

Содержание

1. Введение.....	2
2. Характеристика города и потребителей газа	3
3. Расчет характеристик газообразного топлива	4
4. Расчет численности населения проектируемого района.....	6
5. Расчет потребности газа	7
5.1 Определение годового расхода теплоты при потреблении газа в квартирах	7
5.2 Определение годового расхода теплоты при потреблении газа на предприятиях бытового обслуживания.....	7
5.3 Определение годового расхода при потреблении газа в учреждениях здравоохранения.....	8
5.4 Определение годового расхода теплоты при потреблении газа на хлебозаводах и пекарнях.....	9
5.5 Определение годового расхода теплоты на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение жилых и общественных зданий.....	9
5.5.1 Максимальный тепловой поток на вентиляцию.....	11
5.5.2 Средний тепловой поток на ГВС.....	11
5.5.3 Максимальный тепловой поток на ГВС.....	11
5.5.4 Суммарный тепловой поток	12
5.5.5 Среднечасовой тепловой поток за отопительный период.....	10
5.5.6 Построение годового графика теплового потребления по месяцам.....	13
5.6 Определение годового расхода теплоты при потреблении газа на нужды торговли, предприятий бытового обслуживания населения, школ и ВУЗов.....	15
5.7 Составление итоговой таблицы потребления газа городом.....	15
6. Определение оптимального числа ГРП	16
7. Гидравлический расчет тупиковых газопроводов низкого давления (межквартирная прокладка).....	17
8. Гидравлический расчет тупикового газопровода высокого давления.....	27
9. Гидравлический расчет тупиковых газопроводов низкого давления (междомовая и межквартирная прокладка).....	36
10. Выбор оборудования газорегуляторных пунктов.....	41
10.1 Выбор регулятора давления.....	41
10.2 Выбор предохранительно запорного клапана.....	45
10.3 Выбор предохранительно-сбросного клапана.....	45
10.4 Выбор фильтра.....	45
10.5 Выбор запорной арматуры.....	46
Заключение.....	47
Список использованной литературы.....	48

1. Введение.

Развитие газовой промышленности одно из важнейших отраслей экономики имеет существенное значение в создании материально-технической базы страны, в связи, с чем правительство уделяет этой отрасли большое внимание. Наша страна стоит на первом месте в мире по разведанным запасам природного газа и на втором по объёму его добычи.

Природный газ как высокоэффективный энергоноситель, широко применяемый в настоящее время во всех звеньях общественного производства, оказывает прямое воздействие на увеличение выпуска промышленной продукции, рост производительности труда и снижение удельных расходов топлива.

Интенсивная добыча природного газа и необходимость доставки его к потребителю наиболее экономичным способом вызвали бурное развитие трубопроводного транспорта. Транспортирование газа по трубопроводам удобнее и дешевле, чем другими транспортными средствами, так как оно обеспечивает непрерывное (и практически без потерь) поступление газов к потребителю непосредственно из месторождений или подземных хранилищ. За годы советской власти построено свыше 200 тыс. км. Магистральных и распределительных газопроводов. Важным звеном в общей системе газоснабжения страны являются подземные городские газопроводы, по которым газ поступает непосредственно к жилым домам, коммунально-бытовым и промышленным предприятиям. Использование газа для освещения городов в России началось в первой половине 19 века, однако, промышленная добыча природного газа не велась, а попутный нефтяной газ сжигался в факелах.

Основная задача газовых хозяйств бесперебойное, надежное и экономичное газоснабжение потребителей, для чего необходимо четкое организация и управления, научно обоснованная планирование всех показателей работы, выявление и использование резервов производства, повышение производительности труда.

Эксплуатация газового хозяйства городов и населённых пунктов осуществляется специализированными организациями: конторами, трестами и управлениями, обеспечивающими эксплуатацию подземных газопроводов, газорегуляторных пунктов, газового оборудования и жилых домов, коммунально-бытовых предприятий. За эксплуатацию газового оборудования промышленных предприятий, различных организаций учреждений отвечают сами предприятия учреждения.

К работе в газовом хозяйстве допускают рабочих и ИТР, обученных соответствующим видам работ и сдавших экзамены по правилам безопасности и технической эксплуатации газовых хозяйств. Повторная проверка знаний у рабочих проводится ежедневно, а у инженерно-технических работников один раз в три года. Кроме того, для работников газового хозяйства регулярно организуются техническая учёба, семинары, практические занятия и другие формы повышения квалификации.

Природный газ имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами топлива:

- Стоимость добычи природного газа значительно ниже, чем других видов топлива.
- Производительность труда при его добычи значительно выше, чем при добычи угля и нефти.
- Высокая теплота сгорания, делает целесообразным транспортировку газа по магистральным трубопроводам на значительные расстояния.
- Обеспечивается полнота сгорания, и облегчаются условия труда обслуживающего персонала.
- Отсутствие в природных газах оксида углерода предотвращает возможность отравления при утечках газа, что особенно важно при газоснабжении коммунальных и бытовых потребителей.
- Газоснабжение городов и населённых пунктов значительно улучшает состояние их воздушного бассейна.

Конечно, имеются недостатки и отрицательные свойства взрыво и пожароопасность природного газа, но всё это не уменьшает всех достоинств природного газа.

2. Характеристика города и потребителей газа

Исходный вариант 4 5 4 5

Исходные данные:

Расчетный населенный пункт - Чебоксары

Плотность населения $m = 330 \frac{\text{чел}}{\text{га}}$

Используемое месторождение газа - Шебелинское

Процентное потребление банями и прачечными $g_{\text{бп}}^{\%} = 45 \%$

хлебозаводом $g_{\text{хз}} = 0.6 \frac{\text{т}}{\text{сут}}$ на 1000чел

Расположение газораспределительной станции (ГРС) относительно кварталов города - Ю

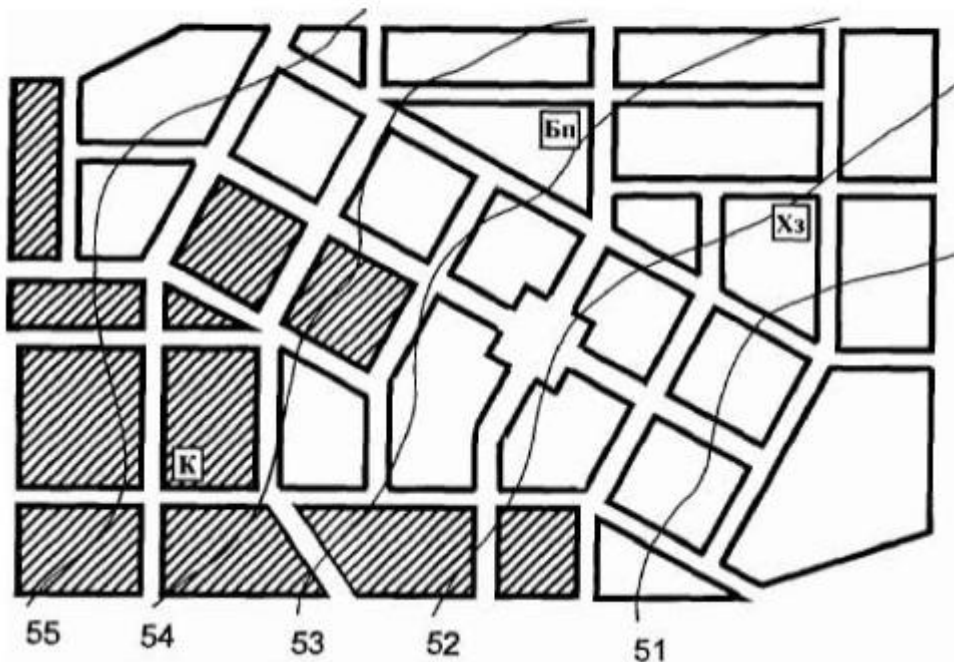
Расстояние ГРС до населенного пункта $l_{\text{грс}} = 4.5 \text{ км}$

Давление газа после ГРС $P_{\text{Н}} = 0.6 \text{ МПа}$

Давление газа перед ГРП $P_{\text{К}} = 0.15 \text{ МПа}$

Генплан района строительства

Генплан № 9



3. Расчет характеристик газообразного топлива

Таблица 1. Данные по составу природного газа месторождения

газ	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	CO ₂	H ₂ S	N ₂
проц.сод-е	93,3	4	0,6	0,4	0,3	0,1	0	1,3

Практически при сжигании газа водяные пары не конденсируются, а удаляются с другими продуктами сгорания, поэтому расчет ведем по низшей теплотворной способности газа.

Таблица 2. Низшая теплота сгорания, мДж/м³

газ	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	CO ₂	H ₂ S	N ₂
проц.сод-е	35,84	63,73	93,37	123,77	121,84	12,64	23,49	0

Теплота сгорания сухого газообразного топлива определяется по формуле

$$Q_c = \frac{Q_1 \cdot x_1 + Q_2 \cdot x_2 + \dots + Q_k \cdot x_k}{100} \quad (1)$$

где Q_c – теплота сгорания сухого газа, кДж/м³;

Q_1, Q_2, Q_k – теплота сгорания компонентов, составляющих газообразное топливо, кДж/м³;

x_1, x_2, x_3 – объемные доли компонентов, составляющих газообразное топливо, %.

$$Q_c = \frac{1000 \cdot (35.84 \cdot 93.3 + 63.73 \cdot 4 + 93.37 \cdot 0.6 + 123.77 \cdot 0.4 + 121.84 \cdot 0.3 + 12.64 \cdot 0.1 + 23.49 \cdot 0)}{100} = 37421.0 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}$$

Плотность сухого газа определяют как сумму произведений плотностей компонентов, составляющих газообразное топливо, на их объемные доли.

$$\rho = \frac{\rho_1 \cdot x_1 + \rho_2 \cdot x_2 + \dots + \rho_k \cdot x_k}{100} \quad (2)$$

где ρ – плотность сухого газа, кг/м³;

$\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_k$ – плотности компонентов, кг/м³.

Таблица 3. Абсолютная и относительная плотность компонентов газа

газ	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	CO ₂	H ₂ S	N ₂
плотность кг/м ³ , при нормальных условиях	0,7168	1,3566	2,019	2,703	2,668	1,9768	1,5392	1,2505
Относительная плотность по воздуху	0,5545	1,049	1,562	2,091	2,064	1,5291	1,1906	0,9673

$$\rho = \frac{0.7168 \cdot 93.3 + 1.3566 \cdot 4 + 2.019 \cdot 0.6 + 2.703 \cdot 0.4 + 2.668 \cdot 0.3 + 1.9768 \cdot 0.1 + 1.5392 \cdot 0 + 1.2505 \cdot 1.3}{100}$$

$$\rho = 0.772 \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_{\text{отн}} = \frac{0.5545 \cdot 93.3 + 1.049 \cdot 4 + 1.562 \cdot 0.6 + 2.091 \cdot 0.4 + 2.064 \cdot 0.3 + 1.5291 \cdot 0.1 + 1.1906 \cdot 0 + 0.9673 \cdot 1.3}{100}$$

$$\rho_{\text{отн}} = 0.597$$

Таблица 4. Характеристики газообразного топлива

Теплота сгорания, кДж/м3	Плотность кг/м3	Относительная плотность
1	2	3
37421,38	0,7722017	0,5973405

4.Расчет численности населения проектируемого района

Определим приближенное число жителей города по

плотности населения на один гектар газифицируемой территории

$$N = F_p \cdot m \quad (3)$$

где F_p - площадь района в га., полученная в результате замеров по плану застройки

Суммируя численность населения каждого квартала, определяют число жителей по зонам застройки и общую численность населения в населенном пункте. Результаты расчетов сводят в таблицу

Таблица 5. Численность населения города, при условном разделении на 2 зоны.

