

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО АРХИТЕКТУРЕ
И СТРОИТЕЛЬСТВУ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ МИРЗО УЛУГБЕКА

Факультет: «МКК»

Кафедра: «МКК»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТУ

На тему: Проектирование города Иштихан и
газоснабжение 4-этажного жилого дома

Заведующий кафедрой: _____

Бобоев

Руководитель: _____

Выпускник: _____

студент

группы

403-МКК

Хакимов М.

Самарканд – 2018

ВВЕДЕНИЕ

В данном курсовом проекте разрабатывается система газоснабжения населенного пункта. Район строительства – г. Иштихон.

Для снабжения газом всех потребителей на территории города строится распределительная газовая сеть, оборудуются газорегуляторные пункты (ГРП), сооружаются необходимые для эксплуатации газопроводов контрольные пункты и другое оборудование. На территории городов газопроводы прокладываются под землёй, а на территории промышленных предприятий - над землей на отдельно стоящих опорах, эстакадах, а также по стенам и крышам производственных зданий.

Существует два уровня городских систем газоснабжения – верхний и нижний. Соответственно первый уровень составляют газопроводы среднего (высокого) давления, второй – газопроводы низкого давления. Газопроводы низкого давления предназначены для подачи газа в жилые, общественные здания и предприятия бытового обслуживания. Газопроводы среднего и высокого давления снабжают газом крупные промышленные предприятия и городские распределительные сети низкого давления.

Согласно заданию имеем:

- плотность населения 327 чел/га;
- доля людей, проживающих в квартирах с централизованным горячим водоснабжением $z_1 = 0,28$;
- доля людей, проживающих в квартирах с горячим водоснабжением от газовых водонагревателей $z_2 = 0,33$;
- доля людей, проживающих в квартирах без горячего водоснабжения $z_3 = 0,39$;
- доля людей, пользующихся услугами бани $z_B = 0,45$;
- доля людей, пользующихся услугами столовых $z_{оп} = 0,28$;

- число койко-мест на 1000 жителей в больницах $n = 8$ шт.;
- доля людей, пользующихся услугами механических прачечных
 $z_{II} = 0,45$;
- производство хлебобулочной продукции на 1000 жителей 0,7 т/сут;
- расход газа на промышленные предприятия населенного пункта:
ПП№1 (строит. материалов) – 8000 м³/сут, ПП№2 (мыловаренная) – 8300 м³/сут, ПП№3 (мукомольная) - 10700 м³/сут;
- давление газа: после ГРС – 0,7 МПа, у потребителей – 0,35 МПа, перед бытовыми газовыми приборами – 1,93 кПа;
- жилое здание: этажей – 4, конфорок у плиты – 4, тип водонагревателя – проточный.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГАЗА

Месторождение газа – Джаркак-Ташкент

Состав газа по объему, %:

$CH_4 - 93,2$

$C_2H_6 - 0,7$

$C_3H_8 - 0,6$

$C_4H_{10} - 0,6$

$C_5H_{12} - 0$

$CO_2 - 0$

$N_2 - 4,9$

Плотность: $\rho_{см} = 0,765 \text{ кг/м}^3$

Низшая теплота сгорания газа: $Q_H = 35,2 \text{ МДж/м}^3$

Расчет ведется в следующей последовательности:

- определяется плотность газа при нормальных условиях:

$$\rho_z = 0,01 \cdot (0,717 \cdot CH_4 + 1,35 \cdot C_2H_6 + 2 \cdot C_3H_8 + 2,703 \cdot C_4H_{10} + 1,25 \cdot N_2 + 1,98 \cdot CO_2),$$

$$кг/м^3$$

$$\rho_a = 0,01 \cdot (0,717 \cdot 93,2 + 1,35 \cdot 0,7 + 2 \cdot 0,6 + 2,703 \cdot 0,6 + 1,25 \cdot 4,9) = 0,767 \text{ кг/м}^3$$

- определяется низшая теплота сгорания газа:

$$Q_n = (0,358 \cdot CH_4 + 0,636 \cdot C_2H_6 + 0,91 \cdot C_3H_8 + 1,235 \cdot C_4H_{10}), \text{ Мдж/м}^3$$

$$Q_i = (0,358 \cdot 93,2 + 0,636 \cdot 0,7 + 0,91 \cdot 0,6 + 1,235 \cdot 0,6) = 35,1 \text{ Мдж/м}^3$$

- определяется теоретический объем кислорода:

$$V_{o_2}^0 = 0,01 \cdot (2 \cdot CH_4 + 3,5 \cdot C_2H_6 + 5 \cdot C_3H_8 + 6,5 \cdot C_4H_{10}), \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{o_2}^0 = 0,01 \cdot (2 \cdot 93,2 + 3,5 \cdot 0,7 + 5 \cdot 0,6 + 6,5 \cdot 0,6) = 1,96 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

- определяется объем кислорода при сжигании газа с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 1,05$

$$V_{o_2} = \alpha \cdot V_{o_2}^0, \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{o_2} = 1,1 \cdot 1,96 = 2,16 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

- определяется избыточное количество кислорода:

$$V_{o_2}^{изб} = (\alpha - 1) \cdot V_{o_2}^0, \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{o_2}^{изб} = (1,1 - 1) \cdot 1,96 = 0,2 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

- определяется теоретическое количество воздуха:

$$V_e^0 = \frac{1}{21 \cdot 0,01} \cdot V_{o_2}^0, \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_e^0 = \frac{1}{21 \cdot 0,01} \cdot 1,96 = 9,33 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

- определяется объем воздуха при сжигании газа с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 1,05$

$$V_e = \alpha \cdot V_e^0, \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_e = 1,1 \cdot 9,33 = 10,27 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

- определяется объем двуокиси углерода с учетом его наличия в горючем газе:

$$V_{CO_2} = 0,01 \cdot (CH_4 + 2 \cdot C_2H_6 + 3 \cdot C_3H_8 + 4 \cdot C_4H_{10} + CO_2), \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{CO_2} = 0,01 \cdot (93,2 + 2 \cdot 0,7 + 3 \cdot 0,6 + 4 \cdot 0,6) = 0,99 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

- определяется объем азота с учетом сжигания газа с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 1,05$

$$V_{N_2} = 0,79 \cdot \alpha \cdot V_a^0 + 0,01 \cdot N_2, \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{N_2} = 0,79 \cdot 1,1 \cdot 9,33 + 0,01 \cdot 4,9 = 8,16 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

- определяется объем водяных паров:

$$V_{H_2O} = 0,01 \cdot (2 \cdot CH_4 + 3 \cdot C_2H_6 + 4 \cdot C_3H_8 + 5 \cdot C_4H_{10}), \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{H_2O} = 0,01 \cdot (2 \cdot 93,2 + 3 \cdot 0,7 + 4 \cdot 0,6 + 5 \cdot 0,6) = 1,94 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

- определяется объем сухих продуктов сгорания:

$$V_{\bar{m}\bar{n}} = V_{CO_2} + V_{N_2} + (\alpha - 1) \cdot V_{O_2}^i, \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{\bar{m}\bar{n}} = 0,99 + 8,16 + (1,1 - 1) \cdot 1,96 = 9,35 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

- определяется общий объем продуктов сгорания:

$$V_{nc} = V_{cnc} + V_{H_2O}, \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{i\bar{n}} = V_{\bar{m}\bar{n}} + V_{H_2O} = 9,35 + 1,94 = 11,29 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

- определяется относительная плотность газа по воздуху:

$$\rho = \frac{\rho_{\bar{a}}}{\rho_{\hat{a}}}, \text{ где } \rho_{\hat{a}}, \rho_{\bar{a}} - \text{плотность воздуха и газа соответственно.}$$

$$\rho = \frac{0,765}{1,29} = 0,593$$

- определяется нижний и верхний концентрационные пределы воспламеняемости:

$$A = \frac{100}{\frac{x_1}{A_1} + \frac{x_2}{A_2} + \frac{x_3}{A_3} + \frac{x_n}{A_n}}, \%$$

$$A^{i\delta\omega} = \frac{100}{\frac{93,2}{5} + \frac{0,7}{3,22} + \frac{0,6}{2,37} + \frac{0,6}{1,86}} = 5,15 \%$$

$$A^{\dot{\alpha}\dot{\alpha}\dot{\alpha}} = \frac{100}{\frac{93,2}{15} + \frac{0,7}{12,45} + \frac{0,6}{9,5} + \frac{0,6}{8,41}} = 15,62 \%$$

x_1, \dots, x_n - содержание компонента в смеси об, %; A_1, \dots, A_n - нижние или верхние концентрационные пределы воспламеняемости.

