K_1} = \Delta Q_{K_1}^1 + \frac{\sum ((\Delta P/Q_P)_n \Delta Q_{K_n}^1)}{\sum (\Delta P/Q_P)_1}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (29)$$

где  $\Delta Q_{K_1}$  - поправочный круговой расход первого по ходу расчета кольца, м<sup>3</sup>/ч;

$\Delta Q_{K_1}^1$  - 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

$$\Delta Q_{K_i} = \Delta Q_{K_i}^1 + \frac{\sum((\Delta P/Q_P)_n \Delta Q_{K_n})}{\sum(\Delta P/Q)_i} + \frac{\sum((\Delta P/Q_P)_n \Delta Q_{K_n}^1)}{\sum(\Delta P/Q)_i}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (30)$$

где  $\Delta Q_{K_i}$  - поправочные круговые расходы последующих по ходу расчета колец, м<sup>3</sup>/ч;

$\Delta Q_{K_i}^1$  - первый поправочный круговой расход рассчитываемого 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;

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

$\Delta Q_{K_n}^1$  - 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;

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

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

$$Q_P^П = Q_P + Q_{уч}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (31)$$

где  $Q_P^П$  - расчетный расход газа на участке кольца с учетом поправочного расхода, м<sup>3</sup>/ч;



$Q_p$  - расчетный расход газа на участке кольца, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{уч}$  - поправочный круговой расход на участке кольца, м<sup>3</sup>/ч.

Поправочный круговой расход на участке кольца определяется по формуле

$$Q_{уч} = Q_{K_i} - Q_{K_n}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (32)$$

где  $Q_{уч}$  - поправочный круговой расход на участке кольца, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{K_i}$  - поправочный круговой расход в рассчитываемом кольце, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_{K_n}$  - поправочный круговой расход в соседнем кольце, м<sup>3</sup>/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

$$d_p = \sqrt[n]{\frac{AB\rho Q_p^m}{\Delta P_{уд}}}, \text{ см}, \quad (33)$$

где  $d_p$  - расчетный внутренний диаметр участка, см;

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

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

$Q_p$  - расчетный расход газа на участке, м<sup>3</sup>/ч;

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

Удельные потери давления на трение определяется по формуле

$$\Delta P_{уд} = \frac{\Delta P_{доп}}{1,1L}, \text{Па/м}, \quad (34)$$

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

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

$L$  - расстояние от ГРП до самой удаленной точки, м.

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

$$d_K = k \cdot \frac{\sum(d_P \cdot l)_{уч}}{\sum l_{уч}}, \text{см}, \quad (35)$$

где  $d_K$  - расчетный внутренний диаметр рассматриваемого кольца, см;

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

$d_P$  - расчетный внутренний диаметр участка, см;

$l$  - длина участка, м.

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

Газ в сеть низкого давления поступает из сетевых газорегуляторных пунктов, газ после выхода из газорегуляторного пункта начинает постепенно разбираться потребителями и его расход постепенно уменьшается по пути движения. Для определения расхода газа по пути его движения схему распределительной сети низкого давления необходимо разбить на участки и указать предварительное распределение потоков газа по сети. При этом для узловых точек газовой сети приемлемо использовать уравнение, аналогичное

первому закону Кирхгофа для электрических сетей: алгебраическая сумма всех потоков газа, сходящихся в узле включая узловые расходы газа равна нулю. Потокам, подходящим к узлу, присваивается знак плюс, а выходящим – минус, другими словами, сколько газа входит в узловую точку столько и должно из нее выходить. То есть при выборе схемы потокораспределения для тройников (крестовин) распределительной газовой сети входящий или выходящий поток ни на одном участке, примыкающим к тройнику (крестовине), не может быть равен нулю.

В схеме подачи газа не указаны места присоединения отдельных потребителей, поэтому при проведении расчета предполагают 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

$$Q_P = Q_T + k \cdot Q_{\Pi}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (36)$$

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

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

$k$  - поправочный коэффициент к путевому расходу газа, учитывающий что в начале участка значение путевого расхода газа составляет 100% от  $Q_{\Pi}$ , 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

$$Q_{\Pi} = g_{уд} \cdot l, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (37)$$

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

$l$  - длина участка, м.

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

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

$$g_{уд} = \frac{Q_i}{l_i}, \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}, \quad (38)$$

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

$l_i$  - длина рассматриваемого контура (сектора), м.

Для определения транзитного расхода газа необходимо учитывать путь движения газа, согласно схемы предварительного распределения потоков.

Транзитный расход газа рассчитывается по формуле

$$Q_{T_i} = \sum(Q_{T_{i+1}} + Q_{\Pi_{i+1}}), \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (39)$$

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

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

$Q_{П_{i+1}}$  - путевой расход газа на следующем участке по ходу движения, м<sup>3</sup>/ч.

При расчете транзитного расхода газа на участке необходимо знать транзитный и путевой расход газа на следующем участке по ходу движения газа.

Расчет удельного путевого расхода газа питающих контуров (секторов) проведен по формуле (38) и сведен в таблицу 11.

Расчет путевого расхода газа в распределительных газопроводах низкого давления проведен по формуле (37) и сведен в таблицу 12.

Расчет транзитного расхода газа в распределительных газопроводах низкого давления проведен по формуле (39) и сведен в таблицу 13.

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

$$Q_P = Q_T + k_{П} \cdot Q_{П} + (\pm k_D Q_T), \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (40)$$

где  $Q_P$  - расчетный расход газа на участке слияния потоков газа от разных ГРП, м<sup>3</sup>/ч;

$Q_T$  - транзитный расход газа на участке, м<sup>3</sup>/ч;

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

$Q_{II}$  - путевой расход газа на участке, м<sup>3</sup>/ч.

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

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

Предварительный гидравлический расчет сети низкого давления сведен в таблицу 15.

Давление газа в узловых точках определяется по формуле

$$P = P_i - \sum / \Delta P_{уч} /, \text{ кПа}, \quad (41)$$

где  $P$  - давление газа в рассматриваемой точке, кПа;

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

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

Результаты гидравлического расчета кольцевой сети низкого давления сведены в таблицу 18.