Зона №1				Зона №2			
Номер квартала по генплану	Площадь квартала, F_p , га	Плотность населения, m , чел/га	Число жителей в квартале	Номер квартала по генплану	Площадь квартала, F_p , га	Плотность населения, m , чел/га	Число жителей в квартале
1	17,68	330	5834,4	23	10,98	330	3623,4
2	3,01		993,3	24	7,41		2445,3
3	13,49		4451,7	25	11,24		3709,2
4	12,43		4101,9	26	11,09		3659,7
5	15,59		5144,7	27	2,2		726
6	9,72		3207,6	28	19,32		6375,6
7	10,49		3461,7	29	15,58		5141,4
8	12,01		3963,3	30	12,51		4128,3
9	16,49		5441,7	31	14,06		4639,8
10	11,74		3874,2	32	15,03		4959,9
11	10,01		3303,3	33	8,36		2758,8
12	5,33		1758,9				
13	13,12		4329,6				
14	16,03		5289,9				
15	10,07		3323,1				
16	18,17		5996,1				
17	11,4		3762				
18	12,39		4088,7				
19	12,09		3989,7				
20	12,19		4022,7				
21	34,12		11259,6				
22	6,86		2263,8				
Итого по 1 кварталу	190,01		93861,9	Итого по 2 кварталу	127,78		42167,4

5. Расчет потребности газа

5.1 Определение годового расхода теплоты при потреблении газа в квартирах

Определим годовой расход теплоты при потреблении газа в квартирах

$$Q_K = Y_K \cdot N \cdot (g_{K1} \cdot Z_1 + g_{K2} \cdot Z_2 + g_{K3} \cdot Z_3) \quad (4)$$

где $Y_K = 1$ - степень охвата газоснабжением города (определяется заданием);

$N = 1.36 \times 10^5$ - расчетное число жителей ;

$Z_1 = 0.69$ - доля людей, проживающих в квартирах с горячим водоснабжением от газовых водонагревателей ;

$Z_2 = 0.31$ - доля людей, проживающих в квартирах с централизованным горячим водоснабжением ;

$Z_3 = 0$ - доля людей, проживающих в квартирах без централизованного горячего водоснабжения и не имеющих газовых водонагревателей ;

нормы расхода теплоты на одного человека в год в квартирах с соответствующим Z

$g_{K1} = 8000$ МДж/год

$g_{K2} = 2800$ МДж/год

$g_{K3} = 4600$ МДж/год

тогда

$$Q_K = Y_K \cdot N \cdot (g_{K1} \cdot Z_1 + g_{K2} \cdot Z_2 + g_{K3} \cdot Z_3) \quad (5)$$

$$Q_K = 136029.3 \cdot (8000 \cdot 0.69 + 2800 \cdot 0.31 + 4600 \cdot 0) = 8.69 \times 10^8 \quad \frac{\text{МДж}}{\text{год}}$$

5.2 Определение годового расхода теплоты при потреблении газа на предприятиях бытового обслуживания

Расход теплоты для данных потребителей учитывает расход газа на стирку белья в прачечных, на помывку людей в банях, на санитарную обработку в дезкамерах. Очень часто в городах и посёлках прачечные и бани объединяются в одно предприятие. Поэтому расход теплоты для них должен быть также объединён.

$$Q_{БП} = Q_B + Q_{П} \quad (6)$$

Расход теплоты в банях определим по формуле:

$$Q_B = Z_B \cdot Y_B \cdot N \cdot 52 \cdot g_B \quad (7)$$

где $Z_B = 0.45$ - доля населения города, пользующегося банями;

$Y_B = 1$ - доля бань города, использующих газ в виде топлива;

$g_B = 50$ МДж/год- норма расхода теплоты на помывку одного человека;

В формуле заложена частота посещения бань, равная одному разу в неделю.

$$Q_B = Z_B \cdot Y_B \cdot N \cdot 52 \cdot g_B = 0.45 \cdot 136029.3 \cdot 52 \cdot 50 = 1.592 \times 10^8 \frac{\text{МДж}}{\text{год}}$$

Расход теплоты на стирку в прачечных определяется по формуле

$$Q_{\Pi} = \frac{100 \cdot Z_{\Pi} \cdot Y_{\Pi} \cdot N}{1000} \cdot g_{\Pi} \quad (8)$$

$Z_{\Pi} = 0.45$ - доля населения города, пользующегося прачечными;

$Y_{\Pi} = 1$ - доля прачечных города, использующих газ в виде топлива;

$g_{\Pi} = 18800$ МДж/год- норма расхода теплоты на 1 тонну сухого белья.

В формулу заложена средняя норма поступления белья в прачечные, равная 100 тоннам на 1000 жителей.

тогда

$$Q_{\Pi} = \frac{100 \cdot Z_{\Pi} \cdot Y_{\Pi} \cdot N}{1000} \cdot g_{\Pi} = \frac{100 \cdot 0.45 \cdot 136029.3}{1000} \cdot 18800 = 1.151 \times 10^8 \frac{\text{МДж}}{\text{год}}$$

$$Q_{Б\Pi} = Q_B + Q_{\Pi} = 159154281 + 115080787.79999998 = 2.742 \times 10^8 \frac{\text{МДж}}{\text{год}} \quad (9)$$

5.3 Определение годового расхода при потреблении газа в учреждениях здравоохранения.

При расходе газа в больницах и санаториях следует учитывать, что их общая вместимость должна составлять 12 коек на 1000 жителей города или поселка. Расход теплоты в учреждениях здравоохранения необходим для приготовления пищи больным, для санитарной обработки белья, инструментов, помещений. Он определяется по формуле:

$$Q_{зд} = \frac{12 \cdot Y_{зд} \cdot g_{зд}}{1000} \cdot N \quad (10)$$

$Y_{зд} = 1$ - степень охвата газоснабжением учреждений здравоохранения города

$g_{зд} = 3200 + 9200 = 1.24 \times 10^4 \frac{\text{МДж}}{\text{год}}$ - норма расхода теплоты на больницы и родильные дома, на приготовление пищи, на приготовление горячей воды и хозяйственно бытовых нужд и лечебных процедур.

$$Q_{зд} = \frac{12 \cdot Y_{зд} \cdot g_{зд}}{1000} \cdot N = \frac{12 \cdot 12400}{1000} \cdot 136029.3 = 2.024 \times 10^7 \frac{\text{МДж}}{\text{год}} \quad (11)$$

5.4 Определение годового расхода теплоты при потреблении газа на хлебозаводах и пекарнях

При выпечке хлеба и кондитерских изделий, составляющих основной вид продукции данных потребителей газа, следует учитывать разницу в потреблении тепла на разные виды продукции. Норма выпечки хлеба в сутки на 1000 жителей принимается в размере 0,6 - 0,8 тонны. В эту норму входит выпечка и чёрного и белого хлеба, а так же выпечка кондитерских изделий. Точно определить, сколько какого вида продукции потребляют жители очень трудно. Поэтому общую норму 0,6 - 0,8 тонны на 1000 жителей можно условно поделить пополам, считая, что хлебозаводы и пекарни, поровну выпекают чёрный и белый хлеб. Выпечка кондитерских изделий может быть учтена отдельно, например, в размере 0,1 тонны на 1000 жителей в сутки.

При расчёте расхода газа следует учитывать охват газоснабжением хлебозаводов и пекарен. Общий расход теплоты на хлебозаводы и пекарни определяются по формуле:

$$Q_{\text{хз}} = Y_{\text{хз}} \cdot N \cdot (0.35 \cdot g_{\text{чх}} + 0.35 \cdot g_{\text{бх}} + 0.1 \cdot g_{\text{ки}}) \cdot \frac{365}{1000} \quad (12)$$

где $Y_{\text{хз}} = 1$ - доля охвата газоснабжением хлебозаводов и пекарен (задаётся);

$g_{\text{чх}} = 2500$ МДж - норма расхода теплоты на выпечку 1 тонны чёрного хлеба

$g_{\text{бх}} = 5450$ МДж - норма расхода теплоты на выпечку 1 тонны белого хлеба

$g_{\text{ки}} = 7750$ - норма расхода теплоты на выпечку 1 тонны кондитерских изделий.

тогда

$$Q_{\text{хз}} = Y_{\text{хз}} \cdot N \cdot (0.35 \cdot g_{\text{чх}} + 0.35 \cdot g_{\text{бх}} + 0.1 \cdot g_{\text{ки}}) \cdot \frac{365}{1000} \quad (13)$$

$$Q_{\text{хз}} = 136029.3 \cdot (0.35 \cdot 2500 + 0.35 \cdot 5450 + 0.1 \cdot 7750) \cdot \frac{365}{1000} = 2.279 \times 10^8 \cdot \frac{\text{МДж}}{\text{год}}$$

5.5 Определение годового расхода теплоты на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение жилых и общественных зданий (Расход газа в котельной)

Расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления $t_{\text{про}} = -32 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (СНиП. А.6-72.).

Общая площадь жилого здания на одного жителя $f_{\text{общ}} = 18 \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{чел}}$. Средняя за отопительный период норма расхода горячей воды на одного жителя в сутки $a = 115 \text{ л/сут.}$

Общую площадь жилых зданий кварталов с использованием горячего водоснабжения от котельной

$$A = f_{\text{общ}} \cdot N_{\Sigma 2} \quad (14)$$

$$A = f_{\text{общ}} \cdot N_{\Sigma 2} = 18 \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{чел}} \cdot 42167.4 = \frac{759013.0 \cdot \text{м}^2}{\text{чел}} = 7.59 \times 10^5 \cdot \text{м}^2$$

Приняв для зданий величину удельного показателя теплового потока на отопление жилых зданий (с учетом примерного процентного состава зданий до 1985 г постройки с использованием энергосберегающих материалов, а также при отсутствии таковых и зданий и зданий постройки позже 1985г с учетом использования новых типовых проектов) см. диаграмму 1 и 2.

$q_0 = 105.8 \text{ Вт/м}^2$ (величина получена с учетом заданной температуры $t_{\text{про}} = -32 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и процентного состава каждого типа домов).

Находим расчетные тепловые потоки на отопление жилых и общественных зданий кварталов по формуле учебного пособия

$$Q_{\text{оmax}} = q_0 \cdot A \cdot (1 + K_1) \quad (15)$$

где K_1 - коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий

примем $K_1 = 0.25$

тогда для Кварталов:

$$Q_{\text{оmax}} = q_0 \cdot A \cdot (1 + K_1) = 105.8 \cdot 759013 \cdot (1 + 0.25) = 1.004 \times 10^8 \cdot \text{Вт}$$

5.5.1 Максимальный тепловой поток на вентиляцию

Максимальные тепловые потоки на вентиляцию общественных зданий кварталов определяем по формуле

$$Q_{vmax} = K_1 \cdot K_2 \cdot q_0 \cdot A \quad (16)$$

где K_2 - коэффициент, учитывающий тепловой поток на вентиляцию общественных зданий.

для зданий, построенных до 1985г - 0,4

- построенных после 1985 - 0,6

процентное содержание зданий до 1985г постройки = 51.9 %

после 1985г постройки = 48.1 %

тогда

$$K_2 = \frac{51.9 \cdot \frac{0.4}{100} + 48.1 \cdot \frac{0.6}{100}}{0.4 + 0.6} = 0.496 \quad (17)$$

получим

$$Q_{vmax} = K_1 \cdot K_2 \cdot q_0 \cdot A = 0.25 \cdot 0.496 \cdot 105.8 \cdot 759013 = 9.958 \times 10^6 \cdot \text{Вт}$$

укрупненный показатель теплового потока на горячее водоснабжение q_h с учетом общественных зданий при норме на одного жителя $a = 115$ л/сутки составит $q_h = 407$ Вт

5.5.2 Средний тепловой поток на ГВС

Среднечасовые тепловые потоки на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий кварталов определяем по формуле

$$Q_{hm} = q_h \cdot N_{\Sigma 2} = 407 \cdot 42167.4 = 1.716 \times 10^7 \cdot \text{Вт} \quad (18)$$

5.5.3 Максимальный тепловой поток на ГВС

$$Q_{hmax} = 2.4 \cdot q_h \cdot N_{\Sigma 2} = 2.4 \cdot 407 \cdot 42167.4 = 4.119 \times 10^7 \cdot \text{Вт}$$

5.5.4 Суммарный тепловой поток

Суммарный тепловой поток по кварталам Q_{Σ} , определяем суммированием расчетных тепловых потоков на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение

$$Q_{\Sigma} = Q_{omax} + Q_{vmax} + Q_{hm} = 100379469.24999999 + 9957643.3496 + 17162131.8 = 1.275 \times 10^8 \cdot \text{Вт} \quad (19)$$

Таблица 6.

Площадь кварталов, га	Плотность населения Р, чел/га	Количество жителей, м	Общая площадь, А, м²	Тепловой поток, МВт			
				Qomax	Qvmax	Qhm	Q, сумм
127,78	330	42167,4	759013	100,3795	9,957643	17,16213	127,4992

5.5.5 Среднечасовой тепловой поток за отопительный период

Среднечасовой тепловой поток за отопительный период на отопление и вентиляцию определим, используя формулы пересчета (10) и (11) часовые расходы на отопление и вентиляцию при температуре наружного воздуха $t_H = 8^\circ\text{C}$.

$$Q_{o.om} = Q_{o.max} \cdot \left(\frac{t_B - t_H}{t_B - t_{np0}} \right) \quad (20)$$

$$Q_{v.om} = Q_{v.max} \cdot \left(\frac{t_B - t_H}{t_B - t_{npv}} \right) \quad (21)$$

где $t_H = 8^\circ\text{C}$ - средняя температура наружного воздуха за период со среднесуточной температурой воздуха 8°C и менее (отопительный период);

$t_B = 18^\circ\text{C}$ - средняя температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий

$t_{np0} = -32^\circ\text{C}$ - расчетная температура наружного воздуха для отопления.