- определяются концентрационные пределы воспламенения при наличии в составе газа не горючих балластных примесей:

$$A^B = A \frac{1 + \frac{\delta}{100 - \delta} \cdot 100}{100 + \frac{A \cdot \delta}{100 - \delta}}, \%$$

$$A_{\text{ниж}}^B = 5,01 \cdot \frac{1 + \frac{0,6}{100 - 0,6} \cdot 100}{100 + \frac{5,01 \cdot 0,6}{100 - 0,6}} = 0,08 \%$$

$$A_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}\dot{\alpha}}^A = 15,62 \cdot \frac{1 + \frac{4,9}{100 - 4,9} \cdot 100}{100 + \frac{15,62 \cdot 4,9}{100 - 4,9}} = 0,95 \%$$

где $\delta = CO_2 + N_2$ - содержание балластов в горючей смеси, об, %.

РЕДЕЛЕНИЕ ОРИЕНТИРОВОЧНОГО ЧИСЛА ЖИТЕЛЕЙ

Таблица №1. Расчет численности населения

№ п/п	Номер квартала	Площадь квартала в га	Плотность населения чел/га	Количество жителей
1	2	3	4	5
1	1	4,18	327	1367
2	2	5,51	327	1802
3	3	10,27	327	3358
4	4	7,92	327	2590
5	5	6,46	327	2112
6	6	12,1	327	3957
7	7	19,16	327	6265
8	8	6,16	327	2014

9	9	11,49	327	3757
10	10	15,29	327	5000
11	11	6,42	327	2099
12	12	2,78	327	909
13	13	6,85	327	2240
14	14	8,41	327	2750
15	15	10,5	327	3434
16	16	6,45	327	2109
17	17	6,79	327	2220
18	18	15,65	327	5118
19	19	14,06	327	4598
20	20	9,72	327	3178
21	21	13,13	327	4294
22	22	7,87	327	2573
23	23	11,6	327	3793
24	24	7,23	327	2364
25	25	3,65	327	1194
26	26	14,86	327	4859
27	27	7,48	327	2446
28	28	2,1	327	687
29	29	6,65	327	2175
30	30	4,73	327	1547
31	31	4,21	327	1377
32	32	2,89	327	945
33	33	5,91	327	1933
34	34	8	327	2616
35	35	4,33	327	1416
36	36	3,69	327	1207
37	37	3,33	327	1089
Всего по городу			297,83 га	97390 чел.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ГАЗА, ИДУЩЕГО НА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ НУЖДЫ

Годовой расход газа в квартирах:

$$Q_{кв} = \frac{y_k \cdot N \cdot (q_{к1} \cdot z_1 + q_{к2} \cdot z_2 + q_{к3} \cdot z_3)}{Q_H}, \text{ м}^3/\text{год}$$

где $y_k = 1$ - доля квартир использующих газ;

N - число жителей;

z_1 - доля людей, проживающих в квартирах с централизованным горячим водоснабжением;

z_2 - доля людей, проживающих в квартирах с горячим водоснабжением от газовых водонагревателей;

z_3 - доля людей, проживающих в квартирах без централизованного горячего водоснабжения и не имеющих газовых водонагревателей;

Q_H - низшая теплота сгорания газа, $\text{МДж}/\text{м}^3$;

$q_{к1}, q_{к2}, q_{к3}$ - нормы расхода теплоты в год для разных условий газоснабжения квартир на одного человека (прил.1 [3]).

$$Q_{га} = \frac{1 \cdot 97390 \cdot (4100 \cdot 0,28 + 10000 \cdot 0,33 + 6000 \cdot 0,39)}{35,2} = 18780776,14 \text{ м}^3/\text{год}$$

Годовой расход газа на мелких предприятиях:

$$Q_{МП} = 0,05 \cdot Q_{кв}, \text{ м}^3/\text{год}$$

$$Q_{i \text{ П}} = 0,05 \cdot 19060000 = 939038,81 \text{ м}^3/\text{год}$$

Годовой расход газа в прачечных:

$$Q_{прач} = \frac{100 \cdot \frac{z_n \cdot y_n \cdot N}{1000} \cdot q_n}{Q_H}, \text{ м}^3/\text{год}$$

где z_n - доля жителей, пользующихся прачечными;

$y_k = 0,7$ - доля прачечных, использующих газ;

q_n - норма расхода теплоты на 1 т. белья в зависимости от оснащённости прачечной (прил.1 [3]).

$$Q_{i \text{ пр}} = \frac{100 \cdot \frac{0,45 \cdot 0,7 \cdot 97390}{1000} \cdot 8800}{35,2} = 766946,25 \text{ м}^3/\text{год}$$

Годовой расход газа в банях:

$$Q_B = \frac{52 \cdot z_B \cdot N \cdot y_B \cdot q_B}{Q_H}, \text{ м}^3/\text{год}$$

где z_B - доля жителей, пользующихся банями;

$y_B = 0,7$ - доля бань, использующих газ;

q_B - норма расхода тепла на одну помывку в зависимости от оснащённости бани (прил.1 [3]).

$$Q_A = \frac{52 \cdot 0,45 \cdot 97390 \cdot 0,7 \cdot 40}{35,2} = 1812782,05 \text{ м}^3/\text{год}$$

Годовой расход газа на предприятиях общественного питания:

$$Q_{on} = \frac{360 \cdot z_{on} \cdot N \cdot y_{on} \cdot q_{on}}{Q_H}, \text{ м}^3/\text{год}$$

где z_{on} - доля жителей, пользующихся столовыми;

$y_{on} = 0,7$ - доля столовых, использующих газ;

q_{on} - норма расхода тепла на приготовление завтраков и обедов (прил.1 [3]).

$$Q_{it} = \frac{360 \cdot 0,28 \cdot 97390 \cdot 0,7 \cdot 6,3}{35,2} = 1229902,9 \text{ м}^3/\text{год}$$

Годовой расход газа в учреждениях здравоохранения:

$$Q_{yz} = \frac{\frac{n \cdot y_{yz}}{1000} \cdot N \cdot q_{yz}}{Q_H}, \text{ м}^3/\text{год}$$

где n - число коек на 1000 жителей города;

$y_{yz} = 0,7$ - доля больниц, использующих газ;

q_{yz} - норма потребления тепла на приготовление пищи и горячей воды на одну койку (прил.1 [3]).

$$Q_{ox} = \frac{\frac{8 \cdot 0,7}{1000} \cdot 97390 \cdot 12400}{35,2} = 192123,91 \text{ м}^3/\text{год}$$

Годовой расход газа на хлебозаводах и в пекарнях:

$$Q_{xn} = \frac{K_v \cdot \frac{365}{1000} \cdot y_{xn} \cdot N \cdot q_{xn}^{cp}}{Q_H}, \text{ м}^3/\text{год}$$

где $K_v = 0,7$ - норматив выпечки хлеба на хлебозаводах и пекарнях на 1000 жителей в сутки;

$y_{xn} = 0,7$ - доля хлебозаводов и пекарен, использующих газ;

q_{xn}^{cp} - усредненная норма расхода тепла на выпечку хлебопекарных изделий (прил.1 [3]).

$$Q_{\bar{\alpha}} = \frac{0,7 \cdot \frac{365}{1000} \cdot 0,7 \cdot 97390 \cdot 5450}{35,2} = 2589636,5 \text{ м}^3/\text{год}$$

Годовой расход газа на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий:

$$Q_{OB} = \frac{\left[24 \cdot (1+k) \cdot \frac{t_{вн} - t_{cp.o}}{t_{вн} - t_{p.o}} + z \cdot k_1 \cdot k \cdot \frac{t_{вн} - t_{cp.o}}{t_{вн} - t_{p.в.}} \right] \cdot 0,2 \cdot F \cdot q \cdot n_0}{Q_H}, \text{ м}^3/\text{год}$$

где $t_{вн}$, $t_{p.o}$, $t_{p.в.}$, $t_{cp.o}$ - температуры, соответственно, внутреннего воздуха зданий,

расчетная наружная для проектирования отопления, расчетная наружная для проектирования вентиляции, средняя наружного воздуха за отопительный сезон, °C;

z - среднее число работы системы вентиляции общественных здании в течение суток ($z = 16$ ч)

k_1 , k - коэффициенты, учитывающие расходы тепла на отопление и вентиляцию общественных зданий, принимаются равными 0,25 и 0,4;

n_0 - продолжительность отопительного периода, сут. (прил.5 [3]);

F - общая площадь населенного пункта, м^2 ;

η_0 - КПД отопительной системы; для котельных $\eta_0 = 0,8$

q - укрупненный показатель максимального часового расхода тепла на отопление жилых зданий, МДж/ч на 1 м^2 жилой площади (прил.7 [3]).

