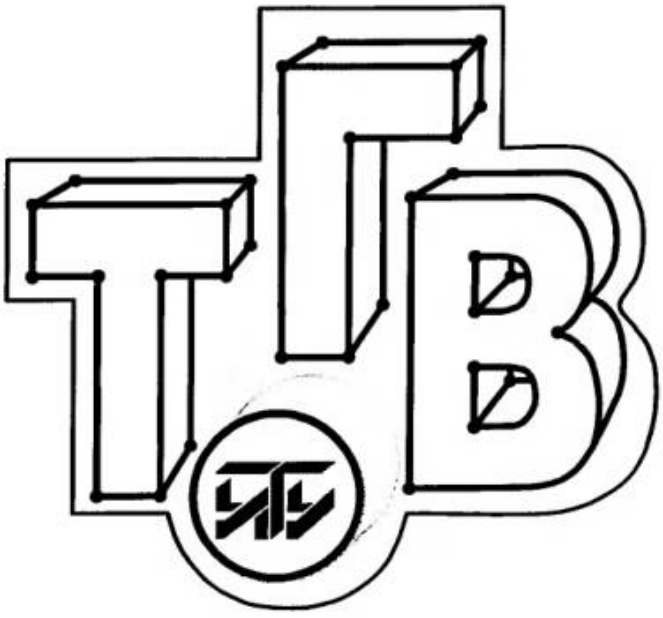
Библиотека СОК

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРОДСКИХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ



УЛЬЯНОВСК 2005

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Ульяновский государственный технический университет

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРОДСКИХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Методические указания к курсовому проекту
по дисциплине «Газоснабжение»
для студентов специальностей 270109, 270100 очной и заочной форм обучения

Составитель **М. Е. Орлов**

Ульяновск 2005

УДК 696.2(076)
ББК 38.7я7
Р24

Рецензент директор филиала «Ульяновскгоргаз» (ООО «Ульяновскгазсервис») В. О. Матвеев.

Одобрено секцией методических пособий научно-методического совета университета.

Расчет и проектирование городских систем газоснабжения: методические указания к курсовому проекту / сост. М. Е. Орлов. – Ульяновск : УлГТУ, 2005. – 52 с.

Р24

Указания к курсовому проекту по дисциплине «Газоснабжение» разработаны в соответствии с рабочей программой для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 270109 «Теплогазоснабжение и вентиляция» и по направлению 270100 «Строительство» (специализация «Теплогазоснабжение и вентиляция»).

Содержат материал для определения состава, объема и последовательности выполнения курсового проекта по газоснабжению населенных пунктов. Приводятся краткие теоретические сведения и подробные указания по выполнению необходимых расчетов, примеры таблиц для оформления результатов числовых вычислений и варианты заданий на курсовой проект. Методические указания предназначены для самостоятельной работы студентов при выполнении курсового проекта, а также могут использоваться при разработке технологической части дипломного проекта.

Работа подготовлена на кафедре ТГВ УлГТУ.

УДК 696.2(076)
ББК 38.7я7

Учебное издание

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРОДСКИХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ
Методические указания

Составитель **ОРЛОВ** Михаил Евгеньевич

Редактор О. С. Якушкина

Подписано в печать 12.10.2005. Формат 60x84/16.
Бумага типографская № 1. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 3,02
Уч.-изд. л. 2,85. Тираж 100 экз. Заказ 1011.
Ульяновский государственный технический университет
432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32.
Типография УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32.

© Орлов М. Е., составление, 2005
© Оформление. УлГТУ, 2005

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для студентов, выполняющих курсовой проект «Газоснабжение района города». Выполнение курсового проекта имеет цель: закрепить теоретический материал по основным вопросам курса «Газоснабжение», приобрести навыки самостоятельной работы в области проектирования систем газоснабжения и опыт работы со справочной и специальной литературой.