$t_{npv} = -18^\circ\text{C}$ - расчетная температура наружного воздуха для вентиляции.

$$Q_{o.om} = Q_{o.max} \cdot \left(\frac{t_B - t_H}{t_B - t_{np0}} \right) = 100379469.24999999 \cdot \frac{18 - 8}{18 - (-32)} = 2.01e7 = 2.01 \times 10^7 \cdot \text{Вт}$$

$$Q_{v.om} = Q_{v.max} \cdot \left(\frac{t_B - t_H}{t_B - t_{npv}} \right) = 9957643.3496 \cdot \frac{18 - 8}{18 - (-18)} = 2.766 \times 10^6 \cdot \text{Вт}$$

На горячее водоснабжение района в неотапливаемый период

$$Q_{hm.s} = \gamma \cdot Q_{hm} \cdot \left(\frac{55 - t_{c.s}^2}{55 - t_c} \right) \quad (22)$$

где $t_{c.s} = 15^\circ\text{C}$ - температура холодной воды в неотапливаемый период

$t_c = 5^\circ\text{C}$ - температура холодной воды в отопительный период

$\gamma = 0.8$ - коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на горячее водоснабжение в неотапливаемый период

$$Q_{hm.s} = \gamma \cdot Q_{hm} \cdot \left(\frac{55 - t_{c.s}^2}{55 - t_c} \right) = 0.8 \cdot 17162131.8 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} = 1.098 \times 10^7 \cdot \text{Вт}$$

Для построения годового графика теплоты по продолжительности тепловой нагрузки находим продолжительности стояния температур наружного воздуха в часах с интервалом 5°C и продолжительность отопительного периода

Таблица 7. Продолжительность стояния температур наружного воздуха

Продолжительность стояния, п, часов	Температура наружного воздуха										
	-45	-45 -40	-40 -35	-35 -30	-30 -25	-25 -20	-20 -15	-15 -10	-10 -5	-5 -0	0 +8
п	0	0	1	19	97	211	462	730	960	1320	1430
Температуры	-45 и ниже	-40 и ниже	-35 и ниже	-30 и ниже	-25 и ниже	-20 и ниже	-15 и ниже	-10 и ниже	-5 и ниже	0 и ниже	+8 и ниже
сумма п	0	0	1	20	117	328	790	1520	2480	3800	5230

Таблица 8.

Температура наружного воздуха	Тепловой поток, Вт	Продолжительность стояния данной температуры
8	39229554,32	5230
0	56883492,34	3800
-5	67917203,6	2480
-10	78950914,86	1520
-15	89984626,12	790
-20	101018337,4	328
-25	112052048,6	117
-30	123085759,9	20

5.5.6 Построение годового графика теплового потребления по месяцам.

Для построения годового графика теплового потребления по месяцам находим среднемесячные температуры наружного воздуха. Затем, используя формулы пересчета определим часовые расходы теплоты на отопление и вентиляцию для каждого месяца со среднемесячной температурой ниже +8 °С. Определим суммарные расходы теплоты для месяцев отопительного периода как сумму часовых расходов на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Для месяцев неотапительного периода (с $t_{ср} > 8^{\circ}\text{C}$) суммарный расход теплоты будет равен среднечасовому расходу теплоты на горячее водоснабжение $Q_{hm,s} = 1.098 \times 10^7 \cdot \text{Вт}$. Выполним расчеты для января в качестве примера

$$Q_{o,\text{январь}} = Q_{o\text{max}} \cdot \left(\frac{t_v - t_{\text{январь}}}{t_v - t_{\text{про}}} \right) = 100379469.24999999 \cdot \frac{18 - (-12.9)}{18 - (-32)} = 6.203 \times 10^7 \cdot \text{Вт}$$

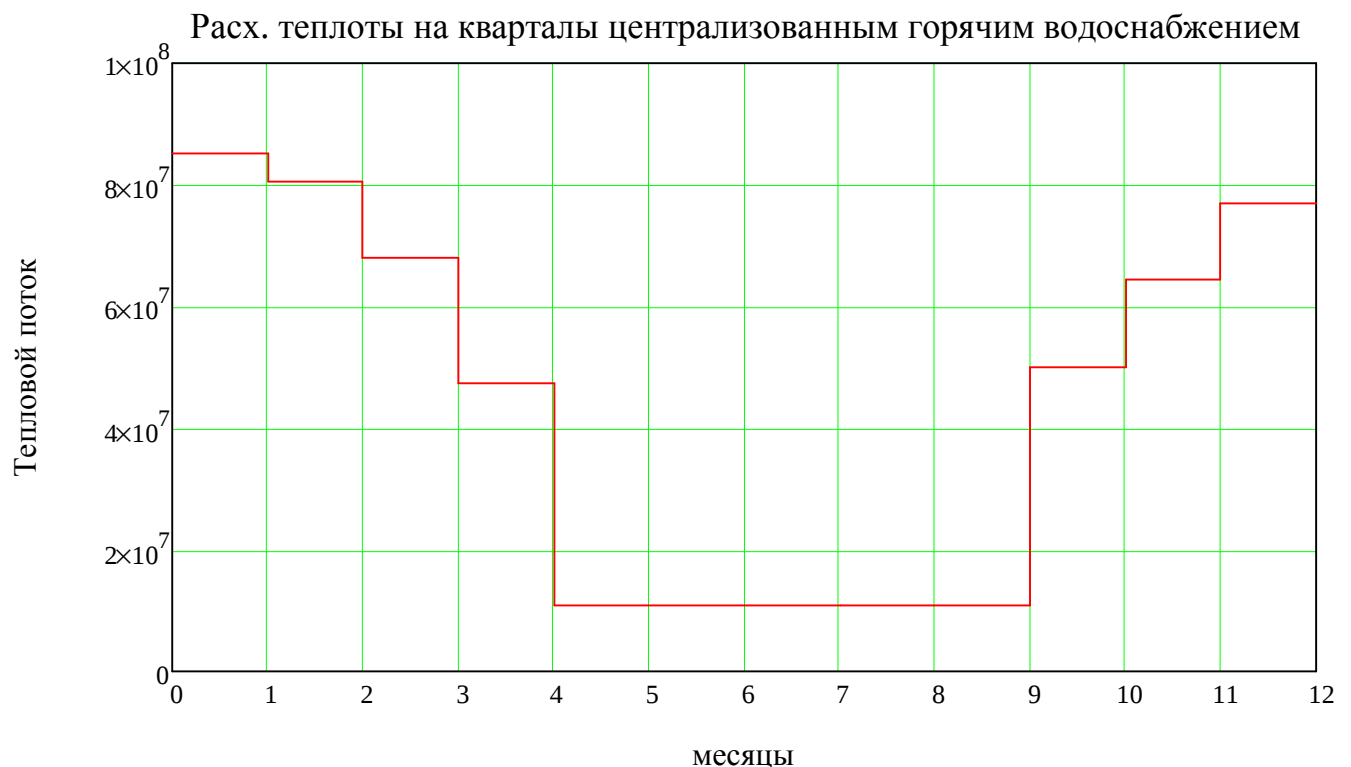
$$Q_{v,\text{январь}} = Q_{v\text{max}} \cdot \left(\frac{t_v - t_{\text{январь}}}{t_v - t_{\text{про}}} \right) = 9957643.3496 \cdot \frac{18 - (-12.9)}{18 - (-32)} = 6.154 \times 10^6 \cdot \text{Вт}$$

$$Q_{\Sigma,\text{январь}} = Q_{o,\text{январь}} + Q_{v,\text{январь}} + Q_{hm} = 62030000 + 6154000 + 17162131.8 = 8.535 \times 10^7 \cdot \text{Вт}$$

Таблица 9.

Среднемесячные расходы теплоты	Среднемесячные температуры наружного воздуха											
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
	-12,9	-10,7	-5,1	4,3	12,6	16,6			10,6	3,1	-3,4	-9,1
Кварталы с централизованным горячим водоснабжением												
Q _o , МВт	62	57,6	46,4	27,5	0	0	0	0	0	29,9	43	54,4
Q _v , МВт	6,15	5,72	4,6	2,73	0	0	0	0	0	2,97	4,26	5,4
Q _{hm} , МВт	17,162	17,1621	17,2	17,162	10,98	10,98	11	10,984	10,98376	17,1621	17,1621	17,16213
Q _{сумма} , МВ	85,3	80,5	68,2	47,4	11	11	11	11	11	50	64,4	77

График 10.



Требуемый тепловой поток от котельной в самый холодный период года (пиковые нагрузки)

$$Q_{\max} = 1.275 \times 10^8 \cdot \text{Вт}$$

$$\text{или } Q_{\text{ОВ}} = Q_{\max} \cdot 3.6 = 4.59 \times 10^8 \frac{\text{кДж}}{\text{час}} \quad (23)$$

тогда расход газа на отопление и вентиляцию

$$V_{\text{ОВ}} = \frac{Q_{\text{ОВ}}}{Q_c} = \frac{458997279.83855993}{37421.380000000005} = 1.227 \times 10^4 \frac{\text{м}^3}{\text{час}} \quad (24)$$

Общий расход теплоты (суммируя тепловой поток по всем месяцам)

$$G_{\text{ОВ}} = 1.664 \times 10^{11} \frac{\text{МДж}}{\text{год}}$$

5.6 Определение годового расхода теплоты при потреблении газа на нужды торговли, предприятий бытового обслуживания населения, школ и ВУЗов

В школах и вузах города газ может использоваться для лабораторных работ. Для этих целей принимают средний расход теплоты на одного учащегося или студента в размере 50 МДж/(год • чел.):

$$Q_{III} = 0.3 \cdot N \cdot 50 = 0.3 \cdot 136029.3 \cdot 50 = 2.04 \times 10^6 \cdot \frac{\text{МДж}}{\text{год}} \quad (25)$$

где $N = 1.36 \times 10^5$ - количество жителей (чел)

0.3 - доля населения школьного возраста

5.7 Составление итоговой таблицы потребления газа городом

Годовые расходы газа на нужды мелких коммунально-бытовых потребителей следует принимать в размере до 5% суммарного расхода на жилые дома.

Примеры расчетов годового расхода газа на хозяйственные и коммунально-бытовые нужды сводятся в итоговую таблицу.

Итоговая таблица расхода газа городом

Таблица 11

№ п/п	Потребитель	Годовой расход теплоты, $Q_{\text{год}}$, МДж/год	Годовой расход газа, $V_{\text{год}}$ м ³ /год	Кол-во часов использования максимальной нагрузки, т, час/год	Часовой расход газа $V_{\text{ч}}$, м ³ /ч
1	Квартиры	868955168,4	23220821,05	2600	8931,085019
2	Бани	159154281	4253030,781	2700	1575,196585
3	Прачечные	115080787,8	3075268,411	2900	1060,437383
4	Учреждения здравоохранения	20241159,84	540898,2737	2700	200,3326939
5	Хлебозаводы	227896687,8	6090012,922	6000	1015,002154
6	Учебные учреждения и д/с	2040439,5	54526,03565	2000	27,26301783
7	Горячее водоснабжение города от котельной	458997279,8	12265642,79		12265,64279

6.Определение оптимального числа ГРП

Оптимальное число ГРП определяется по формуле

$$n_{\text{опт}} = \frac{V_{\text{час}}}{V_{\text{опт}}} \quad (26)$$

где $V_{\text{час}}$ - часовой расход газа на жилые дома, $\frac{\text{м}^3}{\text{час}}$;

$V_{\text{опт}}$ - оптимальный расход газа через ГРП, $\frac{\text{м}^3}{\text{час}}$;

Для определения $V_{\text{опт}}$ необходимо вначале определить оптимальный радиус действия ГРП, который должен находиться в пределах 400...800метров.

Этот радиус определяется по формуле

$$R_{\text{опт}} = 249 \cdot \frac{\Delta p^{0.081}}{\varphi^{0.245}} \cdot (m \cdot e)^{0.143} \quad (27)$$

где $\Delta p = 1000$ - расчетный перепад давления в сетях низкого давления

$\varphi = 0.0075 + 0.003 \cdot \frac{m}{100} = 0.017$ - коэффициент плотностей сетей низкого давления, 1/м

$m = 330$ - плотность населения по району действия ГРП, чел/га;

$$e = \frac{V}{N_{\Sigma 1} + N_{\Sigma 2}} = \frac{12809.32}{93861 + 42167.0} = 0.0942 \quad \text{- удельный часовой расход газа на одного человека, } \frac{\text{м}^3}{\text{чел} \cdot \text{ч}} \quad (28)$$

$$R_{\text{опт}} = 249 \cdot \frac{\Delta p^{0.081}}{\varphi^{0.245} \cdot (m \cdot e)^{0.143}} = 249 \cdot \frac{1000^{0.081}}{0.017^{0.245} \cdot (330 \cdot 0.0942)^{0.143}} = 719.16 \text{ м} \quad (29)$$

Оптимальный расход газа через ГРП определяется из соотношения:

$$V_{\text{опт}} = \frac{m \cdot e \cdot R_{\text{опт}}^2}{5000} = \frac{330 \cdot 0.0942 \cdot 719.16^2}{5000} = 3215.481 \quad (30)$$

тогда

$$n_{\text{опт}} = \frac{V}{V_{\text{опт}}} = \frac{12809.32}{3215.481} = 3.98$$

примем $n_{\text{опт}} = 6$

7. Гидравлический расчет тупиковых газопроводов низкого давления

Тупиковые газопроводы низкого давления прокладываются внутри жилых домов, внутри производственных цехов и по территории небольших населенных пунктов сельского типа. Источником питания подобных газопроводов являются ГРП низкого давления. Гидравлический расчет тупиковых газопроводов производим по номограмме.