$$Q_{i \dot{A}} = \frac{\left[24 \cdot (1 + 0,4) \cdot \frac{20 - (-3,7)}{20 - (-26,1)} + 16 \cdot 0,25 \cdot 0,4 \cdot \frac{20 - (-7,3)}{20 - (-23)} \right] \cdot \frac{0,2 \cdot 2978300 \cdot 0,6 \cdot 214}{0,8}}{35,2} = 49423397,2$$

Годовой расход газа на централизованное горячее водоснабжение жилых зданий:

$$Q_{AA} = \frac{24 \cdot q_{\dot{a}\dot{a}} \cdot z_1 \cdot \left[n_0 + (350 - n_0) \cdot \frac{60 - t_{\dot{\delta}\dot{\epsilon}}}{60 - t_{\dot{\delta}\dot{\zeta}}} \cdot \beta \right] \cdot \frac{1}{\eta_{\dot{a}\dot{a}}}}{Q_H}, \text{ м}^3/\text{год}$$

где $t_{xз}$, $t_{xл}$ - температура водопроводной воды в зимний и летний периоды, °C; принимается равной 5°C и 15°C;

$\beta = 0,8$ - коэффициент, учитывающий снижение расхода горячей воды в летний период;

z_1 - число жителей, пользующихся централизованным горячим водоснабжением в квартирах;

n_0 - продолжительность отопительного периода, сут. (прил.5 [3]);

$\eta_{\dot{\epsilon}\dot{\delta}} = 0,8$ - КПД котельной;

$q_{\dot{\epsilon}\dot{\delta}}$ - укрупненный показатель среднечасового расхода тепла на горячее водоснабжение, МДж/ч на одного человека (прил.8 [3]).

$$Q_{AA} = \frac{24 \cdot 1,46 \cdot 27269 \cdot \left[214 + (350 - 214) \cdot \frac{60 - 15}{60 - 5} \cdot 0,8 \right] \cdot \frac{1}{0,8}}{35,2} = 10281804,62 \text{ м}^3/\text{год}$$

Годовой расход газа промышленными предприятиями:

$$Q_{i \dot{I}} = 350 \cdot Q_{i \dot{I} \text{ год}}, \text{ м}^3/\text{год}$$

где $Q_{ПП,сут}$ - расход газа на промышленном предприятии.

$$Q_{i \dot{I} 1} = 350 \cdot 8000 = 2800000 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$Q_{i \dot{I} 2} = 350 \cdot 8300 = 2905000 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$Q_{i \dot{I} 3} = 350 \cdot 10700 = 3745000 \text{ м}^3/\text{год}$$

Расчет максимального часового расхода газа.

Среднегодовые, месячные и суточные расходы позволяют оценивать эффективность и равномерность использования газа. Сечения труб определяются для максимальных часовых расходов газа при пиковых

нагрузках. Пики нагрузок наступают обычно в часы одновременного максимального расходования газа потребителями.

Максимальные часовые расходы определяются как отношение годового расхода газа к коэффициенту часового максимума.

Таблица №2. Максимальный часовой расход газа

№ п/п	Потребитель	Годовой расход газа $Q_{\text{год}}$, м ³ /год	Коэффициент часового максимума m	Часовой расход газа $Q_{\text{ч}}^{\text{max}} = \frac{Q_{\text{год}}}{m}$
1	Квартиры	$Q_{\text{кв}}=18780776,14$	2789,56	6732,52
	Мелкие предприятия	$Q_{\text{мп}}=939038,81$		336,63
	Итого:	19719814,95		7069,15
2	Предприятия бытового обслуживания	$Q_{\text{прач}}=766946$	2500,00	306,78
		$Q_{\text{б}}=1812782,05$	2000,00	906,39
		$Q_{\text{оп}}=1229902,9$	2000,00	614,95
		$Q_{\text{уз}}=192123,91$	2500,00	76,85
		$Q_{\text{хп}}=2589636,5$	2000,00	1294,82
	Итого	6591391,61		3199,79
3	Отопление и вентиляция общественных и жилых зданий	$Q_{\text{ов}}=49423397,23$	$214 \cdot 24 = 5136$	9622,94
	Централизованное горячее водоснабжение жилых зданий	$Q_{\text{гв}}=10281804,62$	8760	1173,72
	Итого	59705201,85		10796,66
4	Промышленные предприятия населенного	$Q_{\text{пп1}}=2800000$	5900	474,58
		$Q_{\text{пп2}}=2905000$	6000	484,17

	пункта	$Q_{\text{ппз}}=3745000$	3500	1070,00
	Итого	9450000,00		2028,74
Итого по всем разделам		$Q_{\text{год}}=95466408,41$		$Q_p=23094,34$

4. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ СУТОЧНОГО И ГОДОВОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗА

Различают три вида неравномерности газопотребления: по месяцам года, по дням месяца, по часам суток. Неравномерность потребления газа населенным пунктом определяется коэффициентами равными отношению расхода газа за соответствующий период и среднего объема подачи газа за тот же период:

$$k_{mi} = \frac{Q_i}{Q_{\bar{n}\delta}^i}$$

где среднемесячные $Q_{\bar{n}\delta}^{i\bar{a}\bar{n}}$, среднесуточные $Q_{\bar{n}\delta}^{\bar{n}\delta\delta}$ и среднечасовые $Q_{\bar{n}\delta}^{\delta\bar{a}\bar{n}}$ расходы газа определяются по зависимостям:

$$Q_{\bar{n}\delta}^{i\bar{a}\bar{n}} = \frac{Q_{\bar{a}\bar{i}\bar{a}}}{12}, \text{ м}^3/\text{год}$$

$$Q_{\bar{n}\delta}^{\bar{n}\delta\delta} = \frac{Q_{\bar{a}\bar{i}\bar{a}}}{365}, \text{ м}^3/\text{сут}$$

$$Q_{\bar{n}\delta}^{\delta\bar{a}\bar{n}} = \frac{Q_{\bar{n}\delta}^{\bar{n}\delta\delta}}{24}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$Q_{\bar{n}\bar{d}}^{i \text{ \u0430\u043d}} = \frac{95466408,41}{12} = 7955534,03 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$Q_{\bar{n}\bar{d}}^{\bar{n}\bar{d}} = \frac{95466408,41}{365} = 261551,80 \text{ м}^3/\text{сут}$$

$$Q_{\bar{n}\bar{d}}^{\dot{\text{a}}\bar{n}} = \frac{261551,80}{24} = 10897,99 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Потребление газа городом происходит неравномерно, причем каждому потребителю свойственны характерные для него сезонные, недельные и суточные неравномерности расхода.

Сезонная неравномерность потребления газа на отопление вызывается повышением газопотребления в зимнее время.

Сезонный коэффициент неравномерности потребления газа населенным пунктом находится по формуле:

$$k_1 = \frac{Q_1}{Q_{\text{мес ср}}}, \dots, k_{XII} = \frac{Q_{XII}}{Q_{\text{мес ср}}}$$

Объемы газа, подлежащие аккумулярованию в подземных хранилищах, или подлежащие передаче предприятиям регуляторам в период провала газопотребления определяются из зависимости:

$$Q = \frac{Q_{\text{год}}}{12} \sum_{i=1}^w (k_{mi}, k > 1 - 1)$$

где k_{mi} - коэффициент неравномерности i -го месяца;

$Q_{\text{год}}$ - годовой объем потребления газа;

w - число месячных коэффициентов неравномерности потребления газа по величине больше единицы.

Для построения сезонного графика потребления газа используются процентные соотношения значений месячных расходов газа (прил. 4 [3]) для различных потребителей.

$$k_I = \frac{Q_I}{Q_{\bar{n}\bar{d}}^{i \text{ \u0430\u043d}}} = \frac{10367651,91}{7955534,03} = 1,30$$

$$k_{II} = \frac{Q_{II}}{Q_{\bar{n}\bar{d}}^{i \text{ \u0430\u043d}}} = \frac{9422534,47}{7955534,03} = 1,18$$

$$k_{III} = \frac{Q_{III}}{Q_{\bar{n}\bar{d}}^i} = \frac{9699387,05}{7955534,03} = 1,22$$

$$k_{IV} = \frac{Q_{IV}}{Q_{\bar{n}\bar{d}}^i} = 1,05$$

$$k_V = \frac{Q_V}{Q_{\bar{n}\bar{d}}^i} = 0,85$$

$$k_{VI} = \frac{Q_{VI}}{Q_{\bar{n}\bar{d}}^i} = 0,77$$

$$k_{VII} = \frac{Q_{VII}}{Q_{\bar{n}\bar{d}}^i} = 0,70$$

$$k_{VIII} = \frac{Q_{VIII}}{Q_{\bar{n}\bar{d}}^i} = 0,70$$

$$k_{IX} = \frac{Q_{IX}}{Q_{\bar{n}\bar{d}}^i} = 0,81$$

$$k_X = \frac{Q_X}{Q_{\bar{n}\bar{d}}^i} = 1,01$$

$$k_{XI} = \frac{Q_{XI}}{Q_{\bar{n}\bar{d}}^i} = 1,12$$

$$k_{XII} = \frac{Q_{XII}}{Q_{\bar{n}\bar{d}}^i} = 1,28$$

$$Q = \frac{95466408,41}{12} \cdot ((1,3-1) + (1,18-1) + (1,22-1) + (1,05-1) + (1,01-1) + (1,12-1) + (1,28-1)) = 9276152,44$$

Годовой график потребления газа [см. Чертеж, лист 2].