Таблица 11 - Удельные путевые расходы газа для всех питающих контуров (секторов) распределительной сети

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	24	49,2	349,8	2840	0,1232
	25	60,1			
	27	98,4			
	28	82,0			
	30	60,1			
Контур №2	16	82,0	82,0	790	0,1038
Контур №3	17	76,5	284,2	2940	0,0967
	19	43,7			
	20	49,2			
	31	65,6			
	33	49,2			
Сектор №1	15	87,5	87,5	720	0,1215
Сектор №2	21	49,2	158,5	1390	0,1140
	22	49,2			
	23	60,1			
Сектор №3	26	60,1	109,3	890	0,1228
	29	49,2			
Сектор №4	32	65,6	114,8	1100	0,1044
	34	49,2			
Сектор №5	35	87,5	87,5	890	0,0983
Сектор №6	14	65,6	131	620	0,2116
	18	65,6			
Сектор №7	13	82,0	82,0	590	0,1390
Сектор №8	12	71,1	71,1	510	0,1394
Сектор №9	8	76,5	136,6	1440	0,0949
	11	60,1			
Сектор №10	1	49,2	98,4	1540	0,0639
	3	49,2			
Сектор №11	4	49,2	224,1	1180	0,1899
	6	65,6			
	7	65,6			
	10	43,7			
Сектор №12	2	54,6	169,4	1550	0,1093
	5	49,2			
	9	65,6			

Таблица 12 - Расчет путевого расхода газа

Номер участка	Длина участка, м	Номер контура (сектора) обслуживаемым участком	Удельный путь расход газа на участке, м <sup>3</sup> /ч·м	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч
1-2	190	Контур №1	0,1232	23,4
2-3	180	Контур №1, Сектор №1	0,1232+0,1215=0,2447	44,0
3-4	380	Контур №1, Сектор №2	0,1232+0,1140=0,2372	90,1
4-5	410	Контур №1, Сектор №2	0,1232+0,1140=0,2372	97,3
5-6	410	Контур №1, Сектор №3	0,1232+0,1228=0,246	100,9
6-7	220	Контур №1	0,1232	27,1
7-8	360	Контур №1, Сектор №4	0,1232+0,1044=0,2276	81,9
8-9	430	Контур №1, Контур №3	0,1232+0,0967=0,2199	94,5
1-9	260	Контур №1	0,1232	32,0
9-10	290	Контур №2, Контур №3	0,967	28,0
10-11	290	Контур №2, Контур №3	0,1038+0,0967=0,2005	58,1
11-12	390	Контур №2 Сектор №8	0,1038+0,1394=0,2432	94,9
12-13	310	Контур №2, Сектор №1	0,1215	37,7
2-13	110	Контур №2, Сектор №1	0,1038+0,1215=0,2253	24,8
8-14	370	Контур №3, Сектор №4	0,0967+0,1044=0,2011	74,4
14-15	520	Контур №3, Сектор №5	0,0967+0,0983=0,195	101,4
15-16	230	Контур №3	0,0967	22,2
16-17	450	Контур №3, Сектор №6	0,0967+0,2116=0,3083	138,7
11-17	360	Контур №3, Сектор №7	0,0967+0,1390=0,236	84,8
3-18	120	Сектор №1, Сектор №2	0,1215+0,1140=0,2355	28,3
5-19	480	Сектор №2, Сектор №3	0,1140+0,1228=0,2368	113,7
14-20	370	Сектор №4, Сектор №5	0,1044+0,0983=0,2027	75,0
17-21	110	Сектор №6, Сектор №7	0,2116+0,1390=0,3509	38,6
21-22	60	Сектор №6	0,2116	12,7
11-23	120	Сектор №7, Сектор №8	0,1393+0,1394=0,2787	33,4
31-32	140	Сектор №9, Сектор №10	0,0949+0,0639=0,1588	22,2
32-33	550	Сектор №9, Сектор №11	0,0949+0,1899=0,2848	156,6
31-34	120	Сектор №9, Сектор №10	0,0949+0,0639=0,1588	19,1
34-35	630	Сектор №9, Сектор №10	0,0949+0,1093=0,2042	128,6
32-36	630	Сектор №10, Сектор №11	0,0639+0,1899=0,2538	159,9
34-37	650	Сектор №10, Сектор №12	0,0639+0,1093=0,1732	112,6
37-38	270	Сектор №12	0,1093	29,5



Таблица 13 - Расчет транзитного расхода газа

Номер участка	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч	Номер участка для определения транзитного расхода газа	Транзитный расход газа, м <sup>3</sup> /ч
1-2	23,4	2-3	536,7
2-3	44,0	3-18	430,2
3-4	90,1	4-5	311,8
4-5	97,3	5-6	214,5
5-6	100,9	нет	0
6-7	27,1	нет	0
7-8	81,9	6-7	27,1
8-9	94,5	7-8	359,8
1-9	32,0	8-9	977,2
9-10	28,0	10-11	494,8
10-11	58,1	11-12	436,7
11-12	94,9	нет	0
12-13	37,7	нет	0
2-13	24,8	12-13	37,7
8-14	74,4	14-15	176,4
14-15	101,4	нет	0
15-16	22,2	нет	0
16-17	138,7	15-16	22,2
11-17	84,8	16-17	223,6
3-18	28,3	нет	0
5-19	113,7	нет	0
14-20	75,0	нет	0
17-21	38,6	21-22	24,1
21-22	12,7	нет	0
11-23	33,4	нет	0
21-24П	0,0		11,4
31-32	22,2	32-33	316,5
32-33	156,6	нет	0
31-34	19,1	34-35	270,7
34-35	128,6	нет	0
32-36	159,9	нет	0
34-37	112,6	37-38	29,5
37-38	29,5	нет	0

Таблица 14 - Определение расчетного расхода газа

Номер участка	Путевой расход газа, м <sup>3</sup> /ч	$k_{П}$	Транзитный расход газа, м <sup>3</sup> /ч	$k_{Д}$	Расчетный расход газа, м <sup>3</sup> /ч
1-2	23,4	0,55	536,7		549,6
2-3	44,0	0,55	430,2		454,4
3-4	90,1	0,55	311,8	0,291	361,4
4-5	97,3	0,55	214,5	0,709	268,0
5-6	100,9	0,55	0		55,5
6-7	27,1	0,55	0		14,9
7-8	81,9	0,55	27,1		72,1
8-9	94,5	0,55	359,8		411,8
1-9	32,0	0,55	977,2		994,8
9-10	28,0	0,55	494,8	0,58	510,3
10-11	58,1	0,55	436,7		468,7
11-12	94,9	0,55	0		52,2
12-13	37,7	0,55	0		20,7
2-13	24,8	0,55	37,7		51,3
8-14	74,4	0,55	176,4		217,3
14-15	101,4	0,55	0		55,8
15-16	22,2	0,55	0		12,2
16-17	138,7	0,55	22,2		98,5
11-17	84,8	0,55	223,6		270,3
3-18	28,3	0,55	0		15,5
5-19	113,7	0,55	0		62,5
14-20	75,0	0,55	0		41,2
17-21	38,6	0,55	24,1		45,3
21-22	12,7	0,55	0		7,0
11-23	33,4	0,55	0		18,4
21-24П	-	0,55	11,4		11,4
31-32	22,2	0,55	316,5		328,8
32-33	156,6	0,55	0		86,1
31-34	19,1	0,55	270,7		281,2
34-35	128,6	0,55	0		70,7
32-36	159,9	0,55	0	0,42	87,9
34-37	112,6	0,55	29,5		91,4
37-38	29,5	0,55	0		16,2

Таблица 15 - Гидравлический расчет сети низкого давления (предварительное распределение потоков)