Удельный расход газа на одного жителя

$$\frac{\text{м}^3}{\text{чел}} \sim$$

Для зоны №1 (кварталы с газовыми плитами и газовыми проточными нагревателями)

$$V_{1\text{ч}} = \frac{V_{1\text{ч}}}{N_{\Sigma 1}} = \frac{7717.6}{93861} = 0.0822 \frac{\text{м}^3}{\text{час}} \quad (31)$$

где $N_{\Sigma 1}$ - число людей, относимых к зоне №1.

Для зоны №2 (кварталы с газовыми плитами и централизованным горячим водоснабжением)

$$V_{2\text{ч}} = \frac{V_{2\text{ч}}}{N_{\Sigma 2}} = \frac{1213.49}{42167.0} = 0.0288 \frac{\text{м}^3}{\text{час}} \quad (32)$$

где $N_{\Sigma 2}$ - число людей, относимых к зоне №2.

Таблица 12. Определение расхода газа через ГРП

ГРП №1				
Обслуживаемые кварталы	Площадь кварталов	удельное потребление газа, одним жителем м ³ /час	Число жителей в квартале	Потребление газа кварталом, м ³ /час
23	10,98	0,0288	3623,4	104,35392
1	17,68	0,0822	5834,4	479,58768
6	9,72	0,0822	3207,6	263,66472
Расход газа через ГРП				847,60632

ГРП№2				
Обслуживаемые кварталы	Площадь кварталов	удельное потребление газа, одним жителем м3/час	Число жителей в квартале	Потребление газа кварталом, м3/час
25	11,24	0,0288	3709,2	106,82496
26	11,09	0,0288	3659,7	105,39936
24	7,41	0,0288	2445,3	70,42464
27	2,2	0,0288	726	20,9088
28	19,32	0,0288	6375,6	183,61728
29	15,58	0,0288	5141,4	148,07232
17	11,4	0,0822	3762	309,2364
30	12,51	0,0288	4128,3	118,89504
31	14,06	0,0288	4639,8	133,62624
				1197,00504

ГРП№3				
Обслуживаемые кварталы	Площадь кварталов	удельное потребление газа, одним жителем м3/час	Число жителей в квартале	Потребление газа кварталом, м3/час
16	18,17	0,0822	5996,1	492,87942
18	12,39	0,0822	4088,7	336,09114
32	15,03	0,0288	4959,9	142,84512
33	8,36	0,0288	2758,8	79,45344
	Расход газа через ГРП			1051,26912

ГРП№4				
Обслуживаемые кварталы	Площадь кварталов	удельное потребление газа, одним жителем м3/час	Число жителей в квартале	Потребление газа кварталом, м3/час
20	12,19	0,0822	4022,7	330,66594
21	34,12	0,0822	11259,6	925,53912
22	6,86	0,0822	2263,8	186,08436
	Расход газа через ГРП			1442,28942

ГРП№5				
Обслуживаемые кварталы	Площадь кварталов	удельное потребление газа, одним жителем м3/час	Число жителей в квартале	Потребление газа кварталом, м3/час
5	15,59	0,0822	5144,7	422,89434
9	16,49	0,0822	5441,7	447,30774
12	5,33	0,0822	1758,9	144,58158
13	13,12	0,0822	4329,6	355,89312
14	16,03	0,0822	5289,9	434,82978
15	10,07	0,0822	3323,1	273,15882
19	12,09	0,0822	3989,7	327,95334
				2406,61872

ГРП№6				
Обслуживаемые кварталы	Площадь кварталов	удельное потребление газа, одним жителем м3/час	Число жителей в квартале	Потребление газа кварталом, м3/час
2	3,01	0,0822	993,3	81,64926
3	13,49	0,0822	4451,7	365,92974
4	12,43	0,0822	4101,9	337,17618
7	10,49	0,0822	3461,7	284,55174
8	12,01	0,0822	3963,3	325,78326
10	11,74	0,0822	3874,2	318,45924
11	10,01	0,0822	3303,3	271,53126
				1985,08068

Произведем расчет газопроводов низкого давления выборочно для кварталов, подключенных к ГРП №1

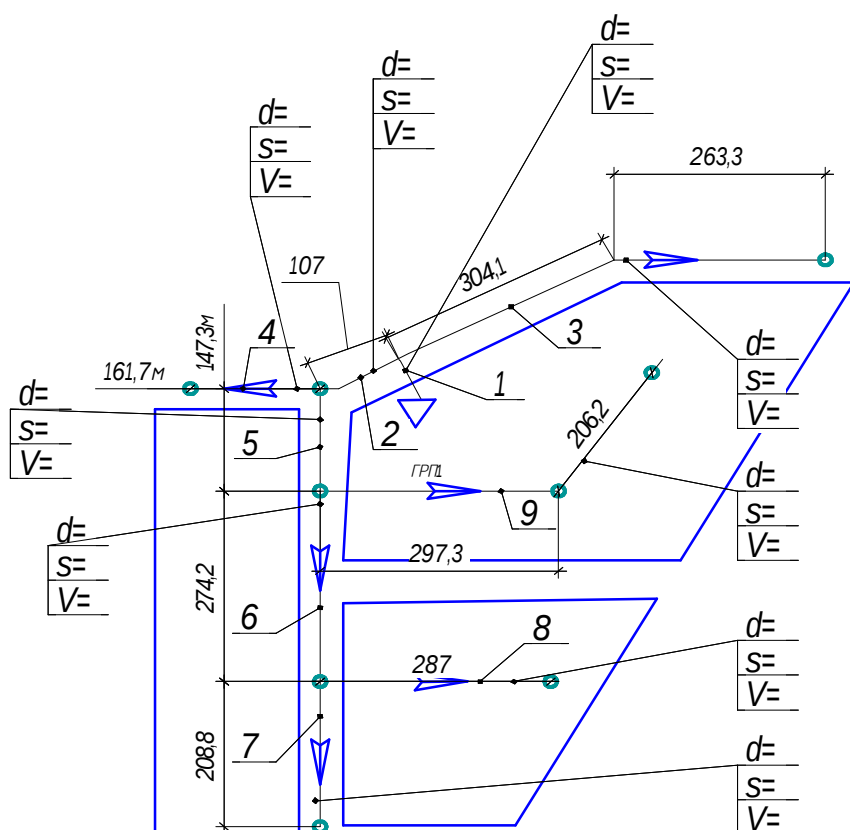


Таблица 13.

№ квартала	Расход					
23	104,35392					
1	479,58768					
6	263,66472					
Ветки	Длина участка, м	Расход на уч-ке, V уч, м3/час	0,55Vуч, м3/час	Транзитный расход, Vтр, м3/час	Расчетный расход Vр, м3/час	Суммарный расход, V?, м3/час
1	50	0	0	847,60632	847,60632	847,60632
2	107	0	0	655,771248	655,771248	655,771248
3	567,4	191,835072	105,5092896	0	105,5092896	191,835072
4	161,7	20,870784	11,4789312	0	11,4789312	20,870784
5	147,3	20,870784	11,4789312	614,02968	625,5086112	634,900464
6	274,2	31,306176	17,2183968	294,970896	312,1892928	326,277072
7	208,8	136,772064	75,2246352	0	75,2246352	136,772064
8	287	158,198832	87,0093576	0	87,0093576	158,198832
9	503,5	287,752608	158,2639344	0	158,2639344	287,752608

Итоговый расход у выхода из ГРП совпадает с исходным значением $V_{\Sigma \text{grp1}} = 847.606$

$\frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$

Выбираем максимально длинный участок $l_{\max} = 107 + 147.3 + 274.2 + 287 = 815.5 \cdot \text{м}$

Принимаем перепад давлений $\Delta p = 3000 \text{ Па}$ между выходом газопровода из ГРП и

конечным потребителем. При расчете потерь давления, примем что потери давления на местных сопротивлениях равны 10% от общих потерь.

соотношение перепада давлений и длины участка

$$\left[\frac{\Delta p}{L} \right] = \frac{\Delta p}{1.1 \cdot l_{\max}} = \frac{3000}{1.1 \cdot 815.5} = 3.34 \frac{\text{Па}}{\text{м}} \quad (33)$$

Диаметры подбираем последовательно от участка к участку

Ветка 1-2-5-9

Участок 1

при $V_1 = 847.61$ и $\left[\frac{\Delta p}{L} \right] = 3.34$ $l_1 = 50 \cdot \text{м}$

по номограмме приложения 10 определяем диаметр трубы и толщину стенки трубы.

$$d = 219 \text{ мм}$$

$$s = 6 \text{ мм}$$

действительное падение давления на данном участке

$$\Delta p_1 = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{V_1^2}{d^{5.25}} \cdot l_1 \cdot 1.1 = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{847.61^2}{219^{5.25}} \cdot 50 \cdot 1.1 = 56.277 = 56.27 \text{ Па} \quad (34)$$

аналогично находим значения параметров труб для остальных участков

участок 2

$$\left[\frac{\Delta p}{L} \right] = \frac{\Delta p - \Delta p_1}{1.1 \cdot (l_{\max} - l_1)} = \frac{3000 - 56.277}{1.1 \cdot (815.5 - 50)} = 3.5 \frac{\text{Па}}{\text{м}}$$

при $V_2 = 655.77$ и $\left[\frac{\Delta p}{L} \right] = 3.5$ $l_2 = 107 \cdot \text{м}$

$$d = 159 \text{ мм}$$

получим

$$s = 4 \text{ мм}$$

действительное падение давления на данном участке

$$\Delta p_2 = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{V_2^2}{d^{5.25}} \cdot l_2 \cdot 1.1 = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{655.77^2}{159^{5.25}} \cdot 107 \cdot 1.1 = 387.13 \text{ Па}$$

участок 5

$$\left[\frac{\Delta p}{L} \right] = \frac{\Delta p - \Delta p_1 - \Delta p_2}{1.1 \cdot (l_{\max} - l_1 - l_2)} = \frac{3000 - 56.277 - 387.13}{1.1 \cdot (815.5 - 50 - 107)} = 3.53 \frac{\text{Па}}{\text{м}}$$

при $V_5 = 625.51$ и $\left[\frac{\Delta p}{L} \right] = 3.53$ $l_5 = 147.3 \cdot \text{м}$

получим $d = 159 \text{ мм}$
 $s = 4 \text{ мм}$

действительное падение давления на данном участке

$$\Delta p_5 = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{V_5^2}{d^{5.25}} \cdot l_5 \cdot 1.1 = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{625.51^2}{159^{5.25}} \cdot 147.3 \cdot 1.1 = 484.88 \text{ Па}$$

участок 9

$$\left[\frac{\Delta p}{L} \right] = \frac{\Delta p - \Delta p_1 - \Delta p_2 - \Delta p_5}{1.1 \cdot l_9} = \frac{3000 - 56.277 - 387.13 - 484.88}{1.1 \cdot 503.5} = 3.74 \frac{\text{Па}}{\text{м}}$$

при $V_9 = 158.26$ и $\left[\frac{\Delta p}{L} \right] = 3.74$ $l_9 = 503.5 \cdot \text{м}$

получим $d = 89 \text{ мм}$
 $s = 3 \text{ мм}$

действительное падение давления на данном участке

$$\Delta p_9 = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{V_9^2}{d^{5.25}} \cdot l_9 \cdot 1.1 = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{158.26^2}{89^{5.25}} \cdot 503.5 \cdot 1.1 = 2232.3 \text{ Па}$$

Общее падение давления от ГРП до потребителя

$$\Delta p_{\text{расч}} = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_5 + \Delta p_9 = 3.161 \times 10^3 \text{ Па}$$

Избыточное давление газа $P_{\text{изб}} = 5000 - \Delta p_{\text{расч}} = 1.839 \times 10^3 \text{ Па}$

погрешность $\frac{2000 - P_{\text{изб}}}{2000} \cdot 100 = 8.029 \% < 15\%$

расчет верен

Ветка 1-2-4

участок 4

разобьем данный участок на два равных с разными значениями диаметров на каждом

$$\left[\frac{\Delta p}{L} \right] = \frac{3000 - \Delta p_1 - \Delta p_2}{1.1 \cdot l_4} = \frac{3000 - 56.277 - 387.13}{1.1 \cdot 161.7} = 14.4 \quad \frac{\text{Па}}{\text{м}}$$

$$\text{при } V_4 = 11.479 \quad \text{и} \quad \left[\frac{\Delta p}{L} \right] = 14.4 \quad \frac{l_4}{2} = 80.85 \cdot \text{м}$$

$$\text{получим } d = 42.3 \text{ мм}$$

$$s = 3.2 \text{ мм}$$

действительное падение давления на данном участке

$$\Delta p_4 = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{V_4^2}{d^{5.25}} \cdot \frac{l_4}{2} \cdot 1.1 = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{11.479^2}{42.3^{5.25}} \cdot \frac{161.7}{2} \cdot 1.1 = 93.649 \quad \text{Па}$$