Суточная неравномерность потребления газа возникает из-за понижения потребления газа населением в ночное время, режима потребления газа промышленными предприятиями и т.д. В среднем за каждый час, начиная с нуля часов, в течение суток происходит увеличение газопотребления на величину:

$$\delta_o = \frac{100\%}{24} = 4,17\%$$

Таблица №4. Суточная неравномерность потребления газа

Часы суток, ч $n-(n+1)$	Поступление газа начало счета, % $\delta_n = (n+1) * \delta_0$	Расход газа % от суточного потребления		Избыток или недостаток газа, %
		За данный час	С начала счета	
1	2	3	4	5
0-1	10906,72	8108	8108	2798,61
1-2	21813,44	6800	14908	6904,97
2-3	32694	6539	21447	11247
3-4	43600,72	5754	27201	16399,31
4-5	54507,44	6539	33740	20767,23
5-6	65388	7062	40802	24586
6-7	76294,72	9154	49956	26338,29
7-8	87201,44	13078	63034	24167,40
8-9	98082	13601	76635	21447
9-10	108988,72	13601	90235	18753,28
10-11	119895,44	14124	104359	15536,19
11-12	130776	13601	117960	12816
12-13	141682,72	12816	130776	10906,72
13-14	152589,44	13078	143854	8735,84
14-15	163470	10462	154316	9154
15-16	174376,72	13601	167916	6460,33
16-17	185283,44	12293	180209	5074,11
17-18	196164	13078	193287	2877
18-19	207070,72	13601	206888	183,09
19-20	217977,44	14124	221011	-3034,00
20-21	228858	12293	233304	-4446

21-22	239764,72	10985	244290	-4524,85
22-23	250671,44	9154	253444	-2772,45
23-24	261552	8108	261552	0

Объем аккумулирующей емкости равен:

$$Q_{\text{акк}}^{\text{н\ddot{o}}\text{д}} = 0,12 \cdot Q_{\text{н\ddot{o}}\text{д}} = 0,12 \cdot 261551,8 = 31386,22 \text{ м}^3/\text{сут}$$

5. ТРАССИРОВКА ГАЗОВЫХ СЕТЕЙ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ГАЗОПРОВОДОВ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Все газопроводы, входящие в газораспределительную сеть делятся на транзитные и путевые. Транзитные газопроводы – для передачи сосредоточенных объемов газа к потребителям, путевые – для подачи газа равномерно распределенным потребителям.

Различают:

- одноступенчатую систему, при которой распределение газа и подача его потребителям осуществляется по газопроводам только одного давления;
- двухступенчатую систему, при которой используются газопроводы высокого (среднего) и низкого давлений.

На основании генплана выполняется схема прокладки газопровода в масштабе 1:10000, где указываются проектируемые газопроводы, диаметр газопровода, расход, длина участка (ответвления) газопровода, вводы к потребителям.

На генплане отмечаются зоны обслуживания каждого ГРП. ГРП размещаются ближе к месту повышенной нагрузки. Точки встречи транзитных потоков располагаются в диаметрально противоположной стороне относительно точки питания (место установки ГРП). Вся газифицируемая площадь разбивается на зоны, каждая из которых охвачена контуром. Для ГРП питающих сети низкого давления, оптимальная производительность 1500 - 3000 м³/ч, а оптимальный радиус действия 500 - 1200 м.

Число ГРП определяется по формуле:

$$n = \frac{\sum Q_{\Sigma}}{3000}$$

где $\sum Q_{\Sigma}$ - суммарный расход газа через городские ГРП, $m^3/ч$

$$n = \frac{7069,15}{3000} = 2$$

Оптимальный радиус зоны охвата одним ГРП равен:

$$R_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{F}{\pi \cdot n^2}}, m$$

где F - общая площадь населенного пункта, m^2

$$R_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{2978300}{3,14 \cdot 2^2}} = 500 m$$

Методика гидравлического расчета ведется из соображения постоянства плотности в областях низкого давления. Расчет расхода газа ведется по произведению удельного расхода и длины участка.

Расчет начинается от точки встречи потоков по направлению к точке питания. Принимаются главные направления движения газа, определяются часовые расходы газа каждого контура и суммарная длина контурных труб, а также удельный путевой расход на одного человека и по длине участка.

Удельный равномерно – распределенный расход на одного человека:

$$q_{\text{уд}} = \frac{Q_{\text{грп}}}{N}, m^3/\text{чел} \cdot \text{ч}$$

где $Q_{\text{грп}} = Q_{\text{кв}} + Q_{\text{пр}} -$ суммарный расход газа на квартиры и мелкие предприятия.

$$q_{\text{уд}} = \frac{7069,15}{97390} = 0,073 m^3/\text{чел} \cdot \text{ч}$$

Таблица №5. Удельные путевые расходы для всех питающих контуров

Номер контура	Газоснабжаемые зоны				Длина питающего контура, м	Удельный путь расход, м ³ /ч·м
	Размер, га	Численность населения, чел	$q_{уд}$, м ³ /(чел ч)	Расход газа, м ³ /ч		
I	34,73	11357	0,073	829,04	4430,2	0,187
II	5,51	1802	0,073	131,53	992,0	0,133
III	14,38	4702	0,073	343,26	1080,0	0,318
IV	14,68	4800	0,073	350,43	941,5	0,372
V	46,55	15222	0,073	1111,20	3451,2	0,322
VI	6,16	2014	0,073	147,05	547,5	0,269
VII	24,62	8051	0,073	587,70	1871,8	0,314
VIII	9,72	3178	0,073	232,03	806,6	0,288
IX	14,06	4598	0,073	335,63	1389,7	0,242
X	14,27	4666	0,073	340,64	1254,7	0,271
XI	6,45	2109	0,073	153,97	835,1	0,184
XII	2,10	687	0,073	50,13	763,2	0,066
XIII	15,59	5098	0,073	372,15	2133,5	0,174
XIV	42,96	14048	0,073	1025,50	2777,7	0,369
XV	26,83	8773	0,073	640,46	2960,0	0,216
XVI	4,33	1416	0,073	103,36	1118,3	0,092
XVII	7,02	2296	0,073	167,57	1026,9	0,163
XVIII	7,87	2573	0,073	187,86	1158,8	0,162

Расчетный расход газа в кольцевой сети:

$$Q_p = Q_{\text{двигатели}} + 0,55 \cdot Q_{\text{путь}}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где $Q_{\text{тр}}$, $Q_{\text{путь}}$ - транзитный и путь расход газ.

Таблица №6. Определение расчетных расходов газа для участков сети

Номер участка	Длина участка, м	Удельный путевой расход газа, м ³ /ч·м	Расход газа, м ³ /ч			
			$Q_{нум}$	$0,55 \cdot Q_{нум}$	Q_{mp}	Q_p
ГРП1						
2—1	606	0,559	338,96	186,43	-	186,43
2—3	357	0,505	180,21	99,12	-	99,12
4—2	1354	0,505	683,73	376,05	519,17	895,22
6—1	1770	0,700	1239,24	681,58	-	681,58
10—9	353	0,636	224,49	123,47	-	123,47
10—11	250	0,583	145,64	80,10	-	80,10
4—10	1218	0,908	1106,42	608,53	370,13	978,66
5—4	155	0,509	78,91	43,40	2679,44	2722,84
7—9	858	0,636	545,65	300,11	-	300,11
7—8	412	0,602	247,87	136,33	-	136,33
6—7	424	0,851	360,88	198,49	793,52	992,01
5—6	444	0,509	226,04	124,32	2393,64	2517,97
ГРП2						
2—1	136	0,240	32,66	17,96	-	17,96
2—3	154	0,250	38,51	21,18	-	21,18
4—2	107	0,359	38,39	21,12	71,16	92,28
4—5	574	0,456	261,66	143,92	-	143,92
6—4	166	0,446	74,02	40,71	371,22	411,93
6—7	464	0,544	252,24	138,73	-	138,73
8—6	1413	0,882	1246,53	685,59	697,48	1383,08
10—1	1681	0,609	1024,24	563,33	-	563,33
17—14	378	0,378	143,07	78,69	-	78,69
17—18	146	0,476	69,51	38,23	-	38,23
15—17	793	0,818	648,68	356,77	212,58	569,35
15—16	574	0,529	303,74	167,06	-	167,06
8—15	272	0,458	124,54	68,50	1165,00	1233,50
9—8	165	0,586	96,62	53,14	3233,57	3286,70
11—14	454	0,378	171,84	94,51	-	94,51
11—13	180	0,325	58,55	32,21	-	32,21

11—12	430	0,309	132,78	73,03	-	73,03
10—11	846	0,472	399,30	219,61	363,17	582,79
9—10	307	0,586	179,77	98,87	1786,71	1885,58

Тупиковые участки трубопроводов несут только путевые расходы газа. По мере перемещения нумерации участков навстречу потоку каждый участок, кроме своего путевого расхода, передает транзитом через себя путевые расходы газа всех следующих за ним участков.