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				Предварительное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l$ , м	$d_n \times s$ , мм	$Q_P$ , м <sup>3</sup> /ч	$Re$	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/Q_P$
К1	1-2	К2	180	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	549,6	70849	0,0194	175,0	0,3185
	2-3		180	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	454,4	58582	0,0203	118,9	0,2616
	3-4		380	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	361,4	46586	0,0215	168,1	0,4651
	4-5		380	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	268,0	34553	0,0232	107,5	0,4011
	5-6		400	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	55,5	7151	0,0344	6,8	0,1231
	6-7		200	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-14,9	1921	0,0333	-0,3	0,0172
	7-8		350	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-72,1	9301	0,0322	-9,5	0,1316
	8-9	К3	410	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-411,8	53084	0,0208	-239,0	0,5804
	1-9	К2	250	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-994,8	128249	0,0171	-690,3	0,6939
$\Delta = \frac{-363}{0,5 \cdot 1515} \cdot 100\% = -47,88\%$								$\Sigma -363$	$\Sigma 2,9924$
								$\Sigma/\Delta P/=1515$	
К2	1-2	К1	190	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-549,6	70849	0,0194	-175,0	0,3185
	1-9	К1	260	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	994,8	128249	0,0171	690,3	0,6939
	9-10	К3	290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	510,3	65783	0,0198	234,6	0,4598
	10-11	К3	290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	468,7	60423	0,0202	202,2	0,4314
	11-12		390	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	52,2	6726	0,0349	5,8	0,1118
	12-13		310	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-20,7	2671	0,0347	-0,7	0,0350
	2-13		110	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-51,3	6614	0,0351	-1,6	0,0311
	$\Delta = \frac{956}{0,5 \cdot 1310} \cdot 100\% = 145,86\%$								$\Sigma 956$
								$\Sigma/\Delta P/=1310$	

Окончание таблицы 15

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				Предварительное распределение потоков				
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l$ , м	$d_n \times s$ , мм	$Q_p$ , м <sup>3</sup> /ч	$Re$	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/Q_p$
К3	8-9	К1	430	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	411,8	53084	0,0208	239,0	0,5804
	8-14		370	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	217,3	28013	0,0245	67,2	0,3092
	14-15		520	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	55,8	7189	0,0344	8,7	0,1567
	15-16		230	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-12,2	1576	0,0406	-0,2	0,0180
	16-17		450	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-98,5	12703	0,0298	-20,5	0,2078
	11-17		360	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-270,3	34844	0,0232	-95,8	0,3544
	10-11	К2	290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-468,7	60423	0,0202	-202,2	0,4314
	9-10	К2	290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-510,3	65783	0,0198	-234,6	0,4598
$\Delta = \frac{-238}{0,5 \cdot 868} \cdot 100\% = -54,90\%$								$\sum -238$ $\sum/\Delta P/= 868$	$\sum 2,5177$

Первый поправочный расход определяется по формуле (28) и составляет

$$\text{-для кольца } 2 \Delta Q_K^1 = - \frac{956}{1,75 \cdot 2,0815} = -262,3 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{-для кольца } 3 \Delta Q_K^1 = - \frac{-238}{1,75 \cdot 2,5177} = 54,1 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Поправочный круговой расход определяется по формуле (30) и составляет:

$$\text{-кольцо 1 } \Delta Q_K = 69,3 + \frac{((0,3185+0,6939) \cdot (-262,3) + 0,5804 \cdot 54,1)}{2,9924} = -9 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{-кольцо 2 } \Delta Q_K = -262,3 + \frac{((0,3185+0,6939) \cdot (-9) + (0,4598+0,4314) \cdot 54,1)}{2,0815} = -243,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\text{-кольцо 3 } \Delta Q_K = 54,1 + \frac{(0,5804 \cdot (-9) + (0,4214+0,4598) \cdot (-243,5))}{2,5177} = -34,2 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Таким же образом, произвела расчеты при последующих приближениях и определила поправочный расход для всех колец. Расчеты сведены в таблицу 14 и используются в окончательных расчетах.

Таблица 16 – Свод поправочных расходов.

Наименование показателя	Предварительное распределение потоков	Номер приближения					Итого
		1	2	3	4	5	
Кольцо 1							
Ошибка в кольце, %	-47,9	9,2	2,5	0,8	0,2	0,1	
Гидравлическая увязка кольца, м3/ч	69,3	-12,2	-3,3	-1,0	-0,3	-0,1	
Поправочный круговой расход в кольце, м3/ч	-9,0	-16,9	-4,2	-1,2	-0,3	-0,1	-31,7
Кольцо 2							
Ошибка в кольце, %	145,9	16,2	2,0	0,4	0,1	0,0	
Гидравлическая увязка кольца, м3/ч	-262,3	-22,1	-2,8	-0,5	-0,1	0,0	
Поправочный круговой расход в кольце, м3/ч	-243,5	-25,7	-4,5	-1,0	-0,3	-0,1	-275,1
Кольцо 3							
Ошибка в кольце, %	-54,9	-18,8	-0,2	0,0	0,0	0,0	
Гидравлическая увязка кольца, м3/ч	54,1	14,4	0,2	0,0	0,0	0,0	
Поправочный круговой расход в кольце, м3/ч	-34,2	3,2	-2,1	-0,6	-0,1	0,0	-33,8

Таблица 17 - Гидравлический расчет сети низкого давления (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	$d_n \times s$ , мм		$\Delta Q_{yч}$ , м <sup>3</sup> /ч	$Q''$ , м <sup>3</sup> /ч	$Re$	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/Q_P$
К1	1-2	К2	190	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	549,6	243,4	793,0	10223	0,0179	336,1	0,4238
	2-3		180	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	454,4	-31,7	422,8	54502	0,0207	104,8	0,2478
	3-4		380	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	361,4	-31,7	329,7	42505	0,0220	143,2	0,4342
	4-5		410	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	268,0	-31,7	236,4	30472	0,0239	86,3	0,3650
	5-6		410	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	55,5	-31,7	23,8	3070	0,0363	1,3	0,0558
	6-7		220	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-14,9	-31,7	-46,6	6002	0,0359	-2,7	0,0579
	7-8		360	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-72,1	-31,7	-103,8	13382	0,0294	-17,9	0,1729
	8-9	К3	430	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-411,8	2,1	-409,6	52811	0,0209	-236,9	0,5782
	1-9	К2	260	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-994,8	243,4	-751,4	96864	0,0179	-414,0	0,5510
$\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 1360} 100\% = -0,01\%$										$\Sigma 0$	$\Sigma 2,8866$
										$\Sigma/\Delta P = 1360$	
К2	1-2	К1	190	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-549,6	-243,4	-793,0	10223	0,0179	-336,1	0,4238
	1-9	К1	260	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	994,8	-243,4	751,4	96864	0,0179	414,0	0,5510
	9-10	К3	290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	510,3	-241,3	268,9	34672	0,0232	76,5	0,2844
	10-11	К3	290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	468,7	-241,3	227,4	29311	0,0242	57,0	0,2508
	11-12		390	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	52,2	-275,1	-222,9	28740	0,0243	-74,1	0,3323
	12-13		310	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-20,7	-275,1	-295,8	38137	0,0226	-96,6	0,3265
	2-13		110	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-51,3	-275,1	-326,4	42080	0,0221	-40,7	0,1247
$\Delta = \frac{0}{0,5 \cdot 1087} 100\% = -0,01\%$										$\Sigma 0$	$\Sigma 2,2935$
										$\Sigma/\Delta P = 1087$	