вторая часть

$$\left[\frac{\Delta p}{L} \right] = \frac{3000 - \Delta p_1 - \Delta p_2 - \Delta p_4}{1.1 \cdot \frac{l_4}{2}} = \frac{3000 - 56.277 - 387.13 - 93.649}{1.1 \cdot \frac{161.7}{2}} = 27.7 \quad \frac{\text{Па}}{\text{м}}$$

$$\text{при } V_4 = 11.479 \quad \text{и} \quad \left[\frac{\Delta p}{L} \right] = 27.7 \quad \frac{l_4}{2} = 80.85 \cdot \text{м}$$

$$\text{получим } d = 48 \text{ мм}$$

$$s = 3.5 \text{ мм}$$

действительное падение давления на данном участке

$$\Delta p_{4\text{доп}} = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{V_4^2}{d^{5.25}} \cdot \frac{l_4}{2} \cdot 1.1 = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{11.479^2}{48^{5.25}} \cdot \frac{161.7}{2} \cdot 1.1 = 48.225 \text{ Па}$$

Общее падение давления от ГРП до потребителя

$$\Delta p_{\text{расч}} = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_4 + \Delta p_{4\text{доп}} = 585.281$$

$$\text{Избыточное давление газа в трубе} \quad p_{\text{изб}} = 5000 - \Delta p_{\text{расч}} = 4.415 \times 10^3 \text{ Па}$$

$$\text{погрешность} \quad \frac{2000 - p_{\text{изб}}}{2000} \cdot 100 = -120.736 \% < 15\% \quad \text{слишком короткий участок}$$

необходимо дополнительно установить местные сопротивления на участке, чтобы выровнять давление

Ветка №1-2-5-6-7

участок 6-7

$$\left[\frac{\Delta p}{L} \right] = \frac{3000 - \Delta p_1 - \Delta p_2 - \Delta p_5}{1.1 \cdot (l_6 + l_7)} = \frac{3000 - 56.277 - 387.13 - 484.88}{1.1 \cdot (274.2 + 208.8)} = 3.9 \frac{\text{Па}}{\text{м}}$$

при $V_6 = 312.19$ и $\left[\frac{\Delta p}{L} \right] = 3.9$ $l_6 = 274.2 \cdot \text{м}$

получим $d = 114 \text{ мм}$

$$s = 4 \text{ мм}$$

действительное падение давления на данном участке

$$\Delta p_6 = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{V_6^2}{d^{5.25}} \cdot l_6 \cdot 1.1 = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{312.19^2}{114^{5.25}} \cdot 274.2 \cdot 1.1 = 1289.6 \text{ Па}$$

при $V_7 = 75.225$ и $\left[\frac{\Delta p}{L} \right] = 3.9$ $l_7 = 208.8 \cdot \text{м}$

получим $d = 70 \text{ мм}$

$$s = 3 \text{ мм}$$

действительное падение давления на данном участке

$$\Delta p_7 = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{V_7^2}{d^{5.25}} \cdot l_7 \cdot 1.1 = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{75.225^2}{70^{5.25}} \cdot 208.8 \cdot 1.1 = 737.89 \text{ Па}$$

Общее падение давления от ГРП до потребителя

$$\Delta p_{12567} = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_5 + \Delta p_6 + \Delta p_7 = 2.956 \times 10^3$$

Избыточное давление газа в трубе

$$p_{\text{изб}} = 5000 - \Delta p_{12567} = 2.044 \times 10^3 \text{ Па}$$

погрешность $\frac{2000 - p_{\text{изб}}}{2000} \cdot 100 = -2.211 \quad \% < 15\%$

расчет верен

Ветка №1-2-5-6-8

участок 8

$$\left[\frac{\Delta p}{L} \right] = \frac{3000 - \Delta p_1 - \Delta p_2 - \Delta p_5 - \Delta p_6}{1.1 \cdot (l_8)} = \frac{3000 - 56.277 - 387.13 - 484.88 - 1289.6}{1.1 \cdot 287} = 2.48 \frac{\text{Па}}{\text{м}}$$

при $V_8 = 87.009$ и $\left[\frac{\Delta p}{L} \right] = 2.48$ $l_8 = 287 \cdot \text{м}$

получим $d = 76 \text{ мм}$

$$s = 3 \text{ мм}$$

действительное падение давления на данном участке

$$\Delta p_8 = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{V_8^2}{d^{5.25}} \cdot l_8 \cdot 1.1 = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{87.009^2}{76^{5.25}} \cdot 287 \cdot 1.1 = 881.13 \text{ Па}$$

Общее падение давления от ГРП до потребителя

$$\Delta p_{12568} = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_5 + \Delta p_6 + \Delta p_8 = 3.099 \times 10^3$$

$$\text{Избыточное давление газа в трубе} \quad p_{\text{изб}} = 5000 - \Delta p_{12568} = 1.901 \times 10^3 \text{ Па}$$

$$\text{погрешность} \quad \frac{2000 - p_{\text{изб}}}{2000} \cdot 100 = 4.951 \quad \% < 15\%$$

расчет верен

Ветка №1-3

участок 3

разобьем данный участок на два участка

$$\left[\frac{\Delta p}{L} \right] = \frac{3000 - \Delta p_1}{1.1 \cdot (l_3)} = \frac{3000 - 56.277}{1.1 \cdot 567.0} = 4.72 \quad \frac{\text{Па}}{\text{м}}$$

первый участок

$$\text{при } V_3 = 105.51 \quad \text{и} \quad \left[\frac{\Delta p}{L} \right] = 4.72 \quad l_{3'} = 304 \text{ м}$$

$$\text{получим } d = 75.5 \text{ мм}$$

$$s = 4 \text{ мм}$$

действительное падение давления на данном участке

$$\Delta p_3 = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{V_3^2}{d^{5.25}} \cdot l_3 \cdot 1.1 = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{105.51^2}{75.5^{5.25}} \cdot 304 \cdot 1.1 = 1420.8 \text{ Па}$$

второй участок

$$\left[\frac{\Delta p}{L} \right] = \frac{3000 - \Delta p_1 - \Delta p_3}{1.1 \cdot (263.3)} = \frac{3000 - 56.277 - 1420.8}{1.1 \cdot 263.3} = 5.26 \quad \frac{\text{Па}}{\text{м}}$$

$$\text{при } V_3 = 105.51 \quad \text{и} \quad \left[\frac{\Delta p}{L} \right] = 5.26 \quad l_{3''} = 263.3 \text{ м}$$

получим $d = 70$ мм

$$s = 3 \text{ мм}$$

действительное падение давления на данном участке

$$\Delta p_{3\text{доп}} = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{V_3^2}{d^{5.25}} \cdot l_3 \cdot 1.1 = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{105.51^2}{70^{5.25}} \cdot 263.3 \cdot 1.1 = 1830.5 \text{ Па}$$

Общее падение давления от ГРП до потребителя

$$\Delta p_{\text{расч}} = \Delta p_1 + \Delta p_3 + \Delta p_{3\text{доп}} = 3.308 \times 10^3$$

Избыточное давление газа в трубе $p_{\text{изб}} = 5000 - \Delta p_{\text{расч}} = 1.692 \times 10^3$ Па

$$\text{погрешность} \quad \frac{2000 - p_{\text{изб}}}{2000} \cdot 100 = 14,5\% \quad \% < 15\%$$

8. Гидравлический расчет тупикового газопровода высокого давления

Газопровод высокого давления имеет в начальной точке 0 избыточное давление газа $P_H = 0.6 \cdot \text{МПа}$ конечное давление $P_K = 0.15 \cdot \text{МПа}$. Это давление должно поддерживаться у всех потребителей, подключенных к данной ветке, одинаковым независимо от места их расположения..

В расчетах используем абсолютное давление газа, поэтому расчетные $P_H = P_H + 0.1 = 0.7 \cdot \text{МПа}$ и $P_K = P_K + 0.1 = 0.25 \cdot \text{МПа}$. Длины участков переводим в километры.

Для начала расчета определяем среднюю удельную разность квадратов давлений:

$$A_{CP} = \frac{P_H^2 - P_K^2}{1.1 \cdot \Sigma l_i} \quad (35)$$

где Σl_i - сумма длин всех участков по расчетному направлению, км.

Множитель 1,1 означает искусственное увеличение длины газопровода для компенсации различных местных сопротивлений (повороты, задвижки, компенсаторы и т.д.)

Далее, используя среднее значение A_{CP} и расчетный расход газа на соответствующем участке, по номограмме определяем диаметр газопровода и по нему, используя ту же номограмму (приложение 10), уточняем значение A для выбранного стандартного диаметра газопровода.

Затем, по уточненному значению A и расчетной длине, определяем точное значение разности

$P_H^2 - P_K^2$ на участке. Все расчеты сведем в таблицы.

От ГРС отходят две тупиковые ветки. Произведем расчет по каждой ветке отдельно.

Расходы на участках

Длины участков

$$l_1 = 0.344 \quad \text{км}$$

$$l_2 = 0.649 = 0.649 \cdot \text{км}$$

$$l_3 = 1.067 + 0.112 = 1.179 \cdot \text{км}$$

$$l_4 = 0.435 = 0.435 \cdot \text{км}$$

$$l_5 = 0.597 = 0.597 \cdot \text{км}$$

$$l_6 = 0.165 \quad \text{км}$$

$$l_7 = 1.246 = 1.246 \cdot \text{км}$$

$$l_8 = 0.623 \quad \text{км}$$

$$l_9 = 0.474 = 0.474 \cdot \text{км}$$

$$l_{10} = 1.222 = 1.222 \cdot \text{км}$$

$$l_{11} = l_{grs} = 4.5 \cdot \text{км}$$

$$V_1 = V_{\Sigma grp1} = 847.606 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

$$V_2 = V_{\Sigma grp1} + V_{\Sigma grp6} = 2.833 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

$$V_3 = V_{\Sigma grp3} = 1.051 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

$$V_4 = V_{\Sigma grp4} = 1.442 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

$$V_5 = V_{\Sigma grp5} + V_{xz} = 3.422 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

$$V_6 = V_{\Sigma grp6} = 1.985 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

$$V_7 = V_3 + V_4 = 2.494 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

$$V_8 = V_3 + V_4 + V_5 = 5.915 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

$$V_9 = V_{6п} = 2.636 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

$$V_{10} = V_9 + V_2 = 5.468 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

$$V_{11} = V_8 + V_{10} = 1.138 \times 10^4 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

Наиболее протяженный участок $l_{\max} = l_{11} + l_8 + l_7 + l_3 = 7.55 \text{ км}$

удельная разность квадратов давлений

$$A_{\text{CP}} = \frac{(P_H \cdot 10)^2 - (P_K \cdot 10)^2}{1.1 \cdot l_{\max}} = \frac{(0.7 \cdot 10)^2 - (0.25 \cdot 10)^2}{1.1 \cdot 7.55} = 5.148 \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

Перепад давлений

$$[\Delta P^2_{\text{уч}}] = (P_H \cdot 10)^2 - (P_K \cdot 10)^2 = 42.75 \cdot \text{атм}^2 \quad (36)$$

Ветка 1-8-7-3

Участок 11

$$V_{11} = 1.138 \times 10^4 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad A_{\text{CP}} = 5.148 \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

тогда по номограмме определяем внутренний диаметр трубы и толщину стенки трубы

$$d = 273 \cdot \text{мм} \quad s = 7 \cdot \text{мм}$$

делаем перерасчет разности квадратов давления на этом участке

$$\text{Получим} \quad A_{\text{CP}11} = 1.329 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

тогда разность квадратов давлений

$$[\Delta P^2_{11}] = A_{\text{CP}11} \cdot 1.1 \cdot l_{11} = 6.58 \cdot \text{атм}^2$$

Участок 8

$$V_8 = 5.915 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad A_{\text{CP}} = 5.148 \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

тогда по номограмме определяем внутренний диаметр трубы и толщину стенки трубы

$$d = 159 \cdot \text{мм} \quad s = 4.5 \cdot \text{мм}$$

делаем перерасчет разности квадратов давления на этом участке

$$\text{Получим} \quad A_{\text{CP}8} = 6.046 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

тогда разность квадратов давлений

$$[\Delta P^2_8] = A_{\text{CP}8} \cdot 1.1 \cdot l_8 = 4.143 \cdot \text{атм}^2$$

Участок 7

$$V_7 = 2.494 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad A_{\text{CP}} = 5.148 \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

тогда по номограмме определяем внутренний диаметр трубы и толщину стенки трубы

$$d = 108 \cdot \text{мм} \quad s = 4 \cdot \text{мм}$$

делаем перерасчет разности квадратов давления на этом участке

$$\text{Получим} \quad A_{\text{CP}7} = 8.206 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

тогда разность квадратов давлений

$$[\Delta P^2_7] = A_{\text{CP}7} \cdot 1.1 \cdot l_7 = 11.247 \cdot \text{атм}^2$$

Участок 3

Разобьем данный участок на два равных участка

$$\text{Давление газа в начале участка} \quad P_H = \sqrt{P_H^2 - \frac{([\Delta P^2_{11}])}{100} - \frac{([\Delta P^2_8])}{100} - \frac{([\Delta P^2_7])}{100}} = 0.52 \cdot \text{МПа}$$

$$\text{в конце участка} \quad P_K = 0.25 \cdot \text{МПа}$$

Требуемый перепад квадратов давлений на этом участке

$$[\Delta P^2] = (P_H^2 - P_K^2) \cdot 100 = 20.78 \cdot \text{атм}^2$$

Средняя удельная разность давлений

$$A_{\text{CP}'} = \frac{[\Delta P^2]}{1.1(l_3)} = 16.023 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

$$V_3 = 1.051 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad A_{\text{CP}'} = 16.023 \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