Общий расход газа, выходящего из ГРП, определяется суммой расходов правого и левого кольца:

$$Q_{\bar{A}\bar{B}\bar{I}} = Q_{\bar{I}\bar{E}} + Q_{\bar{E}\bar{E}} = 2722,84 + 2517,97 = 5240,81 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$Q_{\bar{A}\bar{B}\bar{I}} = Q_{\bar{I}\bar{E}} + Q_{\bar{E}\bar{E}} = 5172,28 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Потери давления на трение с учетом 10% местных гидравлических потерь:

$$\Delta p_m = 0,9 \cdot \Delta p_c, \text{ Па}$$

где Δp_c - расчетный перепад давления в сети;

$p_{нач} = 3000 \text{ Па}$ - давление после ГРП, с которым газ входит в распределительные сети;

$p_{кон}$ - номинальное давление газа перед бытовыми приборами.

$$\Delta p_c = p_{\hat{I}\hat{A}} - p_{\hat{E}\hat{I}} = 3000 - 1930 = 1070 \text{ Па}$$

$$\Delta p_m = 0,9 \cdot 1070 = 963 \text{ Па}$$

Таблица №7. Удельные давления на полукольцах

№ ГРП	Маршрут полукольца	Длина полукольца	$\Delta p_m / \ell_{пк}$
1	1-2-4-5	2115	0,46
	1-6-5	2216	0,43

	9-10-4-5	1726	0,56
	9-7-6-5	1726	0,56
2	1-2-4-6-8-9	1987	0,48
	1-10-9	1988	0,48
	14-17-15-8-9	1608	0,60
	14-11-10-9	1607	0,60

Диаметры участков выбранных маршрутов находятся по номограмме (прил.9 [3]) по известному расчетному расходу газа и удельному давлению. Невязка в кольцах не должна превышать 10%.

Таблица №8. Гидравлический расчет кольцевых сетей

№ ГРП	№ кольца	Наим. уч-ка	Дли на уч-ка	Q_p , м ³ /ч	$d_n \times S$, мм	$\Delta p / \ell$, Па/м	Δp , Па	$1,1 \cdot \Delta p$, Па	
ГРП 1	1	2—1	606	-186,43	159x4	-0,55	-333,3	-366,63	
		4—2	1354	-895,22	325x8	-0,3	-406,2	-446,82	
		5—4	155	-2722,84	325x8	-2,3	-356,5	-392,15	
		6—1	1772	682,35	325x8	0,18	318,96	350,856	
		5—6	444	2519,37	325x8	1,8	799,2	879,12	
		δ	2,00%						
	2	10-9	353	123,47	133x4	0,6	211,8	232,98	
		4-10	1218	978,66	325x8	0,35	426,3	468,93	
		5-4	155	2722,84	325x8	0,6	93	102,3	
		7-9	858	-300,11	159x4	-0,27	-231,66	-254,826	
		6-7	424	-992,01	273x7	-0,8	-339,2	-373,12	
		5-6	444	-2519,37	426x9	-0,45	-199,8	-219,78	
			0,05						

ГРП 2	1	2—1	136	-17,96	57x3	-1,5	-204	-224,4	
		4—2	107	-92,28	133x4	-0,35	-37,45	-41,195	
		6-4	166	-411,93	219x6	-0,5	-83	-91,3	
		8-6	1413	-1383,08	426x9	-0,16	-226,08	-248,688	
		9-8	165	-3286,70	426x9	-0,8	-132	-145,2	
		10-1	1681	563,33	273x7	0,32	537,92	591,712	
		9-10	307	1885,58	426x9	0,3	92,1	101,31	
		δ		8,00%					
	2	17-14	378	78,69	108x4	0,9	340,2	374,22	
		15-17	793	569,35	273x7	0,3	237,9	261,69	
		8-15	272	1233,50	325x8	0,5	136	149,6	
		9-8	165	3286,70	426x9	0,8	132	145,2	
		11-14	454	-94,51	159x4	-0,17	-77,18	-84,898	
		10-11	846	-582,79	219x6	-0,85	-719,1	-791,01	
		9-10	307	-1885,58	426x9	-0,3	-92,1	-101,31	
		δ		4,88%					

$$\text{Невязка } \delta = \frac{\sum \Delta p}{0,5 \cdot \sum |\Delta p|} \cdot 100\%$$

При расчете тупиковых ответвлений необходимо использовать весь расчетный перепад давлений по направлениям основных полуколец.

Таблица №9. Гидравлический расчет тупиковых газопроводов низкого давления

№ участка	l, м	Q _p , м ³ /ч	Располагаемые		d _н × S, мм	Δp/ℓ, Па/м	Δp, Па	1,1 · Δp, Па
			Δp	Δp/ℓ				
ГРП 1								
2-3	357	99,12	200,3	0,561	133x4	0,45	160,65	176,715
10-11	250	80,10	443,7	1,775	108x4	0,9	225	247,5
7-8	412	136,33	424	1,029	133x4	0,75	309	339,9

ГРП 2								
2-3	154	21,18	484,47	3,146	70x3	0,65	100,1	110,11
4-5	574	143,92	521,92	0,909	133x4	0,85	487,9	536,69
6-7	464	138,73	604,92	1,304	133x4	0,75	348	382,8
15-16	574	167,06	695	1,211	133x4	1,2	688,8	757,68
17-18	146	38,23	457,1	3,131	89x3	0,55	80,3	88,33
11-12	430	73,03	151,8	0,353	108x4	0,9	387	425,7
11-13	180	32,21	151,8	0,843	89x3	0,4	72	79,2

6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ГАЗОПРОВОДОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

В средних и больших городах проектируются кольцевые газовые сети высокого давления. При расчете таких сетей необходимо оставлять резерв давления для увеличения пропускной способности системы при аварийных гидравлических режимах. Для оценки потери качества обслуживания в период аварийной ситуации вводятся специальные коэффициенты обеспеченности и определяются резервы пропускной способности сети. Для однокольцевых газопроводов расчеты ведутся при поочередных выключениях головных участков слева и справа от точки питания.

Расчетный перепад давления для сетей высокого (среднего) давления определяется исходя из следующих соображений: начальное давление принимается максимальным, оно равно 700 Па. Конечное принимается таким, чтобы при максимальной нагрузке сети было обеспечено минимально допустимое давление газа перед регуляторами.

Движение газа в газопроводах высокого (среднего) давления охватывает области переходного и квадратичного режимов. Расход газа измеряется в широком диапазоне (от 100 до 1000000 м³/ч). Для гидравлических расчетов используются номограммы заданного газа и известной шероховатости труб (прил. 10 [3]).

При расчете аварийных режимов производится предварительный расчет диаметра кольца по приближенным зависимостям:

$$Q_p = \sum Q_i = 23094,34 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$\overline{Q_p} = 0,59 \cdot \sum_{i=1}^n K_{iá} \cdot Q_i = 0,59 \cdot 0,7 \cdot 23094,34 = 9537,96 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Удельное падение квадрата давления:

$$q = \frac{\delta_i^2 - \delta_e^2}{1,1 \cdot L_k} = \frac{700^2 - 350^2}{1,1 \cdot 100} = 3340,91 \text{ кПа}^2/\text{м}$$

$$L_k > 100i, \frac{L_k}{100} = \frac{6785,2}{100} = 67,85 \text{ м}$$

По расходу $9537,96 \text{ м}^3/\text{ч}$, удельному давлению $3340,91 \text{ кПа}^2/\text{м}$ и удельной длине $67,85 \text{ м}$ определяется диаметр по всему кольцу 219х6.