Окончание таблицы 17

Номер контура (кольца)	Характеристика участков				$Q_P$ , м <sup>3</sup> /ч	Окончательное распределение потоков					
	номер	номер соседнего контура (кольца)	$l$ , м	$d_n \times s$ , мм		$\Delta Q_{yч}$ , м <sup>3</sup> /ч	$Q''$ , м <sup>3</sup> /ч	$Re$	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$\Delta P/Q_P$
К3	8-9	К1	430	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	411,8	-2,1	409	52811	0,0209	236,9	0,5782
	8-14		370	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	217,3	-33,8	183,5	23659	0,0255	50,0	0,2724
	14-15		520	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	55,8	-33,8	22,0	2835	0,0354	1,4	0,0636
	15-16		230	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-12,2	-33,8	-46,0	5930	0,0361	-2,8	0,0600
	16-17		450	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-98,5	-33,8	-132,3	17057	0,0277	-34,3	0,2592
	11-17		360	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-270,3	-33,8	-304,1	39198	0,0225	-117,7	0,3871
	10-11	К2	290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-468,7	241,3	-227,4	29311	0,0242	-57,0	0,2508
	9-10	К2	290	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-225x10,8	-510,3	241,3	-268,9	34672	0,0232	-76,5	0,2844
$\Delta = \frac{-0}{0,5 \cdot 585} 100\% = -0,01\%$										$\Sigma -0$	$\Sigma 2,1558$
										$\Sigma / \Delta P = 585$	



Таблица 18 – Результаты гидравлического расчета кольцевой сети низкого давления

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	793,0	336	5,000	4,664
2-3	422,8	105	4,664	4,559
3-4	329,7	143	4,559	4,416
4-5	236,4	86	4,416	4,330
5-6	23,8	1	4,330	4,328
6-7	46,6	3	4,331	4,328
7-8	103,8	18	4,349	4,331
8-9	409,6	237	4,586	4,349
1-9	751,4	414	5,000	4,586
9-10	268,9	76	4,586	4,510
10-11	227,4	57	4,510	4,452
11-12	222,9	74	4,527	4,452
12-13	295,8	97	4,623	4,527
2-13	326,4	41	4,664	4,623
8-14	183,5	50	4,349	4,299
14-15	22,0	1	4,299	4,298
15-16	46,0	3	4,300	4,298
16-17	132,3	34	4,335	4,300
11-17	304,1	118	4,4525	4,335

Расчет тупиковых ответвлений сведен в таблицу 19.

Таблица 19 - Гидравлический расчет тупиковых ответвлений

Номер участка	$l$ , м	$d_n \times s$ , мм	$Q_P$ , м <sup>3</sup> /ч	$Re$	$\lambda$	$\Delta P$ , Па	$P_H$ , кПа	$P_K$ , кПа
Сеть 1			Сеть 1					
3-18	130	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-50x2,4	17,6	10208	0,0315	368	4,574	4,206
5-19	460	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-1100x5,3	61,9	16319	0,0280	278	4,359	4,081
14-20	350	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-90x4,3	41,6	13415	0,0294	273	4,331	4,058
17-21	300	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-90x4,3	63,7	20522	0,0264	493	4,362	3,869
21-22	70	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-50x2,4	6,2	3618	0,0384	30	3,869	3,839
11-23	300	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-75x3,6	31,5	12181	0,0301	342	4,478	4,136
Сеть 2			Сеть 2					
31-32	150	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7	327,8	59451	0,0203	283	5,000	4,717
32-33	520	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-1100x5,3	83,7	22089	0,0260	534	4,717	4,183
31-34	120	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-160x7,7	281,1	50968	0,0211	173	5,000	4,827
34-35	630	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-1100x5,3	72,5	19116	0,0269	502	4,827	4,325
32-36	620	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-1100x5,3	89,3	23546	0,0255	712	4,717	4,005
34-37	620	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-1100x5,3	89,0	23469	0,0256	708	4,827	4,119
37-38	250	ПЭ 80 ГАЗ CDR 21-63x3,0	15,5	7144	0,0344	189	4,119	3,931

### Гидравлический расчет сети среднего давления.

Гидравлический расчет распределительной газовой сети среднего давления проведен по методике, приведенной в [7].

Целью гидравлического расчета является определение диаметра распределительного газопровода и диаметра ответвлений, чтобы к каждому из потребителей поступал требуемый расход газа.

Расчетная схема распределительного газопровода среднего давления – лист 3 графической части.

Диаметры участков определяется в зависимости от газа, проходящего по участку, и перепада квадрата давления на участке,  $\text{кПа}^2/\text{м}$ , которое определяется по формуле

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

где  $\lambda$  - безразмерный коэффициент гидравлического трения;

$Q_{\text{уч}}$  - расход газа на участке газовой сети,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$d$  - внутренний диаметр участка газопровода,  $\text{см}$ ;

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

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

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

$$P_{\text{к.уч}} > P_{\text{к}}, \quad (42)$$

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

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

Давление газа в конце ответвления, кПа, рассчитывается по формуле

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

где  $p_{н.уч.}$  – давление газа в начале участка, кПа;

$(p_H^2 - p_K^2)_{уч.}$  – потери квадрата давления газа на участке, кПа<sup>2</sup>.

Давление газа перед ответвлением, кПа, рассчитывается по формуле

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

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

$\sum \Delta P_c$  – суммарные потери квадрата давления по ходу движения газа в распределительной газовой сети, кПа<sup>2</sup>.

Гидравлический расчет сети среднего давления сведен в таблицу 18.

Таблица 18 – Гидравлический расчет сети среднего давления

Номер участка	Диаметр участка, $d_n \times S$ , мм	Длина участка, $l$ , м	Расход газа на участке, $Q_{уч}$ , м <sup>3</sup> /ч	$Re$	$\lambda$	Потери давления на участке, $(p_H^2 - p_K^2)$ , МПа <sup>2</sup>	Давление газа на участке	
							$p_H$ , МПа	$p_K$ , МПа
ГРС-1	127x5(117)	300	3088,3	692155	0,0193	0,0280	0,280	0,225
1-2	127x5(117)	540	2261,9	506941	0,0195	0,0273	0,225	0,152
2-3	127x5(177)	210	1965,1	440421	0,0196	0,0080	0,152	0,123
1-4	89x5(79)	310	826,4	274304	0,0217	0,0166	0,225	0,184
2-К1	76x5(66)	960	296,8	117921	0,0235	0,0176	0,152	0,074
3-ГРП 1	89x5(79)	30	1569,3	520893	0,0213	0,0057	0,123	0,097
3-К2	70x5(60)	180	395,8	172979	0,0234	0,0094	0,123	0,075
4-К3	60x5(50)	120	197,9	103788	0,0250	0,0042	0,184	0,172
4-ГРП2	102x5(92)	1850	628,5	179138	0,0215	0,0265	0,184	0,086

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В бакалаврской работе рассмотрена комплексное газоснабжение жилой зоны поселка с населением 4 тысячи человек, расход газа 10066,6 тыс. м<sup>3</sup> в год.