тогда по номограмме определяем внутренний диаметр трубы и толщину стенки трубы

$$d = 76 \cdot \text{мм} \quad s = 3 \cdot \text{мм}$$

делаем перерасчет разности квадратов давления на этом участке при $V_3 = 1.051 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$

$$\text{Получим} \quad A_{\text{CP}3} = 9.275 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

тогда разность квадратов давлений

$$[\Delta P^2_3] = A_{\text{CP}3} \cdot 1.1 \cdot \frac{l_3}{2} = 6.014 \cdot \text{атм}^2$$

вторая половина участка

Давление газа в начале участка

$$P_{H'} = \sqrt{P_H^2 - \frac{[\Delta P^2_{11}]}{100} - \frac{[\Delta P^2_8]}{100} - \frac{[\Delta P^2_7]}{100} - \frac{[\Delta P^2_3]}{100}} = 0.458 \cdot \text{МПа}$$

в конце участка $P_K = 0.25 \cdot \text{МПа}$

Требуемый перепад квадратов давлений на этом участке

$$[\Delta P^2] = (P_{H'}^2 - P_K^2) \cdot 100 = 14.766 \cdot \text{атм}^2$$

Средняя удельная разность давлений

$$A_{CP'} = \frac{[\Delta P^2]}{1.1 \left(\frac{l_3}{\gamma} \right)} = 22.771 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

$$V_3 = 1.051 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad A_{CP'} = 22.771 \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

тогда по номограмме определяем внутренний диаметр трубы и толщину стенки трубы

$$d = 57 \cdot \text{мм} \quad s = 3 \cdot \text{мм}$$

делаем перерасчет разности квадратов давления на этом участке

Получим $A_{cp3} = 41.367 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$

тогда разность квадратов давлений

$$[\Delta P^2_{3\text{доп}}] = A_{cp3} \cdot 1.1 \cdot \frac{l_3}{2} = 26.825 \cdot \text{атм}^2$$

Проверка

$$[\Delta P^2_{уч}] = 42.75$$

$$[\Delta P^2_{\text{пров}}] = [\Delta P^2_3] + [\Delta P^2_{3\text{доп}}] + [\Delta P^2_7] + [\Delta P^2_8] + [\Delta P^2_{11}] = 54.809$$

Ошибка $\Delta = \frac{[\Delta P^2_{уч}] - [\Delta P^2_{\text{пров}}]}{[\Delta P^2_{уч}]} \cdot 100 = -28.208 \cdot \%$

необходимо дополнительно установить местные сопротивления на участке, чтобы выровнять давление

Ветка 4-7-8-11

Участок 4

Для более точного конечного давления необходимо разбить этот участок на 2 части 1/3 и 2/3.

1 половина

Давление газа в начале участка $P_{H'} = \sqrt{P_H^2 - \frac{[\Delta P^2_{11}]}{100} - \frac{[\Delta P^2_8]}{100} - \frac{[\Delta P^2_7]}{100}} = 0.52 \cdot \text{МПа}$

в конце участка $P_K = 0.25 \cdot \text{МПа}$

Требуемый перепад квадратов давлений на этом участке

$$[\Delta P^2] = (P_{H'}^2 - P_K^2) \cdot 100 = 20.78 \cdot \text{атм}^2$$

Средняя удельная разность давлений

$$A_{CP'} = \frac{[\Delta P^2]}{1.1(l_4)} = 43.427 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

Расход газа на участке

$$V_4 = 1.442 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

тогда по номограмме определяем внутренний диаметр трубы и толщину стенки трубы

$$d = 89 \cdot \text{мм} \quad s = 3 \cdot \text{мм}$$

делаем перерасчет разности квадратов давления на этом участке

Получим $A_{cp4} = 15.24 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$

тогда разность квадратов давлений

$$[\Delta P^2_4] = A_{cp4} \cdot 1.1 \cdot \frac{l_4}{3} = 2.431 \cdot \text{атм}^2$$

2 половина

Давление газа в начале участка

$$P_{H'} = \sqrt{P_H^2 - \frac{([\Delta P^2_{11}])}{100} - \frac{([\Delta P^2_8])}{100} - \frac{([\Delta P^2_7])}{100} - \frac{[\Delta P^2_4]}{100}} = 0.496 \cdot \text{МПа}$$

в конце участка $P_K = 0.25 \cdot \text{МПа}$

Требуемый перепад квадратов давлений на этом участке

$$[\Delta P^2] = (P_{H'}^2 - P_K^2) \cdot 100 = 18.349 \cdot \text{атм}^2$$

Средняя удельная разность давлений

$$A_{CP'} = \frac{[\Delta P^2]}{1.1\left(\frac{l_4 \cdot 2}{3}\right)} = 57.521 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

Расход газа на участке

$$V_4 = 1.442 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

тогда по номограмме определяем внутренний диаметр трубы и толщину стенки трубы

$$d = 57 \cdot \text{мм} \quad s = 3 \cdot \text{мм}$$

делаем перерасчет разности квадратов давления на этом участке

Получим
$$A_{\text{ср4}} = 77.436 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

тогда разность квадратов давлений
Проверка

$$[\Delta P^2_{4\text{доп}}] = A_{\text{ср4}} \cdot 1.1 \cdot \frac{l_4^2}{3} = 24.702 \cdot \text{атм}^2$$

$$[\Delta P^2_{\text{уч}}] = 42.75$$

$$[\Delta P^2_{\text{пров}}] = [\Delta P^2_4] + [\Delta P^2_{4\text{доп}}] + [\Delta P^2_7] + [\Delta P^2_8] + [\Delta P^2_{11}] = 49.103$$

Ошибка
$$\Delta = \frac{[\Delta P^2_{\text{уч}}] - [\Delta P^2_{\text{пров}}]}{[\Delta P^2_{\text{уч}}]} \cdot 100 = -14.861\% \quad \text{меньше } 15\%$$

расчет верен

Ветка 5-8-11

Участок 5`

разбиваем данный участок на две части с разными значениями диаметров газопроводов в пропорции 2/3 и 1/3

первый участок

Давление газа в начале участка
$$P_H = \sqrt{P_H^2 - \frac{([\Delta P^2_{11}])}{100} - \frac{([\Delta P^2_8])}{100}} = 0.619 \cdot \text{МПа}$$

в конце участка
$$P_K = 0.25 \cdot \text{МПа}$$

Требуемый перепад квадратов давлений на этом участке

$$[\Delta P^2] = (P_H^2 - P_K^2) \cdot 100 = 32.027 \cdot \text{атм}^2$$

Средняя удельная разность давлений

$$A_{\text{ср}'} = \frac{[\Delta P^2]}{1.1(l_5)} = 48.769 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

Расход газа на участке

$$V_5 = 3.422 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

тогда по номограмме определяем внутренний диаметр трубы и толщину стенки трубы

$$d = 89 \cdot \text{мм} \quad s = 3 \cdot \text{мм}$$

делаем перерасчет разности квадратов давления на этом участке

Получим $A_{cp5} = 42.027 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$

тогда разность квадратов давлений

$$[\Delta P^2_5] = A_{cp5} \cdot 1.1 \cdot \frac{l_5}{2} = 13.8 \cdot \text{атм}^2$$

второй участок

Давление газа в начале участка $P_{H'} = \sqrt{P_H^2 - \frac{[\Delta P^2_{11}]}{100} - \frac{[\Delta P^2_8]}{100} - \frac{[\Delta P^2_5]}{100}} = 0.495 \cdot \text{МПа}$

в конце участка $P_K = 0.25 \cdot \text{МПа}$

Требуемый перепад квадратов давлений на этом участке

$$[\Delta P^2] = (P_{H'}^2 - P_K^2) \cdot 100 = 18.227 \cdot \text{атм}^2$$

Средняя удельная разность давлений

$$A_{CP'} = \frac{[\Delta P^2]}{1.1 \left(\frac{l_5}{3} \right)} = 83.268 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

Расход газа на участке

$$V_5 = 3.422 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

тогда по номограмме определяем внутренний диаметр трубы и толщину стенки трубы

$$d = 76 \cdot \text{мм} \quad s = 3 \cdot \text{мм}$$

делаем перерасчет разности квадратов давления на этом участке

Получим $A_{cp5} = 95.881 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$

тогда разность квадратов давлений

$$[\Delta P^2_{5\text{доп}}] = A_{cp5} \cdot 1.1 \cdot \frac{l_5}{3} = 20.988 \cdot \text{атм}^2$$

Проверка

$$[\Delta P^2_{уч}] = 42.75$$

$$[\Delta P^2_{пров}] = [\Delta P^2_5] + [\Delta P^2_{5\text{доп}}] + [\Delta P^2_8] + [\Delta P^2_{11}] = 45.511$$

Ошибка $\Delta = \frac{[\Delta P^2_{уч}] - [\Delta P^2_{пров}]}{[\Delta P^2_{уч}]} \cdot 100 = -6.459\% \quad \text{меньше } 15\%$

расчет верен

Ветка 1-2-10-11

Участок 1-2-10

Давление газа в начале участка $P_H = \sqrt{P_H^2 - \frac{[\Delta P^2_{11}]}{100}} = 0.651 \cdot \text{МПа}$

в конце участка $P_K = 0.25 \cdot \text{МПа}$

Требуемый перепад квадратов давлений на этом участке

$$[\Delta P^2] = (P_H^2 - P_K^2) \cdot 100 = 36.17 \cdot \text{атм}^2$$

Средняя удельная разность давлений

$$A_{CP'} = \frac{[\Delta P^2]}{1.1(l_{10} + l_2 + l_1)} = 14.845 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

Участок 10

Расход газа на участке

$$V_{10} = 5.468 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad A_{CP'} = 14.845$$

тогда по номограмме определяем внутренний диаметр трубы и толщину стенки трубы

$$d = 133 \cdot \text{мм} \quad s = 4 \cdot \text{мм}$$

делаем перерасчет разности квадратов давления на этом участке

Получим $A_{CP10} = 13.106 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$

тогда разность квадратов давлений

$$[\Delta P^2_{10}] = A_{CP10} \cdot 1.1 \cdot l_{10} = 17.617 \cdot \text{атм}^2$$

Участок 2

Расход газа на участке

$$V_2 = 2.833 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad A_{CP'} = 14.845$$

тогда по номограмме определяем внутренний диаметр трубы и толщину стенки трубы

$$d = 108 \cdot \text{мм} \quad s = 4 \cdot \text{мм}$$

делаем перерасчет разности квадратов давления на этом участке

Получим $A_{CP2} = 10.552 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$

тогда разность квадратов давлений

$$[\Delta P^2_2] = A_{CP2} \cdot 1.1 \cdot l_2 = 7.533 \cdot \text{атм}^2$$

Участок 1

Расход газа на участке

$$V_1 = 847.606 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

тогда по номограмме определяем внутренний диаметр трубы и толщину стенки трубы

$$d = 57 \cdot \text{мм} \quad s = 3 \cdot \text{мм}$$

делаем перерасчет разности квадратов давления на этом участке

$$\text{Получим} \quad A_{\text{ср}1} = 27.02 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

тогда разность квадратов давлений

$$[\Delta P^2_1] = A_{\text{ср}1} \cdot 1.1 \cdot l_1 = 10.225 \cdot \text{атм}^2$$

Проверка

$$[\Delta P^2_{\text{уч}}] = 42.75$$

$$[\Delta P^2_{\text{пров}}] = [\Delta P^2_1] + [\Delta P^2_2] + [\Delta P^2_{10}] + [\Delta P^2_{11}] = 41.955$$

$$\text{Ошибка} \quad \Delta = \frac{[\Delta P^2_{\text{уч}}] - [\Delta P^2_{\text{пров}}]}{[\Delta P^2_{\text{уч}}]} \cdot 100 = 1.86 \cdot \% \quad \text{меньше } 15\%$$

расчет верен

Ветка 6-2-10-11

$$\text{Давление газа в начале участка} \quad P_{\text{Н}'} = \sqrt{P_{\text{Н}}^2 - \frac{([\Delta P^2_{11}])}{100} - \frac{([\Delta P^2_{10}])}{100} - \frac{([\Delta P^2_2])}{100}} = 0.416 \cdot \text{МПа}$$

$$\text{в конце участка} \quad P_{\text{К}} = 0.25 \cdot \text{МПа}$$

Участок 6

Требуемый перепад квадратов давлений на этом участке

$$[\Delta P^2] = (P_{\text{Н}'}^2 - P_{\text{К}}^2) \cdot 100 = 11.02 \cdot \text{атм}^2$$

Средняя удельная разность давлений

$$A_{\text{ср}'} = \frac{[\Delta P^2_{\text{уч}}]}{1.1(l_6)} = 235.537 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