Давление в конечных точках:

- при выключении участка 12:

$$p_{k12} = \sqrt{\left(700^2 - \sum_{12} (p_i^2 - p_k^2)\right)} = \sqrt{(700^2 - 400647,5)} = 354,65 \text{ кПа}$$

- при выключении участка 1:

$$p_{k1} = \sqrt{\left(700^2 - \sum_1 (p_i^2 - p_k^2)\right)} = \sqrt{(700^2 - 202279)} = 553,27 \text{ кПа}$$

Таблица №10. Результаты гидравлического расчета аварийных режимов

ОТКАЗАЛ УЧАСТОК №12							
Показатели участка				$1,1 \cdot (p_i^2 - p_e^2)_{\delta, \dot{e} \dot{a}}^2$	$p_H, \text{кПа}$	$p_K, \text{кПа}$	$\Delta p, \text{кПа}$
№	$D_H \times S, \text{мм}$	$l_y, \text{м}$	$Q_y, \text{м}^3/\text{ч}$				
1	219×6	478,3	16166,04	53900	700,00	664,08	35,92
2	219×6	460	15531,56	48950	664,08	629,68	34,40
3	219×6	955,2	15199,34	101200	629,68	551,82	77,87
4	219×6	670,6	14450,34	62700	551,82	497,49	54,32
5	219×6	756,5	14235,58	78100	497,49	420,12	77,37
6	219×6	757,8	9018,76	34100	420,12	381,44	38,67
7	219×6	91,2	5350,20	1375	381,44	379,80	1,64

8	219×6	794,6	5011,26	9790	379,80	367,90	11,90
9	219×6	759	4104,90	5720	367,90	360,76	7,14
10	219×6	580,8	4051,10	4180	360,76	355,46	5,31
11	219×6	173,2	3620,64	632,5	355,46	354,65	0,81
Итого				400647,5			
ОТКАЗАЛ УЧАСТОК №1							
Показатели участка				$1,1 \cdot (p_i^2 - p_e^2)_{\text{отв}}$, ед.^2	p_H , кПа	p_K , кПа	Δp , кПа
№	$D_H \times S$, мм	l_y , м	Q_y , $\text{м}^3/\text{ч}$				
12	219×6	145,9	16166,04	16500	700,00	689,20	10,80
11	219×6	173,2	12545,43	12650	689,20	680,81	8,39
10	219×6	580,8	12114,96	41800	680,81	652,30	28,50
9	219×6	759	12061,17	53900	652,30	613,60	38,71
8	219×6	794,6	11154,81	50050	613,60	575,33	38,27
7	219×6	91,2	10815,87	5225	575,33	571,18	4,14
6	219×6	757,8	7147,31	18700	571,18	556,10	15,08
5	219×6	756,5	1930,49	1760	556,10	554,66	1,44
4	219×6	670,6	1715,74	1045	554,66	553,81	0,86
3	219×6	955,2	966,74	550	553,81	553,35	0,45
2	219×6	460	634,52	99	553,35	553,27	0,08
Итого				202279			

Для определения диаметров ответвлений за расчетный перепад давлений принимается минимальное значение давления в концевых точках. Зная конечные расходы газа в ответвлениях, по номограмме (прил. 10 [3]) находятся диаметры газопроводов, которые принимаются не менее 50 мм.

Начальные давления на ответвлениях при отказе N-го участка:

$$P_{i(N-1)}^{\text{отв}} = \sqrt{700^2 - \sum_{(N-1)}^1 1,1 \cdot (P_H^2 - P_K^2)}, \text{ кПа}$$

Конечные давления на ответвлениях при отказе N-го участка:

$$P_{k(N-1)}^{\text{отв}} = \sqrt{P_{i(N-1)}^{\text{отв}^2} - 1,1 \cdot (P_H^2 - P_K^2)_{\text{отв} (N-1)}, \text{ кПа}$$

Таблица №11. Результаты гидравлического расчета ответвлений при аварийных режимах

ОТКАЗАЛ УЧАСТОК №12							
Показатели участка				$1,1 \cdot (p_i^2 - p_e^2) \cdot \rho \cdot g \cdot l$	$p_H, \text{кПа}$	$p_K, \text{кПа}$	$\Delta p, \text{кПа}$
№	$Q_y, \text{м}^3/\text{ч}$	$l_{отв}, \text{м}$	$D_H \times S, \text{мм}$				
13	634,48	38,1	57×3	6380	664,08	659,70	4,38
14	332,22	42	57×3	3575	629,68	627,10	2,59
15	749,00	47,1	57×3	18150	551,82	536,66	15,16
16	214,76	52,5	57×3	1760	497,49	495,88	1,61
17	5216,82	69,9	89×3	104500	420,12	285,48	134,64
18	3668,56	175,2	89×3	99000	381,44	235,58	145,86
19	338,94	46,5	57×3	3795	379,80	375,23	4,57
20	906,36	42,1	76×3	4510	367,90	362,28	5,62
21	53,80	46,2	57×3	242	360,76	360,46	0,31
22	430,47	49,4	57×3	7150	355,46	346,19	9,26
23	3620,61	254,4	108×4	82500	354,65	225,33	129,31
ОТКАЗАЛ УЧАСТОК №1							
Показатели участка				$1,1 \cdot (p_i^2 - p_e^2) \cdot \rho \cdot g \cdot l$	$p_H, \text{кПа}$	$p_K, \text{кПа}$	$\Delta p, \text{кПа}$
№	$Q_y, \text{м}^3/\text{ч}$	$l_{отв}, \text{м}$	$D_H \times S, \text{мм}$				
23	3620,61	254,4	108×4	82500	689,20	632,46	56,75
22	430,47	49,4	57×3	7150	680,81	676,02	4,79
21	53,80	46,2	57×3	242	652,30	652,13	0,17
20	906,36	42,1	76×3	4510	613,60	610,25	3,35
19	338,94	46,5	57×3	3795	575,33	572,32	3,01
18	3668,56	175,2	89×3	99000	571,18	486,06	85,13
17	5216,82	69,9	89×3	104500	556,10	462,87	93,23
16	214,76	52,5	57×3	1760	554,66	553,22	1,44
15	749,00	47,1	57×3	18150	553,81	538,70	15,10
14	332,22	42	57×3	3575	553,35	550,41	2,94
13	634,48	38,1	57×3	6380	553,27	548,01	5,27

Гидравлический расчет при нормальном режиме потокораспределения ведется в двух направлениях от точки питания - слева и справа. При достижении расходами газа отрицательных величин определяется точка схода потоков. Далее расчет продолжается в обратном направлении, т.е. от точки схода потоков рассчитываются уточненные расходы к точке питания.

$$\text{Если в результате расчетов невязка } \delta = \frac{\sum(p_H^2 - p_K^2)}{0,5 \cdot |\sum(p_H^2 - p_K^2)|} \cdot 100\%$$

превышает 10% и одна из ветвей перегружена, вводится круговой коэффициент расхода по часовой стрелке и производится окончательный расчет:

$$\Delta Q_K = - \frac{\sum_i (p_{Hi}^2 - p_{Ki}^2)}{2 \cdot \sum_i \frac{(p_{Hi}^2 - p_{Ki}^2)}{Q_i}} = - \frac{14672,9}{2 \cdot 4,93} = -1488,12 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$Q_y = Q'_y + \Delta Q_K, \text{ м}^3/\text{ч}$$

Таблица №12. Расчет потокораспределения при нормальном гидравлическом режиме

Показатели участка			Предварительное распределение расходов		Итого		
№	$D_n \times S_m$ м	l_y м	Q'_y м ³ /ч	$(p_H^2 - p_K^2)_y$ кПа ²	P_H кПа	P_K кПа	Δp кПа
1	219×6	478,3	8961	16500	700,00	688,11	11,89
2	219×6	460	8054,6	12500	688,11	678,97	9,14
3	219×6	955,2	7580	24000	678,97	661,06	17,91
4	219×6	670,6	6510	12500	661,06	651,54	9,52
5	219×6	756,5	6203,2	13000	651,54	641,48	10,05
6	219×6	757,8	-1249,4	-590	641,48	641,94	-0,46
7	219×6	91,2	-6490,2	-1700	641,94	643,27	-1,32
8	219×6	794,6	-6974,4	-17000	643,27	656,35	-13,08
9	219×6	759	-8269,2	-24000	656,35	674,38	-18,04

10	219×6	580,8	-8346,1	-17500	674,38	687,23	-12,85
11	219×6	173,2	-8961	-5900	687,23	691,51	-4,28
12	219×6	145,9	-14133,3	-11500	691,51	699,78	-8,27

$$\text{Невязка } \delta = \frac{310}{0,5 \cdot 156690} \cdot 100\% = 0,396\%$$

Далее проверяется достаточность принятых диаметров ответвлений в процессе расчета аварийных гидравлических режимов: определяется давление газа в узлах присоединения ответвлений к кольцевому газопроводу, находится потеря давления, исходя из расчетной нагрузки и принятого диаметра, и затем давление в конце ответвления. Если полученное давление меньше давления газа у потребителей, тогда принятый диаметр необходимо увеличивать.