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

В процессе работы были рассчитаны объемы потребления газа; разработана двухступенчатая система газоснабжения, которая включает в себя сеть среднего давления и две тупиковые сети низкого давления; произведен гидравлический расчет сетей, все кольца увязаны с погрешностью, не превышающие 0,01%; подобрано оборудование ГРП и ГРС.

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

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

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 62.13330.2011 Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002. – Введ. 20.05.2011. – М.: Минрегион России, 2011.
2. СП 42-101-2003. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических полиэтиленовых труб. - М.: Госстрой, 2004.
3. СП 42-102-2004. Проектирование и строительство газопроводов из металлических труб. - М.: Госстрой, 2004.
4. Ионин, А.А. Газоснабжение: учебник /А.А. Ионин. - 5-е изд., стереотип. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2012.
5. Борисов, С. Н. Гидравлические расчеты газопроводов / С. Н. Борисов, В. В. Даточный. – М.: Недра, 1972.
6. Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И. Е. Идельчик. - М., 1992.
7. 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.
8. Жила.В.А., Ушаков М.А., Брюханов О.Н.//Газовые сети и установки. М.:Издательский центр «Академия», 2005. 272 с.
9. Баясанов Д.Б., Ионин А.А. // Распределительные системы газоснабжения. М.: Стройиздат, 1989. 439 с.
10. 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.
11. 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
12. Стаскевич Н.Л., Северинец Г.Н., Вигдорчик Д.Я. // Справочник по газоснабжению и использованию газа. Л.: Недра, 1990. 762 с.
13. Ионин А.А., Жила В.А., Артихович В.В., Пшоник М.Г. // Газоснабжение. М.: Изд-во АСИ, 2013. 472 с.
14. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-1999. – Введ. 01.01.2013. – М.: Минрегион России, 2013. - 67 с.
15. Шур, И.А. Перевод отопительных котлов на газовое топливо: учебное пособие / И.А.Шур. - Л.: Недра, 1973. - 264с.
16. Гуськов, Б.И. Газификация промышленных предприятий: учебник /Б.И. Гуськов. - М.: Стройиздат, 1982. - 368 с.

17 Варфоломеев, В.А. Справочник по проектированию, строительству и эксплуатации систем газоснабжения: учебное пособие /В.А. Варфоломеев. - Киев: Будивельник, 1988. - 238 с.

18 Деточенко, А.В. Спутник газовика: справочник /А.В. Деточенко. - Л.: Недра, 1978. – 311с.

19 Газопроводы и арматура систем газоснабжения: методические указания к курсовой работе для студентов специальности 290700 – «Теплогазоснабжение и вентиляция». Красноярск: Сибирский федеральный ун-т; Ин-т архитектуры и стр-ва, 2007, 40с.

20. 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

21. 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

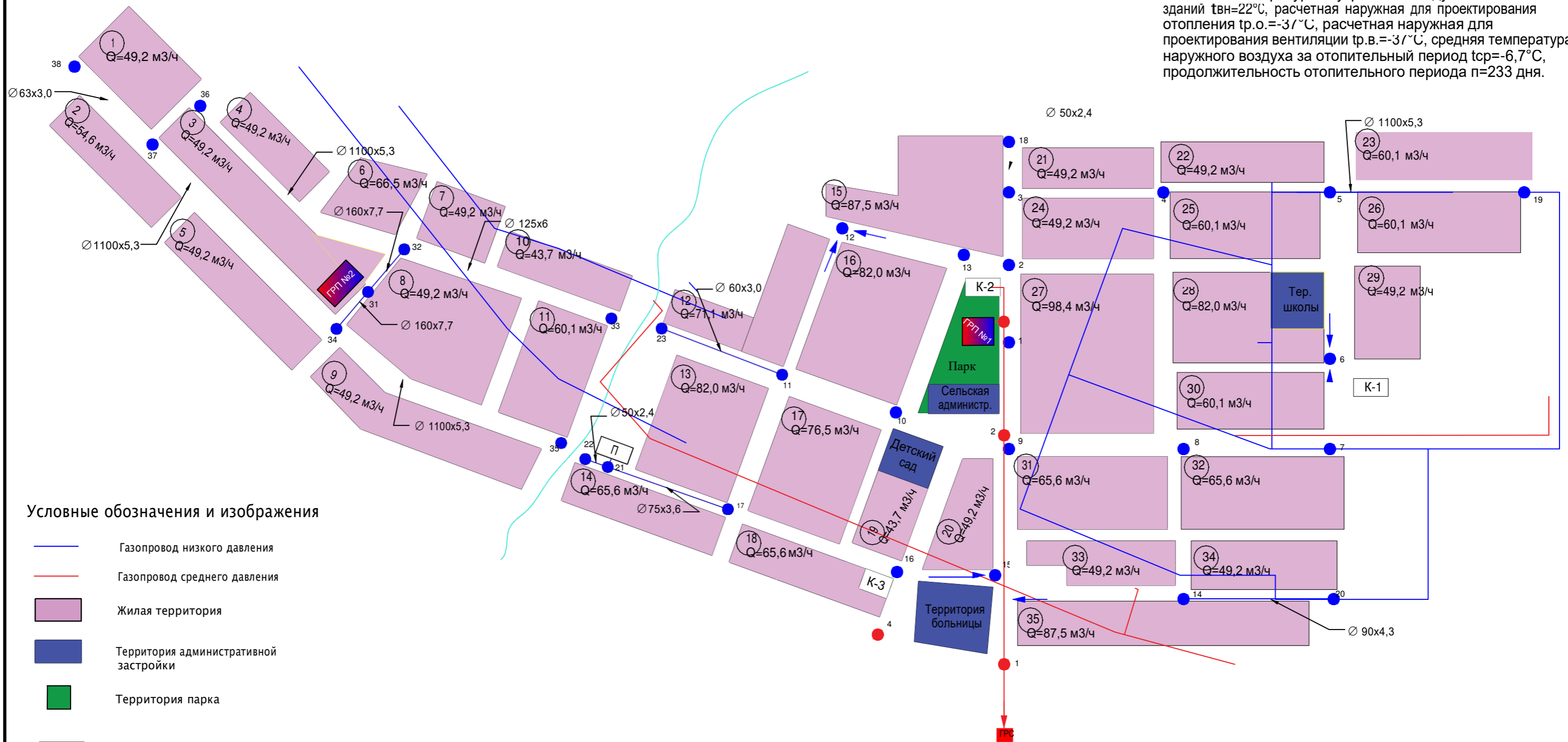
22. Газоснабжение. Расчет потребления природного газа: учеб.-метод. пособие [для студентов напр. подг. 08.03.01 «Строительство» спец. 08.03.01.00.05 «Теплогазоснабжение и вентиляция»]/Сиб. федер. ун-т, Инж.-строит. ин-т ; сост.: И. Б. Оленев, А.И. Авласевич. - 2019

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

7



Метеорологические характеристики  
 I азоснабжение жилой зоны поселка с населением 4 тысячи человек. Температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий  $t_{вн}=22^{\circ}\text{C}$ , расчетная наружная для проектирования отопления  $t_{р.о.}=-3/^{\circ}\text{C}$ , расчетная наружная для проектирования вентиляции  $t_{р.в.}=-3/^{\circ}\text{C}$ , средняя температура наружного воздуха за отопительный период  $t_{ср}=-6,7^{\circ}\text{C}$ , продолжительность отопительного периода  $p=233$  дня.