Расход газа на участке

$$V_6 = 1.985 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

тогда по номограмме определяем внутренний диаметр трубы и толщину стенки трубы

$$d = 76 \cdot \text{мм} \quad s = 3 \cdot \text{мм}$$

делаем перерасчет разности квадратов давления на этом участке

$$\text{Получим} \quad A_{\text{ср6}} = 32.535 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

тогда разность квадратов давлений

$$[\Delta P^2_6] = A_{\text{ср6}} \cdot 1.1 \cdot l_6 = 5.905 \cdot \text{атм}^2$$

Проверка

$$[\Delta P^2_{\text{уч}}] = 42.75$$

$$[\Delta P^2_{\text{пров}}] = [\Delta P^2_6] + [\Delta P^2_2] + [\Delta P^2_{10}] + [\Delta P^2_{11}] = 37.635$$

$$\text{Ошибка} \quad \Delta = \frac{[\Delta P^2_{\text{уч}}] - [\Delta P^2_{\text{пров}}]}{[\Delta P^2_{\text{уч}}]} \cdot 100 = 11.964 \cdot \% \quad \text{меньше } 15\%$$

расчет верен

Ветка 9-10-11

Участок 9

разобьем участок на две части с разными значениями диаметров газопроводов в пропорции длин 1/3 и 2/3

часть 1

$$\text{Давление газа в начале участка} \quad P_{\text{Н}'} = \sqrt{P_{\text{Н}}^2 - \frac{([\Delta P^2_{11}])}{100} - \frac{([\Delta P^2_{10}])}{100}} = 0.498 \cdot \text{МПа}$$

$$\text{в конце участка} \quad P_{\text{К}} = 0.25 \cdot \text{МПа}$$

Требуемый перепад квадратов давлений на этом участке

$$[\Delta P^2_{\text{уч}}] = (P_{\text{Н}'}^2 - P_{\text{К}}^2) \cdot 100 = 18.553 \cdot \text{атм}^2$$

Средняя удельная разность давлений

$$A_{\text{ср}'} = \frac{[\Delta P^2_{\text{уч}}]}{1.1(l_9)} = 35.584 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

Расход газа на участке

$$V_9 = 2.636 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

тогда по номограмме определяем внутренний диаметр трубы и толщину стенки трубы

$$d = 89 \cdot \text{мм} \quad s = 3 \cdot \text{мм}$$

делаем перерасчет разности квадратов давления на этом участке

$$\text{Получим} \quad A_{\text{ср}9} = 25.05 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

тогда разность квадратов давлений

$$[\Delta P^2_9] = A_{\text{ср}9} \cdot 1.1 \cdot \frac{l_9}{3} = 4.354 \cdot \text{атм}^2$$

часть 2

$$\text{Давление газа в начале участка} \quad P_H = \sqrt{P_H^2 - \frac{[\Delta P^2_{11}]}{100} - \frac{[\Delta P^2_{10}]}{100} - \frac{[\Delta P^2_9]}{100}} = 0.452 \cdot \text{МПа}$$

$$\text{в конце участка} \quad P_K = 0.25 \cdot \text{МПа}$$

Требуемый перепад квадратов давлений на этом участке

$$[\Delta P^2] = (P_H^2 - P_K^2) \cdot 100 = 14.2 \cdot \text{атм}^2$$

Средняя удельная разность давлений

$$A_{\text{ср}'} = \frac{[\Delta P^2]}{1.1 \left(\frac{l_9 \cdot 2}{3} \right)} = 40.85 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

Расход газа на участке

$$V_9 = 2.636 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

тогда по номограмме определяем внутренний диаметр трубы и толщину стенки трубы

$$d = 76 \cdot \text{мм} \quad s = 3 \cdot \text{мм}$$

делаем перерасчет разности квадратов давления на этом участке

$$\text{Получим} \quad A_{\text{ср}9} = 57.083 \cdot \frac{\text{атм}^2}{\text{км}}$$

тогда разность квадратов давлений

$$[\Delta P^2_{9\text{доп}}] = A_{\text{ср}9} \cdot 1.1 \cdot \frac{l_9 \cdot 2}{3} = 19.842 \cdot \text{атм}^2$$

Проверка

$$[\Delta P^2_{\text{уч}}] = (P_H^2 - P_K^2) \cdot 100 = 42.75$$

$$[\Delta P^2_{\text{пров}}] = [\Delta P^2_9] + [\Delta P^2_{9\text{доп}}] + [\Delta P^2_{10}] + [\Delta P^2_{11}] = 48.392$$

$$\text{Ошибка} \quad \Delta = \frac{[\Delta P^2_{\text{уч}}] - [\Delta P^2_{\text{пров}}]}{[\Delta P^2_{\text{уч}}]} \cdot 100 = -13.198\% \quad \text{меньше } 15\%$$

расчет верен

Давления газа в конечных точках

При требуемом конечном давлении $P_K \cdot 10 = 2.5 \quad \text{атм}$

$$P_{3'} = \sqrt{P_H^2 \cdot 100 - [\Delta P^2_7] - [\Delta P^2_8] - [\Delta P^2_{11}] - [\Delta P^2_3] - [\Delta P^2_{3\text{доп}}]} = 2.41 \text{ атм}$$

$$P_{4'} = \sqrt{P_H^2 \cdot 100 - [\Delta P^2_{11}] - [\Delta P^2_8] - [\Delta P^2_7] - [\Delta P^2_4] - [\Delta P^2_{4\text{доп}}]} = 0.321 \text{ атм}$$

$$P_{5'} = \sqrt{P_H^2 \cdot 100 - [\Delta P^2_{11}] - [\Delta P^2_8] - [\Delta P^2_5] - [\Delta P^2_{5\text{доп}}]} = 1.868 \cdot \text{атм}$$

$$P_{9'} = \sqrt{P_H^2 \cdot 100 - [\Delta P^2_{11}] - [\Delta P^2_{10}] - [\Delta P^2_9] - [\Delta P^2_{9\text{доп}}]} = 0.78 \text{ атм}$$

$$P_{6'} = \sqrt{P_H^2 \cdot 100 - [\Delta P^2_{11}] - [\Delta P^2_{10}] - [\Delta P^2_2] - [\Delta P^2_6]} = 3.371 \cdot \text{атм}$$

$$P_{1'} = \sqrt{P_H^2 \cdot 100 - [\Delta P^2_{11}] - [\Delta P^2_{10}] - [\Delta P^2_2] - [\Delta P^2_1]} = 2.654 \cdot \text{атм}$$

9. Гидравлический расчет тупиковых газопроводов низкого давления

Тупиковые газопроводы низкого давления прокладываются внутри жилых домов, внутри производственных цехов и по территории небольших населенных пунктов сельского типа.

Источником питания подобных газопроводов являются ГРП низкого давления.

Гидравлический расчет тупиковых газопроводов производят по номограмме. Особенностью расчёта здесь является то, что при определении потерь давления на вертикальных участках надо учитывать дополнительное избыточное давление из-за разности плотностей газа и воздуха, то есть:

$$\Delta P_d = h \cdot (\rho_{\Gamma} - \rho_{\text{В}}) \cdot g$$

где h - разность геометрических отметок в конце и начале газопровода, м;

$\rho_{\text{В}}, \rho_{\Gamma}$ - плотности воздуха и газа при нормальных условиях, кг/м³;

g - ускорение свободного падения, м/с².

Для природного газа, который легче воздуха, при движении его по газопроводу вверх значение ΔP будет отрицательным, а при движении вниз положительным.

Учет местных сопротивлений можно производить путем введения надбавок на трение

$$l_p = l_{\Gamma} \cdot \left(1 + \frac{a}{100} \right) \quad (37)$$

где a - процентная надбавка

- 25% - от ввода в здание до стояка

- 20% на стояках

на внутриквартирной разводке

-450% - при длине 1-2м

-200% - при длине 5-7м

-120% - при длине 8-12м

-50% - при длине 8-12м

Определяем для каждого участка магистрального направления расчетный расход газа по формуле:

$$V_p = V_{\text{час}} \cdot K_{\text{од}} \cdot 45 \quad (38)$$

$$V_{\text{час}} = 1.17 \frac{\text{м}^3}{\text{час}} \quad - \text{максимальный часовой расход газа соответствующего потребителя.}$$

$$K_{\text{од}} = 0.23 \quad - \text{коэффициент одновременности для жилых домов (приложение 12)}$$

45 - количество квартир в доме

$$\text{тогда} \quad V_p = V_{\text{час}} \cdot K_{\text{од}} \cdot 45 = 1.17 \cdot 0.23 \cdot 45 = 12.1 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}$$

Определяем расчетную длину участков магистрального направления

$$\left. \begin{aligned}
 l_{p0_1} &= 4 \cdot \left(1 + \frac{25}{100} \right) = 5 \cdot \text{м} \\
 l_{p1_6} &= 4 \cdot \left(1 + \frac{25}{100} \right) = 5 \cdot \text{м} \\
 l_{p6_7} &= 7 \cdot \left(1 + \frac{25}{100} \right) = 8.75 \cdot \text{м}
 \end{aligned} \right\} \text{от ввода в здание до стояка}$$

$$\left. \begin{aligned}
 l_{p7_8} &= 3 \cdot \left(1 + \frac{20}{100} \right) = 3.6 \cdot \text{м} \\
 l_{p8_9} &= 3 \cdot \left(1 + \frac{20}{100} \right) = 3.6 \cdot \text{м} \\
 l_{p9_10} &= 3 \cdot \left(1 + \frac{20}{100} \right) = 3.6 \cdot \text{м} \\
 l_{p10_11} &= 3 \cdot \left(1 + \frac{20}{100} \right) = 3.6 \cdot \text{м}
 \end{aligned} \right\} \text{- на стояке}$$

Вычисляем расчетную длину магистрального направления в метрах, суммируя все расчетные длины его участков

$$\Sigma l_p = l_{p0_1} + l_{p1_6} + l_{p6_7} + l_{p7_8} + l_{p8_9} + l_{p9_10} + l_{p10_11} = 33.1$$

Определяем удельный перепад давления на магистральном направлении

$$\Delta P = 500 \text{ Па}$$

$$A = \frac{\Delta P}{\Sigma l_p} = \frac{500}{33.1} = 15.106 \frac{\text{Па}}{\text{м}} \quad (39)$$

Используя диаграмму, определяем диаметры участков газопровода магистрального направления и уточняем удельный перепад давления на расчетную длину участка

Участок 0-1

$$\text{при } V_p = 12.1 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad \text{и} \quad A = 15.106 \cdot \frac{\text{Па}}{\text{м}}$$

по номограмме приложения 10 определяем диаметр трубы и толщину стенки трубы.

$$d = 21.3 \text{ мм}$$

$$s = 2.8 \text{ мм}$$

действительное падение давления на данном участке

$$\Delta p_{p0_1} = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{V_p^2}{d^{5.25}} \cdot l_{p0_1} = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{12.1^2}{21.3^{5.25}} \cdot 5 = 214.51 \text{ Па}$$

участок 1-6

$$\text{при } V_p = V_{\text{час}} \cdot 0.25 \cdot 30 = 8.77 = 8.77 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad \text{и} \quad A = 15.106 \cdot \frac{\text{Па}}{\text{м}}$$

по номограмме приложения 10 определяем диаметр трубы и толщину стенки трубы.

$$d = 21.3 \text{ мм}$$

$$s = 2.8 \text{ мм}$$

действительное падение давления на данном участке

$$\Delta p_{p1_6} = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{V_p^2}{d^{5.25}} \cdot l_{p1_6} = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{8.77^2}{21.3^{5.25}} \cdot 5 = 112.69 \text{ Па}$$

участок 6-7

$$\text{при } V_p = V_{\text{час}} \cdot 0.3 \cdot 15 = 5.265 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad \text{и} \quad A = 15.106 \cdot \frac{\text{Па}}{\text{м}}$$

по номограмме приложения 10 определяем диаметр трубы и толщину стенки трубы.

$$d = 21.3 \text{ мм}$$

$$s = 2.8 \text{ мм}$$

действительное падение давления на данном участке

$$\Delta p_{p6_7} = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{V_p^2}{d^{5.25}} \cdot l_{p6_7} = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{5.265^2}{21.3^{5.25}} \cdot 8.75 = 71.07 \text{ Па}$$

участок 7-8

$$\text{при } V_p = V_{\text{час}} \cdot 0.34 \cdot 12 = 4.774 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad \text{и} \quad A = 15.106 \cdot \frac{\text{Па}}{\text{м}}$$

$$d = 21.3 \text{ мм}$$

$$s = 2.8 \text{ мм}$$

действительное падение давления на данном участке

$$\Delta p_{p7_8} = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{V_p^2}{d^{5.25}} \cdot l_{p7_8} = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{4.7736^2}{21.3^{5.25}} \cdot 3.6 = 24.039 \text{ Па}$$

участок 8-9

$$\text{при } V_p = V_{\text{час}} \cdot 0.345 \cdot 9 = 3.63 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} \quad \text{и} \quad A = 15.106 \cdot \frac{\text{Па}}{\text{м}}$$

$$d = 21.3 \text{ мм}$$

$$s = 2.8 \text{ мм}$$

действительное падение давления на данном участке

$$\Delta p_{p8_9} = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{V_p^2}{d^{5.25}} \cdot l_{p8_9} = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{3.63^2}{21.3^{5.25}} \cdot 3.6 = 13.901 \text{ Па}$$