Таблица №13. Проверка ответвлений на расчетный режим при нормальном потокораспределении

№	$Q_{i\delta a}$ М ³ /ч	$l_{отв.}$ М	$D_n \times S$ ММ	$1,1 \cdot (p_H^2 - p_K^2)_{i\delta a}$ кПа ²	P_H кПа	P_K кПа	Δp кПа
13	906,4	38,1	57×3	24200	688,11	671,94	16,18
14	474,6	42	57×3	5500	678,97	675,28	3,69
15	1070	47,1	57×3	46200	661,06	628,49	32,57
16	306,8	52,5	57×3	4070	651,54	648,69	2,85
17	7452,6	69,9	89×3	198000	641,48	481,14	160,34
18	5240,8	175,2	89×3	220000	641,94	460,53	181,41
19	484,2	46,5	57×3	8250	643,27	637,41	5,86
20	1294,8	42,1	76×3	11000	656,35	648,68	7,66
21	76,85	46,2	57×3	297	674,38	674,18	0,20
22	614,95	49,4	57×3	13420	687,23	678,30	8,93
23	5172,3	254,4	108×4	165000	691,51	572,88	118,63

7. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВНУТРИДОМОВОГО ГАЗОПРОВОДА

Газоснабжение жилого дома представляет систему распределительных газопроводов от точки подключения к городской газовой сети низкого давления до газовых приборов, находящихся в квартирах потребителей газа. На планах этажей жилых зданий размещаются газовые стояки и газопроводы. Вычерчивается аксонометрическая схема трубопровода всего здания, начиная от ввода на территорию квартала до самого отдаленного газоиспользующего прибора.

Необходимо рассчитать газопровод для 4-этажного жилого дома. На этаже размещаются 1 однокомнатная, 1 двухкомнатная, 1 трехкомнатная квартиры. В квартирах устанавливаются 4-хкомфорочные плиты.

Гидравлический расчет домовой сети выполняется в следующей последовательности:

- определяются расчетные расходы газа для всех участков маршрута от самого удаленного газового прибора до точки присоединения к распределительной сети города;
- задается диаметр участков;
- определяется сумма коэффициентов местных сопротивлений для каждого и соответствующая им эквивалентная длина трубопровода (прил. 11 и 12 [3]);
- суммарные потери давления газа в газопроводах-вводах и внутренних газопроводах принимаются не более 600 Па.

Расчетные часовые расходы газа в газопроводах определяются как сумма номинальных расходов, с учетом коэффициентов неравномерности, по следующей зависимости:

$$Q_p = \sum_i^n K_{\text{чч}}^{\text{max}} \cdot \frac{Q_{\text{норм}}^{\text{год, кв}}}{Q_n \cdot 8760} \cdot m_i \cdot N_i, \text{ м}^3 / \text{ч}$$

где m_i - число человек, проживающих в квартире;

Q_n^z - низшая теплота сгорания газа МДж/м³;

$Q_{норм}^{zод,кв}$ - тепло по нормативу, МДж/год (прил.1 [3]);

N_i - число квартир в доме;

$K_{чч}^{max}$ - коэффициент часового максимума для квартир, использующих газ для приготовления пищи и горячей воды (прил.13 [3]).

Рассмотрим часовой расход для первых 3-х участков:

$$Q_{p_{8-7}} = 59,934 \cdot \frac{10000}{36,77 \cdot 8760} \cdot 2 \cdot 1 = 3,72 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

$$Q_{p_{7-6}} = 22,388 \cdot \frac{10000}{36,77 \cdot 8760} \cdot 2 \cdot 2 = 4,05 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

$$Q_{p_{6-5}} = 22,388 \cdot \frac{10000}{36,77 \cdot 8760} \cdot 2 \cdot 3 = 4,16 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Далее рассчитывается дополнительное избыточное гидростатическое давление по формуле:

$$P = gH(\rho_{в-ха} - \rho_{газа}) \quad , \text{ Па}$$

где H - разность геометрических отметок конца и начала участка, м;

ρ_v - плотность воздуха, равная 1,29 кг/м³;

ρ_g - плотность газа.

Полученные суммарные потери сравниваются с заданным перепадом давления 600 Па, если они не совпадают, то производится перерасчет.

Результаты гидравлического расчета внутридомового газопровода сводим в табл. 14.

Таблица 14

№ участка	Расчетный расход газа, м ³ /ч	Диаметр условного прохода	Длина участка, м	Сумма КМС	Эквивалентная длина, м	Эквивалентная длина местных сопротивлений	Расчетная длина участка	Удельные потери давления, Па/м	Потери давл. на уч.	Разность geometr.отметок, м	Гидростатическое давление, Па	Потери давления с учетом гидр.давл.
8-7	3,72	20	3	8,6	0,6	5,16	8,16	7,5	61,2	3	15,58	45,62
7-6	4,05	20	3	8,3	0,55	4,56	7,56	8	60,5	3	15,58	44,94
6-5	4,16	20	3	8,3	0,54	4,48	7,48	8,3	62,1	3	15,58	46,521
5-4	4,93	20	3	8,65	0,55	4,56	7,75	11	83,2	3	15,58	69,752
4-3	5,75	25	10,1	7,35	0,7	5,14	15,25	16	255	0	-	243,92
3-2	17,46	25	0,4	1,35	0,8	1,08	1,48	32	47,4	0	-	47,36
2-1	38,38	32	1,3	6	1,2	7,2	1,3	40	52	0	-	52
Сумма потерь давления с учетом гидростатического давления												550,11

8. РАСЧЕТ ПЕЧИ

Промышленная печь как тепловой аппарат отличается тем, что в ней получают тепловую энергию за счет сжигания топлива и передают ее материалу или изделиям, подвергаемым тепловой обработке. Основными теплотехническими процессами в печах являются процессы сжигания топлива и теплопередачи, происходящие часто одновременно в рабочем пространстве печи. При этом большую роль играет создание необходимых условий для движения газов.

Для нагрева небольших деталей под закалку и высокий отпуск в атмосфере при серийном производстве применяют камерные печи, обогреваемые газообразным топливом.

Схема газопроводов камерной печи показана на листе 2. Печь отапливается двухпроводной горелкой 10. Температуру в печи регулируют вручную по указаниям прибора 13, подсоединенного к термопаре 18, установленной на своде печи. Газ низкого давления подается к печи по трубопроводу, врезанному в цеховой газопровод.

В непосредственной близости от печи на газопроводе предусмотрен запорный узел, состоящий из двух последовательно соединенных газовых кранов 1 и 3, газопровода продувки на свечу с газовым краном 24 и напоромера 16, подсоединенного к газопроводу импульсной трубкой с газовым краном 2. На линии газопровода предусмотрена также расходомерная диафрагма 5 с первичным прибором 6 и вторичным прибором 15.

Розжиг горелки осуществляется газовым запальником 22 с газовым краном 7. Расход газа на горелку регулируется газовым краном 8. Воздух низкого давления подводится к печи по воздухопроводу, имеющему воздушный шибер 20. Давление воздуха у печи замеряется напоромером 17, который соединен с воздухопроводом импульсной трубкой. Импульсная трубка с краном 21 врезана в воздухопровод до шибера 20.

Расход воздуха подаваемого на печь, контролируется измерительной диафрагмой 23 с первичным 19 и вторичным 14 приборами. Количество воздуха, подаваемого в горелку, регулируется шибером 9. На газопроводе у печи размещен клапан – отсекающий 4, отключающий подачу газа при падении давления воздуха ниже допустимого предела.

Главная задача, которую необходимо решить при проектировании печей, состоит в выборе наиболее предпочтительного и оптимального конструктивного типа печи из многих возможных с характеристиками, обеспечивающими осуществление в ней требуемых термотехнологических, теплотехнических и механических процессов.

Исходные данные: стенки, под и свод печи состоят из двух слоев: слоя шамотного кирпича толщиной $\delta_1 = 0,232\text{ м}$ и теплопроводностью $\lambda_1 = 0,838 + 0,582 \cdot 10^{-3} \cdot t_1, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, слоя трепельного кирпича толщиной $\delta_2 = 0,232\text{ м}$ и теплопроводностью $\lambda_2 = 0,198\text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$. Размеры пода $0,81 \times 1,2$ м, высота печи 2 м.