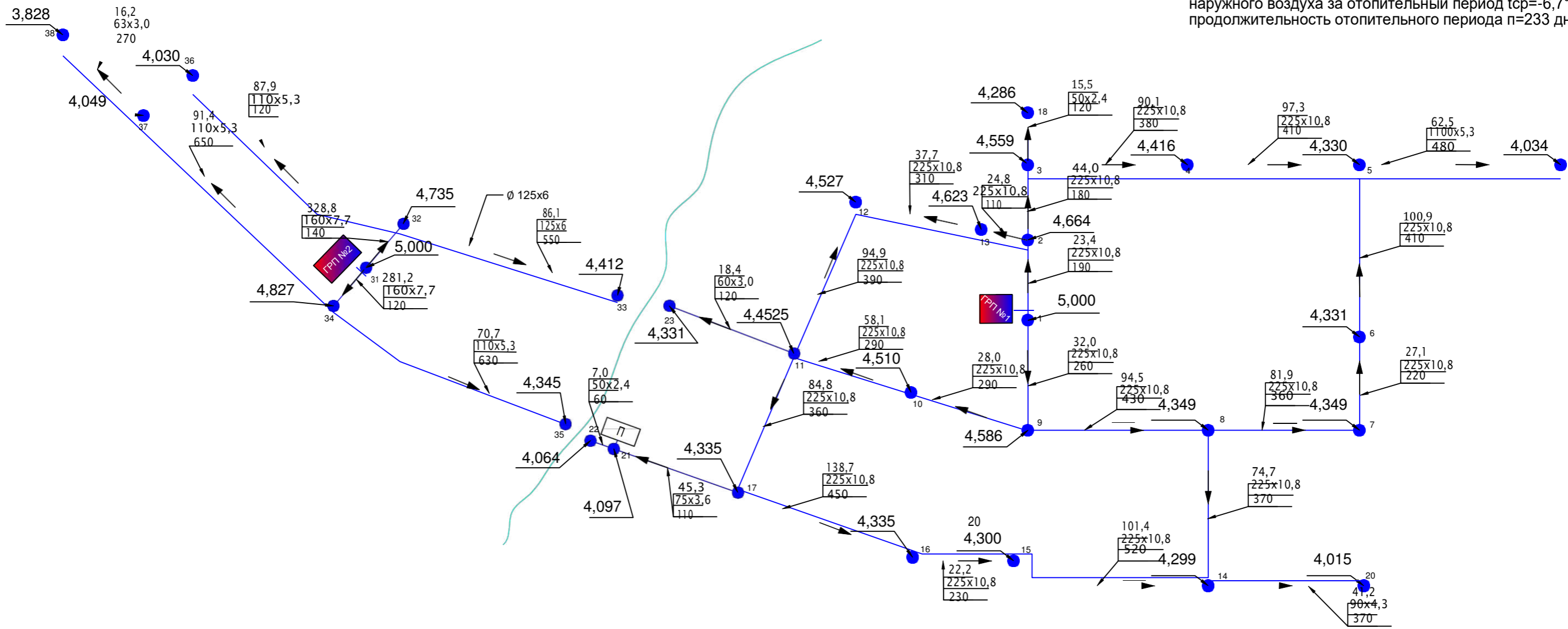


Условные обозначения и изображения

- Газопровод низкого давления
- Газопровод среднего давления
- Жилая территория
- Территория административной застройки
- Территория парка
- ГПП №1 Проектируемый ГПП
- 20 Номер квартала
- $Q=160,7$  Расход газа кварталом,  $\text{м}^3/\text{ч}$
- $\varnothing 75 \times 3,6$  Диаметр газопровода ПЭ 80 ГАЗ CDR 17,6, мм; толщина стенки трубы, мм
- ГРС Газораспределительная станция
- К1 Котельная
- П Пекарня

						БР-08.03.01.05-2020-ГС			
						Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Кол.уч.	Ндок.	Лист	Подп.	Дата	Газоснабжение жилой зоны поселка с населением 4 тысячи человек.	Стадия	Лист	Листов
Разраб.	Гуляев						У	1	6
Руковод.	Оленев					Генеральный план М 1:5000	ИСЗиС		
Н. контр.	Оленев								
Зав. каф.	Матюшенко								

Метеорологические характеристики  
 Газоснабжение жилой зоны поселка с населением 4 тысячи человек. Температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий  $t_{вн}=22^{\circ}\text{C}$ , расчетная наружная для проектирования отопления  $t_{p.o.}=-37^{\circ}\text{C}$ , расчетная наружная для проектирования вентиляции  $t_{p.в.}=-37^{\circ}\text{C}$ , средняя температура наружного воздуха за отопительный период  $t_{cp}=-6,7^{\circ}\text{C}$ , продолжительность отопительного периода  $p=233$  дня.