участок 9-10

$$\text{при } V_D = V_{\text{час}} \cdot 0.392 \cdot 6 = 2.75 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \text{ и } A = 15.106 \cdot \frac{\text{Па}}{\text{с}}$$

$$d = 21.3 \text{ мм}$$

$$s = 2.8 \text{ мм}$$

действительное падение давления на данном участке

$$\Delta p_{p9_10} = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{V_p^2}{d^{5.25}} \cdot l_{p9_10} = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{2.75^2}{21.3^{5.25}} \cdot 3.6 = 7.9778 \text{ Па}$$

участок 10-11

$$\text{при } V_D = V_{\text{час}} \cdot 0.48 \cdot 3 = 1.68 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \text{ и } A = 15.106 \cdot \frac{\text{Па}}{\text{с}}$$

$$d = 21.3 \text{ мм}$$

$$s = 2.8 \text{ мм}$$

действительное падение давления на данном участке

$$\Delta p_{p10_11} = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{V_p^2}{d^{5.25}} \cdot l_{p10_11} = 2.76 \cdot 10^6 \cdot \frac{1.68^2}{21.3^{5.25}} \cdot 3.6 = 2.9774$$

Суммируем все отдельные падения давления на участках газопровода

$$\Delta P_p = \Delta p_{p0_1} + \Delta p_{p1_6} + \Delta p_{p6_7} + \Delta p_{p7_8} + \Delta p_{p8_9} + \Delta p_{p9_10} + \Delta p_{p10_11}$$

$$\Delta P_p = 214.51 + 112.69 + 71.076 + 24.039 + 13.901 + 7.9778 + 2.9774 = 447.171 \text{ м}$$

Определяем дополнительное избыточное давление в газопроводе

$$\Delta P_d = h \cdot (\rho_B - \rho_\Gamma) \cdot g \quad (40)$$

где $h = 17 \text{ м}$ - разность геометрических отметок в конце и начале газопровода

$$\rho_B = 1.3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \text{ - плотность воздуха при нормальных условиях;}$$

$$\rho_\Gamma = 0.772 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \text{ - плотность природного газа;}$$

$$g = 9.8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \text{ - плотность природного газа.}$$

$$\Delta P_d = h \cdot (\rho_B - \rho_\Gamma) \cdot g = 17 \cdot (1.3 - 0.772) \cdot 9.8 = 87.965 \text{ Па}$$

$\Delta P_{\text{приб}} = 60 \text{ Па}$ - потеря давления в газоиспользующем приборе

Вычисляем алгебраическую сумму потерь давления в магистрали, дополнительного избыточного давления и потери давления на газоиспользующем приборе

$$\Delta P_p + \Delta P_{\text{приб}} - \Delta P_d = 419.206 \cdot \text{Па} \quad \text{что меньше } 600 \text{Па (допустимый перепад давления)} \quad (41)$$

Расчет произведен верно.

Таблица 14.

№ участка	Расход газа, м3/ч	Коэффициент одновременности	Длина участка	Надбавка на местные сопротивления	Расчетная длина	Условный диаметр	Потери давления на данном участке
0-1	12,1	0,23	4	25	5	21,3*2,8	214,51
1-6.	8,77	0,25	4	25	5	21,3*2,8	112,69
6-7.	5,265	0,3	3	20	3,6	21,3*2,8	71,076
7-8.	4,774	0,34	3	20	3,6	21,3*2,8	24,039
8-9.	3,63	0,345	3	20	3,6	21,3*2,8	13,901
9-10.	2,75	0,392	3	20	3,6	21,3*2,8	7,9778
10-11.	1,68	0,48	3	20	3,6	21,3*2,8	2,9774
			23		28		447,1712

Два других стояка несут аналогичную нагрузку и по конструкции идентичны расчетному. Поэтому диаметры газопроводов этих стояков принимает такими же, как и у рассчитанного.

10. Выбор оборудования газорегуляторных пунктов

10.1 Выбор регулятора давления

Расчетное уравнение для определения пропускной способности регулятора давления выбирается в зависимости от характера истечения газа через регулирующий орган.

Докритическое истечение:

$$V_{\text{рег}} = 5260 \cdot K_v \cdot \epsilon \cdot \sqrt{\frac{\frac{\Delta P}{P_1}}{\rho_{\Gamma} \cdot T \cdot Z}} \quad (42)$$

Сверхкритическое истечение:

$$V_{\text{рег}} = 5260 \cdot K_v \cdot \epsilon_{\text{кр}} \cdot \sqrt{\frac{\left[\frac{\Delta P}{P_1}\right]_{\text{кр}}}{\rho_{\Gamma} \cdot T \cdot Z}} \quad (43)$$

$$\left[\frac{\Delta P}{P_1}\right]_{\text{кр}} = 0.5$$

$$\epsilon_{\text{кр}} = 1 - 0.46 \cdot \left[\frac{\Delta P}{P_1}\right]_{\text{кр}} = 0.77 \quad \text{- коэффициент, учитывающий неточность исходной модели, для уравнений;} \quad (44)$$

$T = 283 \text{ К}$ - абсолютная температура газа

$Z = 1$ - коэффициент, учитывающий отклонения свойств реального газа от идеального

Расчетный расход V_p должен быть больше оптимального расхода через ГРП №1 на 15....20%, то есть:

$$V_p = 1.2 \cdot V_{\text{опт}} = 1.2 \cdot 847.60631999999987 = 1.017 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

Перепад давления в линии регулирования, МПа

$$\Delta P = P_1 - P_2 - \Delta P_{\text{кр}} \quad (\text{МПа}) \quad (45)$$

$P_1 = 0.25 \text{ МПа}$ - абсолютное давление газа перед ГРП

$P_2 = 0.005 + 0.1 = 0.105 \text{ МПа}$ - абсолютное давление газа после ГРП

$\Delta P_k = 0.007 \text{ МПа}$ - потери давления в линии регулирования

Режим истечения газа через клапан регулятора

$$\frac{P_2}{P_1} = 0.42 \quad \text{что меньше 0,5. Режим истечения газа - сверхкритический.}$$

тогда используем формулу

$$K_v = \frac{V_p}{5260 \cdot \left(\epsilon_{\text{кр}} \cdot P_1 \cdot \sqrt{\frac{\left[\frac{\Delta P}{P_1}\right]_{\text{кр}}}{\rho_{\Gamma} \cdot T \cdot Z}} \right)} = \frac{1017.1275839999998}{5260 \cdot 0.77 \cdot 0.25 \cdot \sqrt{\frac{0.5}{0.772 \cdot 283}}} = 20.998$$

примем $K_v = 50$

Выберем РДУ - 50. Следовательно этот регулятор следует установить на ГРП.

10.2 Выбор предохранительно запорного клапана

Промышленность выпускает два типа ПЗК: ПКН и ПКВ. Первый следует применять в случаях, когда после ГРП или ГРУ поддерживается низкое давление, второй - среднее. Габариты и тип клапана определяются типом регулятора давления. ПЗК обычно выбирают с таким же условным диаметром, как и регулятор.

Определен тип регулятора РДУК-50. Этот регулятор имеет условный диаметр 50 мм. Следовательно, ПЗК будет или ПКН-50.

10.3 Выбор предохранительно-сбросного клапана

Предохранительно-сбросной клапан подбирается по пропускной способности регулятора давления. Пропускная способность ПСК должна составлять не менее 10 % от пропускной способности регулятора давления или не менее пропускной способности наибольшего из клапанов. Выбираем ПСК-50Н/0,05.

10.4 Выбор фильтра

Задачей фильтра в ГРП или ГРУ является очистка от механических примесей.

При этом фильтр должен пропускать весь газовый поток, не превышая допустимую потерю давления на себе в размере 10000 Па.

Промышленность выпускает два вида газовых фильтров: кассетные с литым корпусом типа ФВ-100 и ФВ-200; кассетные со сварным корпусом типа ФГ7-50-6; ФГ9-50-12; ФГ15-100-6; ФГ19-10-12; ФГ36-200-6; ФГ46-200-12; ФГ80-300-6; ФГ100-300-12.

Первый тип фильтров предназначен для небольших до 3800 м³/ч расходов газа. Второй тип фильтров предназначен для пропуска больших расходов газа. Число после ФГ означает пропускную способность фильтра в тысячах кубических метров в час.

Для подбора фильтра необходимо определить перепад давления газа на нем при расчетном расходе газа через ГРП или ГРУ.

Для фильтров этот перепад давления определяют по формуле:

$$\Delta P = 0.1 \cdot \Delta P_{\text{гр}} \cdot \left(\frac{V_p}{V_{\text{гр}}} \right)^2 \cdot \frac{\rho_{\text{Г}}}{P_1} \quad (46)$$

$\Delta P_{\text{гр}} = 10000$ Па. - паспортное значение перепада давления газа на фильтре;

$V_{\text{гр}} = 7000 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ - паспортное значение пропускной способности фильтра;

$\rho_{\text{Г}} = 0.772 \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ - плотность газа при нормальных условиях;

$P_1 = 0.25 \cdot \text{МПа}$ - абсолютное давление газа перед фильтром;

$V_p = 1.017 \times 10^3 \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ - расчетный расход газа через ГРП или ГРУ.

$$\Delta P = 0.1 \cdot \Delta P_{\text{гр}} \cdot \left(\frac{V_p}{V_{\text{гр}}} \right)^2 \cdot \frac{\rho_{\text{Г}}}{P_1} = 0.1 \cdot 10000 \cdot \left(\frac{1017.1275839999998}{7000} \right)^2 \cdot \frac{0.772}{0.25} = 65.198$$

Перепад для фильтра ГРП не превышает допустимого значения 10000 Па, следовательно выбран фильтр ФГ 7 - 50 - 6.

10.5 Выбор запорной арматуры

Запорная арматура (задвижки, вентили, пробковые краны), применяются в ГРП и ГРУ должна быть рассчитана на газовую среду. Главными критериями при выборе запорной арматуры являются условный диаметр $DУ$ и исполнительное давление $PУ$.

Задвижки применяются как с выдвижными, так и с не выдвижными шпинделем. Первые предпочтительней для надземной установки, вторые - для подземной.

Вентили применяют в тех случаях, когда повышенной потерей давления можно пренебречь, например, на импульсных линиях.

Пробковые краны имеют значительно меньшее гидравлическое сопротивление, чем вентили. Их различают по затяжке конической пробки на натяжные и сальниковые, а по методу присоединения к трубам - на муфтовые и фланцевые.

Материалом для изготовления запорной арматуры служат: углеродистая сталь, легированная сталь, серый и ковкий чугун, латунь и бронза.

Запорная арматура из серого чугуна применяется при рабочем давлении газа не более 0,6 МПа. Стальная, латунная и бронзовая при давлении до 1,6 МПа.

Рабочая температура для чугунной и бронзовой арматуры должна быть не ниже - 35 С, для стальной не менее -40 С.

На входе газа в ГРП следует применять стальную арматуру, или арматуру из ковкого чугуна. На выходе из ГРП при низком давлении можно применять арматуру из серого чугуна. Она дешевле стальной.

Условный диаметр задвижек в ГРП должен соответствовать диаметру газопроводов на входе и выходе газа. Условный диаметр вентилей и кранов на импульсных линиях ГРП или ГРУ рекомендуется выбирать равным 20 мм или 15 мм.

Заключение

Результатом выполнения данной курсовой работы является разработка проекта газоснабжения жилого района. В рамках работы выполнено решение основных проектных задач по определению расчетных расходов газа в сети и газодинамического расчета газопроводов, правильной их трассировки и подбора газового оборудования, труб и арматуры.

В процессе выполнения проекта были накоплены навыки работы с нормативно-справочной литературой и проектной документацией.

Принятые в рамках работы решения соответствуют действующим нормам на проектирование систем газоснабжения и современному уровню развития технологий в области энергоснабжения.

Список использованной литературы

1. Ионин, А.А. Газоснабжение / А.А. Ионин. – М. : Стройиздат, 1989. – 439 с.
2. Стаскевич, Н.Л. Справочник по газоснабжению и использованию газа / Н.Л. Стаскевич, Г.Н. Северинец. – Л. : Недра, 1990. – 768 с.
3. Амерханов Р., Бессараб А., Драганов Б., Рудобашта С., Шишко Г. Теплоэнергетические установки и системы сельского хозяйства. - М. : Колос, 2002.
4. Амерханов, Драганов Б.Х. Проектирование систем теплоснабжения с.х. – Краснодар, 2001.
5. СНиП 2.04.08-87. Газоснабжение. Госстрой СССР.-М: ЦИТП Госстроя СССР, 1988.-64с.
6. СНИП 2.01,01-82. Строительная климатология и геофизика.
7. СНИП 2.07,01-89. Градостроительство.
8. Правила безопасности систем газораспределения и газопотребления (ПБ 12-529-03). – М. : ГУП «НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003.
9. СНиП 42-01-2002. Газораспределительные системы. – М. : Госстрой России, 2003.
7. СП 42-101-2003 «Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб». – М. : ЗАО «Полимергаз», 2003.