Тепловой баланс печного процесса состоит из статей прихода и расхода теплоты, которые необходимо рассчитать, чтобы достигнуть необходимого их равенства.

Тепловой баланс печного процесса в общем виде может быть представлен следующим уравнением:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 = Q'_1 + Q'_2 + Q'_3 + Q'_4 + Q'_5 + Q'_6 + Q'_7 + Q'_8 + Q'_9 + Q'_{10} + Q'_{11}.$$

Статьи прихода теплоты. Теплота, вносимая исходными материалами, является величиной суммарной и включает теплоту каждого компонента физического или химического превращения:

$$Q_1 = \sum G_i \cdot C_i \cdot t_i,$$

где: G_i, C_i, t_i – масса, удельная теплоемкость и температура отдельных компонентов.

В печи нагревается 500 кг стали.

$$Q_1 = 500 \cdot 0,456 \cdot 18 = 4104 \text{ кДж}.$$

Теплота, вносимая печной средой, является величиной суммарной и включает теплоту каждого ее компонента:

$$Q_2 = \sum G'_i \cdot C'_i \cdot t'_i,$$

где: G'_i, C'_i, t'_i – масса, удельная теплоемкость и температура отдельных компонентов печной среды. Для упрощения теплоту, вносимую и уносимую печной средой, возьму равной друг другу.

Теплота, содержащаяся в футеровке печи перед началом печного процесса, является величиной суммарной и включает теплоту каждого компонента композиции футеровки:

$$Q_3 = \sum G''_i \cdot C''_i \cdot t''_i = 3000 \cdot 0,88 \cdot 18 = 47520 \text{ кДж},$$

где: G_i'', C_i'', t_i'' – масса, удельная теплоемкость и температура отдельных компонентов композиции футеровки.

Теплота, вносимая транспортирующими устройствами и приспособлениями (вагонетки, тележки, конвейерные ленты, решетки, поддоны, бугеля, прокладки, подставки и т. д.):

$$Q_4 = \sum G_m \cdot C_m \cdot t_m = 100 \cdot 0,502 \cdot 50 = 2510 \text{кДж},$$

где: G_m, C_m, t_m – масса, удельная теплоемкость и температура транспортирующих устройств и приспособлений из нержавеющей стали.

Теплота, выделяющаяся при осуществлении экзотермических химических реакций и физических превращений исходных материалов Q_5 , определяется при составлении материального баланса по термохимическим уравнениям, примем равным величине 5084 кДж.

Теплота вводимая в процесс дополнительно за счет сжигания топлива:

$$Q_6 = Q_n^p \cdot B = 34693,04 \cdot 1000 = 34693,04 \text{кДж},$$

где: B – расход топлива.

Статьи расхода теплоты. Теплота, уносимая полученными целевыми продуктами:

$$Q_1' = G_{цп} \cdot C_{цп} \cdot t_{цп} = 500 \cdot 0,456 \cdot 200 = 45600 \text{кДж},$$

где: $G_{цп}, C_{цп}, t_{цп}$ – масса, удельная теплоемкость и температура целевого продукта.

Теплота, уносимая полученными попутными продуктами:

$$Q_2' = G_{пн} \cdot C_{пн} \cdot t_{пн} = 20 \cdot 1,135 \cdot 70 = 15890 \text{кДж}.$$

Теплота, уносимая полученными отходами:

$$Q_3' = G_{от} \cdot C_{от} \cdot t_{от}.$$

Пренебрежем отходами получаемыми в газовой среде, так как в печи осуществляется лишь нагрев материалов.

Теплота, уносимая печной средой, является величиной суммарной и включает теплоту каждого ее компонента:

$$Q_4' = \sum G_i' \cdot C_i' \cdot t_i'$$

Теплота, уносимая транспортирующими средствами и приспособлениями:

$$Q_5' = G_m' \cdot C_m' \cdot t_m' = 100 \cdot 0,502 \cdot 50 = 2510 \text{кДж}.$$

Теплота, уносимая охладителем (Q_6), расходуется для создания заданного температурного режима в элементах печной системы для осуществления печных процессов (снижение температуры в системе) и охлаждения конструктивных узлов и отдельных элементов печи от перегрева. В качестве охладителя применяются вода, воздух и другие химические вещества. Теплота, уносимая охладителем:

$$Q_6' = G_o' \cdot C_o' \cdot \Delta t = 100 \cdot 1,005 \cdot 180 = 18090 \text{кДж},$$

где: Δt – перепад между начальной и конечной температурами охладителя.

Теплота, теряемая излучением через открытые отверстия в футеровке печи:

$$Q_7' = C_o \cdot \left[\left(\frac{T_{печ}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_в}{100} \right)^4 \right] \cdot \Phi \cdot F \cdot \tau,$$

где: $C_o = 5,7$ – коэффициент излучения абсолютно черного тела, Вт/(м² К);

$T_{печ}$ – температура печи, К;

$T_в$ – температура воздуха в цехе, К;

Φ – коэффициент диафрагмирования;

F – площадь открытого отверстия, м²;

τ – время открытого состояния, ч.

$$Q_7' = 5,7 \cdot \left[\left(\frac{1000}{100} \right)^4 - \left(\frac{18}{100} \right)^4 \right] \cdot 0,8 \cdot 0,336 \cdot \frac{45}{60} = 2873 \text{кДж}.$$

Теплоту Q_8 , теряемую вследствие нарушения сплошности футеровки (термопарными трубками, выводами нагревателей,

направляющими и осями роликов и т. д.), рекомендуется оценивать величиной, равной 50% от потерь теплоты стенками футеровки :

$$Q'_8 = 0,5 \cdot Q'_{10} = 0,5 \cdot 1300 = 650 \text{кДж}.$$

Теплота, расходуемая на аккумуляцию футеровки :

$$Q'_9 = V \cdot \rho \cdot \Delta I = 0,81 \cdot 1400 \cdot 0,88 \cdot (200 - 20) = 1796 \text{кДж},$$

где: V – объем футеровки, м^3 ;

ρ – плотность футеровки, $\text{кг}/\text{м}^3$;

ΔI – энтальпия футеровки в начале и конце разогрева, $\text{кДж}/\text{кг}$.

Теплота, теряемая футеровкой в окружающую среду:

$$Q'_{10} = F \cdot (t_g - t_n) \cdot R_\Sigma = 2 \cdot (0,81 \cdot 2) \cdot (200 - 20) \cdot 4,3 = 1300 \text{кДж},$$

где: t_b , t_n – внутренняя и наружная температура футеровки;

R_Σ —суммарное тепловое сопротивление футеровки,

определить которое можно по формуле:

$$R_\Sigma = \sum \frac{1}{\lambda} \cdot S = \frac{1}{1,49} \cdot 641 = 430 \text{м}^2 \text{°C} / \text{Вт}.$$

Теплопроводность шамотного кирпича

$$\lambda_1 = 0,838 + 0,582 \cdot 10^{-3} \cdot t_1 = 0,838 + 0,582 \cdot 10^{-3} \cdot 1130 = 1,49 \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

Теплоту теряемую через пол печи можно принять как 75% от теплоты теряемой через стенки печи:

$$Q'_{11} = 0,75 \cdot q \cdot F_{cm} = 789 \cdot 7,7 = 4558 \text{кДж},$$

где: F – площадь поверхности боковых стенок, определяется как:

$$F_{cm} = (1,2 \cdot 2 + 0,81 \cdot 2) \cdot 2 - 0,48 \cdot 0,7 = 7,7 \text{м}^2.$$

$$4104 + 47520 + 2510 + 34693,04 = 45600 + 15890 + 2510 + 18090 + 2873 + 650 + 1796 + 1300 + 4558$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ионин А. А. Газоснабжение: учеб. для вузов – 4-е изд., переработанное и дополненное – М: Стройиздат, 1989г. – 439с.
2. Стаскевич Н. Л., Северинец Г. Н., Вигдорник Д. Я. Справочник по газоснабжению и использованию газа. Л.: 1990г. – 762с.
3. Мусаев А.М., Барышева О.Б. Методическое пособие к курсовому и дипломному проектированию по курсу: «Газоснабжение» - Казань, 2008.
4. СНиП 2.04.08-87*— Газоснабжение/Госстрой СССР, М.: ЦИТП Госстрой СССР, -1999.- 64с.
5. СНиП 3.05.02-88*— Газоснабжение/Госстрой СССР, М.: ЦИТП Госстрой СССР,-1999.-54с.
6. СНиП 23-01-99 Строительная климатология. -М: НИИСФ. 1999, -67с.
7. Левченко П.В. Расчеты печей и сушил силикатной промышленности: учеб. для вузов – 2-е изд. – М.: Альянс, 2007. – 366 с.