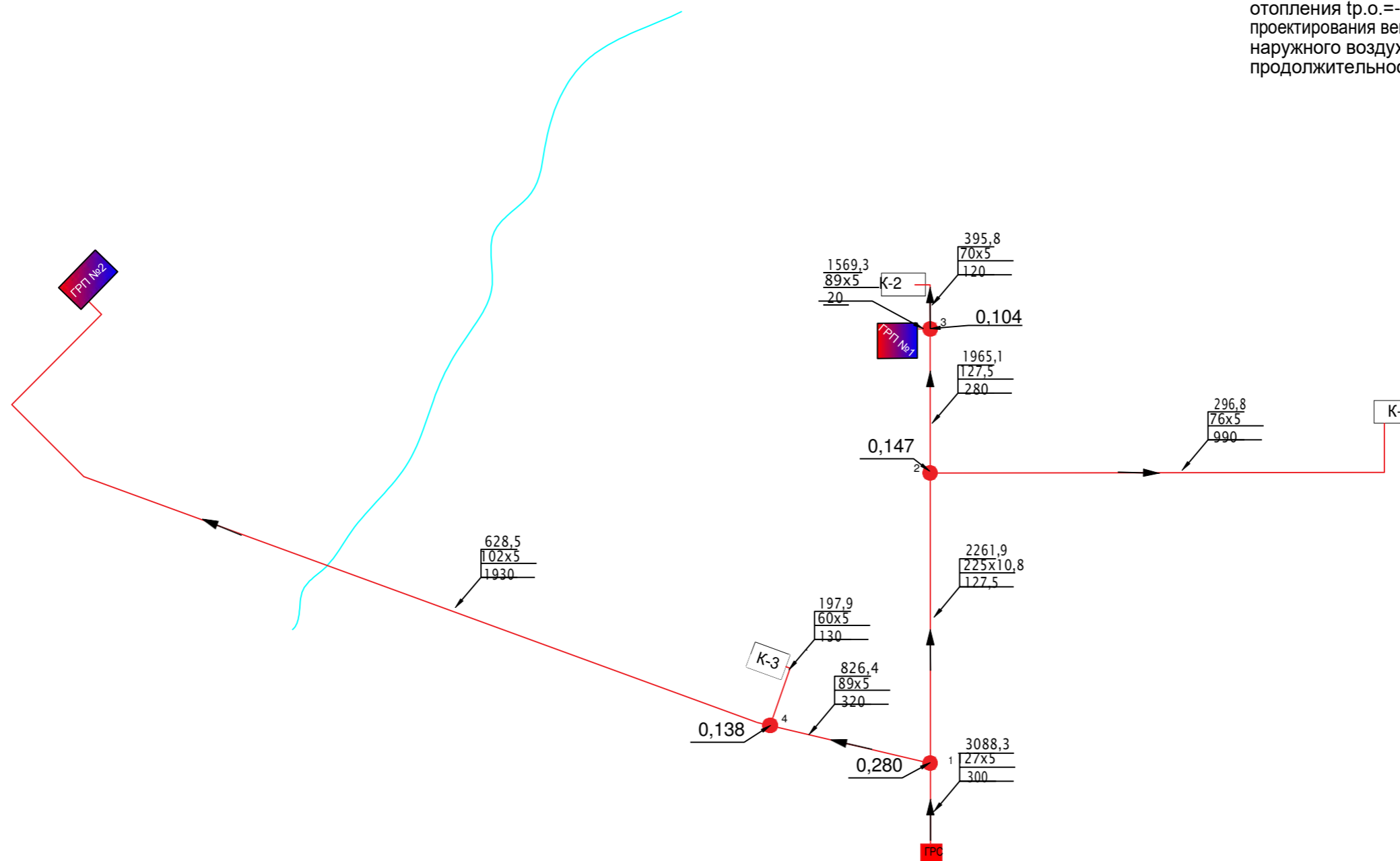


Условные обозначения и изображения

- Газопровод низкого давления
- 18,9 110x6,3 370 3,884
  - Расход газа,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , Диаметр газопровода мм; толщина стенки трубы, мм
  - Длина, м
  - Давление газа в узловой точке на сети низкого давления, кПа
- Направление потока газа
- ГРП №1 Проектируемый ГРП
- Номер квартала
- П Пекарня

						БР-08.03.01.05-2020-ГС			
						Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт			
Изм	Кол.уч.	Ндок.	Лист	Подп.	Дата	Газоснабжение жилой зоны поселка с населением 4 тысячи человек.	Стадия	Лист	Листов
Разраб.	Гуляев						У	2	6
Руковод.	Оленев					Схема сети низкого давления М 1:5000	ИСЗИС		
Н. контр.	Оленев								
Зав. каф.	Матюшенко								

Метеорологические характеристики  
 Газоснабжение жилой зоны поселка с населением 4 тысячи человек. Температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий  $t_{вн}=22^{\circ}\text{C}$ , расчетная наружная для проектирования отопления  $t_{p.o.}=-37^{\circ}\text{C}$ , расчетная наружная для проектирования вентиляции  $t_{p.v.}=-37^{\circ}\text{C}$ , средняя температура наружного воздуха за отопительный период  $t_{cp}=-6,7^{\circ}\text{C}$ , продолжительность отопительного периода  $p=233$  дня.



### Условные обозначения и изображения

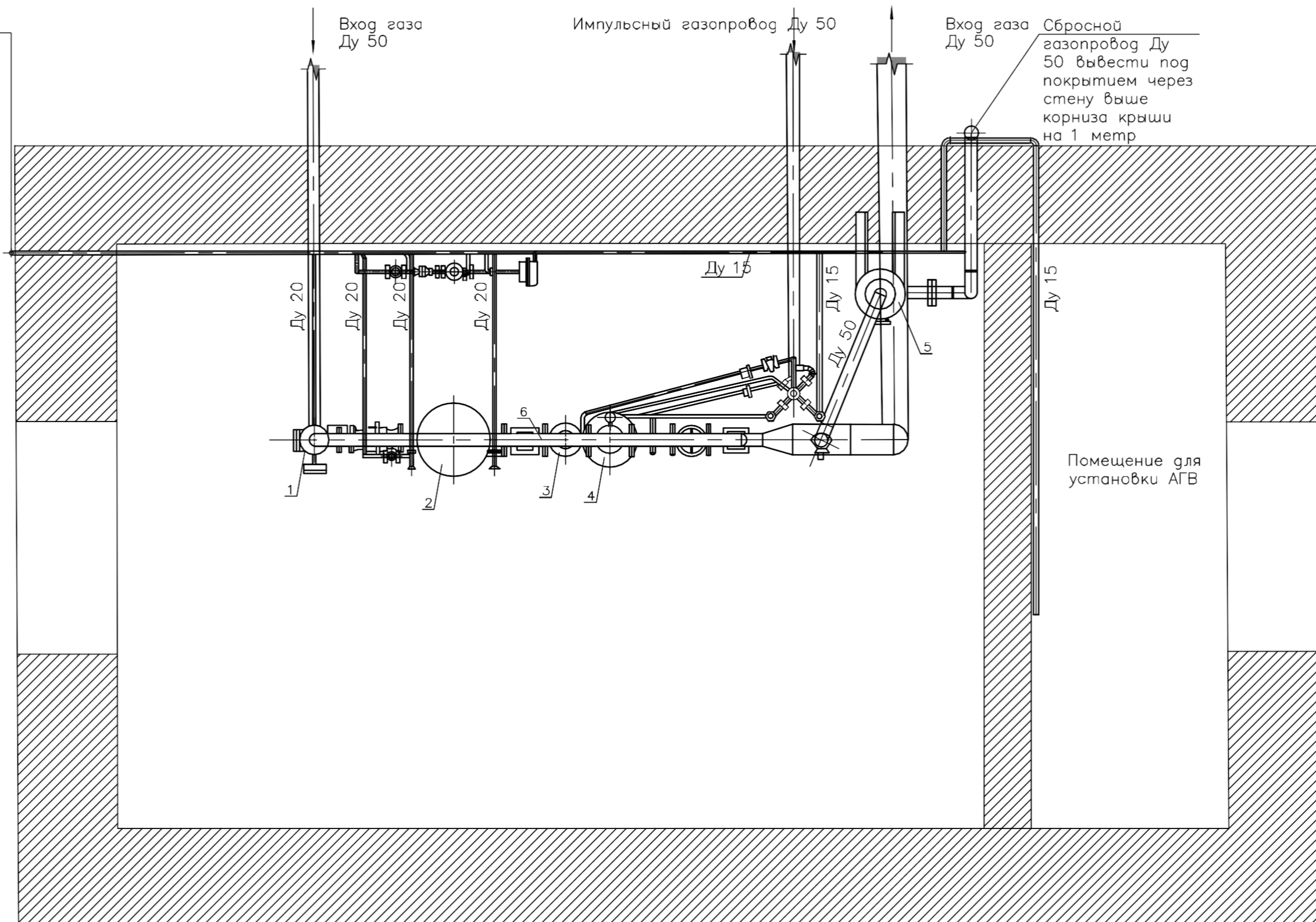
- Газопровод среднего давления
- ГРП №1 Проектируемый ГРП
- ГРС Газораспределительная станция
- К1 Котельная
- 18,9 Расход газа,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ,  
110x6,3 Диаметр газопровода мм; толщина стенки трубы, мм
- 370 Длина, м
- 3,884 Давление газа в узловой точке на сети среднего давления, кПа

						БР-08.03.01.05-2020-ГС			
						Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Кол.уч.	Ндок.	Лист	Подп.	Дата	Газоснабжение жилой зоны поселка с населением 4 тысячи человек.	Стадия	Лист	Листов
Разраб.	Гуляев						У	3	6
Руковод.	Оленев					Схема сети среднего давления М 1:5000	ИСЗИС		
Н. контр.	Оленев								
Зав. каф.	Матюшенко								

- 1 - задвижка
- 2 - фильтр
- 3 - предохранительно-запорный клапан
- 4 - регулятор давления РДУК-2В-50
- 5 - сбросной клапан
- 6 - байпас

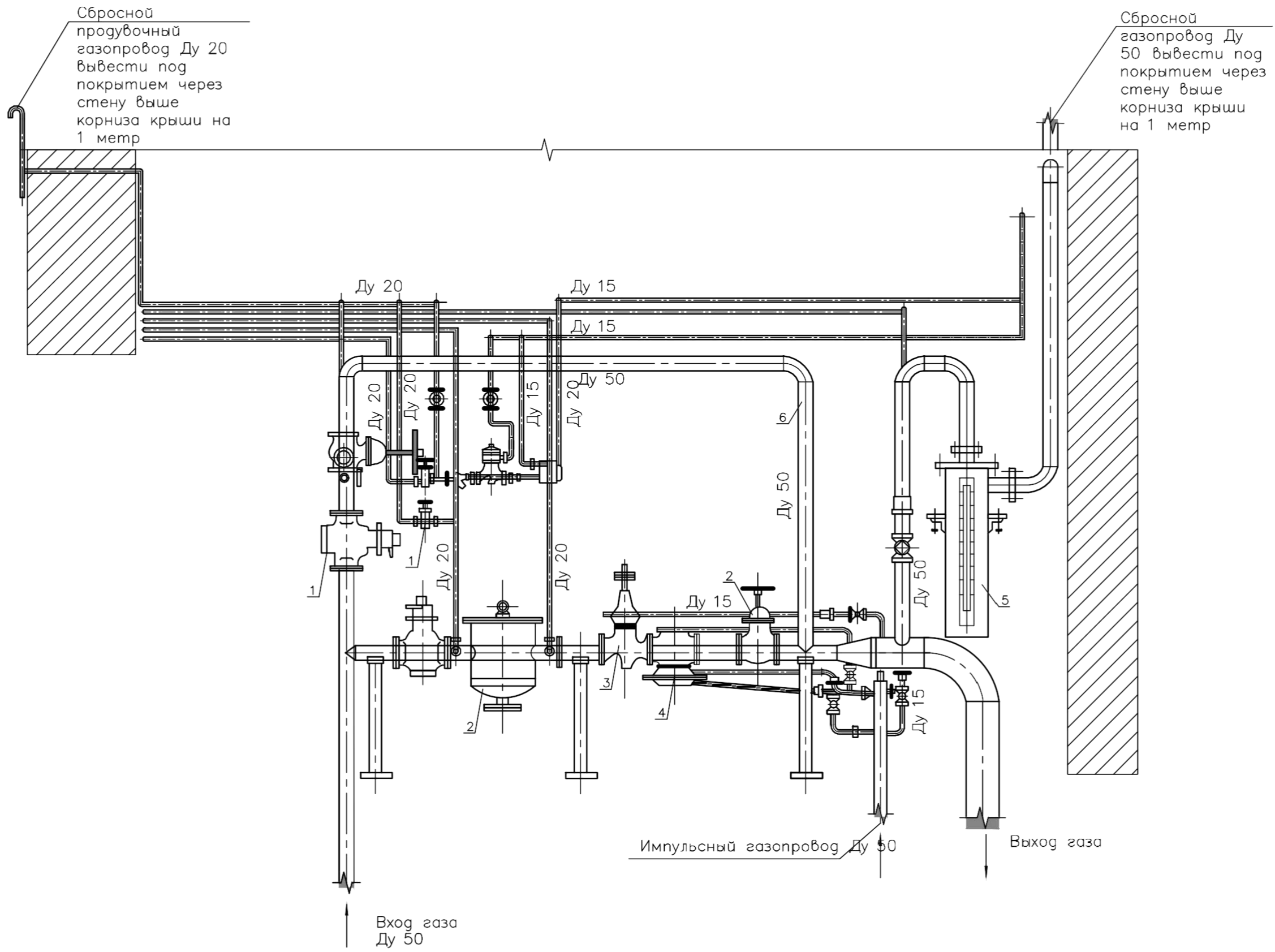
						БР-08.03.01.05-2020-ГС			
						Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Кол.уч.	Ндок.	Лист	Подп.	Дата	Газоснабжение жилой зоны поселка с населением 4 тысячи человек.	Стадия	Лист	Листов
Разраб.	Гуляев						У	5	6
Руковод.	Оленев					План ГРС с регулятором давления РДУК-2В-50 М 1:5000	<b>ИСЗиС</b>		
Н. контр.	Оленев								
Зав. каф.	Матюшенко								

Сбросной продувочный газопровод Ду 20 вывести под покрытием через стену выше карниза крыши на 1 метр



- 1 - задвижка
- 2 - фильтр
- 3 - предохранительно-запорный клапан
- 4 - регулятор давления РДУК-2В-50
- 5 - сбросной клапан
- 6 - байпас


						БР-08.03.01.05-2020-ГС			
						Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Кол.уч.	Ндок.	Лист	Подп.	Дата				
Разраб.	Гуляев					Газоснабжение жилой зоны поселка с населением 4 тысячи человек.	Стадия	Лист	Листов
Руковод.	Оленев						У	6	6
						Схема ГРС с регулятором давления РДУК-2В-50 М 1:5000	ИСЗИС		
Н. контр.	Оленев								
Зав. каф.	Матюшенко								



Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный  
институт  
Инженерные системы зданий и сооружений  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

  
подпись      инициалы, фамилия  
«8»      07      2020 г

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

Газоснабжение жилой зоны поселка с населением 4 000 жителей

08.03.01-Строительство

08.03.01.05- Теплогазоснабжение и вентиляция


Руководитель

  
подпись, дата

доцент, к.т.н  
должность, ученая степень

И.Б.Оленев  
инициалы, фамилия

Выпускник

 08.07.2020  
подпись, дата

Д.А. Гуляев  
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

  
подпись, дата

И.Б.Оленев  
инициалы, фамилия

Красноярск 2020