В проекте необходимо разработать двухступенчатую систему распределения газа с выполнением первой ступени газопроводами среднего (высокого) давления, а второй – низкого давления. От сети среднего (высокого) давления запроектировать снабжение газом сосредоточенных потребителей: газорегуляторных пунктов (ГРП), котельной, хлебозавода, бани, прачечной. От сети низкого давления проектируется газоснабжение хозяйственно-бытовых и коммунальных потребителей. Городская распределительная сеть низкого давления должна быть запроектирована кольцевой.

В задании на курсовой проект указываются:

1) газифицируемый населенный пункт;
2) номер генплана района строительства;
3) вид покрытия проездов и тротуаров;
4) плотность населения в районе строительства;
5) наружный строительный объем жилых зданий на одного человека;
6) газовое месторождение и состав газа;
7) давление газа в точке подключения городской газовой сети к газораспределительной станции (ГРС);
8) расстояние от ГРС до городской газовой сети;
9) расположение ГРС относительно района города;
10) процент охвата газоснабжением хозяйственно-бытовых, коммунальных и сосредоточенных потребителей.

К заданию на курсовой проект прилагаются: генплан проектируемого района; план расчетного квартала; план газифицируемого здания (жилого дома) с указанием этажности.

Вариант задания выдается преподавателем и состоит из двух частей, например, вариант № 12/07. Пример оформления задания на курсовой проект приведен в прил. 1, а варианты заданий – в прил. 2–4.

В содержание проекта входят:

1. Расчетно-пояснительная записка (объем 25–40 с.), которая должна включать в себя следующие разделы: а) введение; б) расчет характеристик газообразного топлива; в) расчет численности населения проектируемого района; г) расчет потребления газа по зонам застройки; д) трассировка газопроводов и определение оптимального количества ГРП; е) определение путевых и расчетных расходов газа по участкам кольцевой сети; ж) гидравлический расчет газопроводов; з) выводы; и) библиографический список.

2. Графическая часть (объем 2 листа формата А1) должна включать: а) генплан проектируемого района города (М 1:5000) с нанесением газопроводов среднего и низкого давлений, ГРП и горизонталей; б) расчетные схемы газопроводов среднего и низкого давлений с указанием расходов, длин расчетных участков и диаметров; в) план расчетного квартала (М 1:1000) с трассировкой газопроводов низкого давления; г) планы этажей газифицируемого здания (М 1:100 или 1:200) с нанесением газовых сетей, приборов, газовых счетчиков и вентиляционных блоков; д) аксонометрическая схема внутридомового газопровода с указанием расходов, длин расчетных участков и диаметров; е) продольный профиль участка газопровода, пересекающего проезжую часть улицы; ж) рабочий чертеж одного из узлов газопровода (элемента) газовой сети; з) спецификация на материалы и оборудование внутридомового газопровода.

В приложениях к методическим указаниям приводятся также справочные данные, номограммы и таблицы, необходимые для расчетов и проектирования.

1. РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА

Высшая или низшая теплота сгорания сухого газообразного топлива определяется по формуле

$$Q^c = (Q_1 x_1 + Q_2 x_2 + Q_3 x_3 + \ldots + Q_k x_k)/100, \qquad (1.1)$$

где Q^c – теплота сгорания сухого газообразного топлива, кДж/м^3; $Q_1, Q_2, Q_3, \ldots, Q_k$ – теплота сгорания компонентов, составляющих газообразное топливо, кДж/м^3 (прил. 4); $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_k$ – объемные доли компонентов, составляющих газообразное топливо, %.

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

$$\rho^c = (\rho_1 x_1 + \rho_2 x_2 + \rho_3 x_3 + \ldots + \rho_k x_k)/100\ , \qquad (1.2)$$

где ρ^c – плотность сухого газа, кг/м^3; $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \ldots, \rho_k$ – плотности компонентов, кг/м^3.

Относительная плотность сухого газа по воздуху $\rho^c_{отн}$, кг/м^3, равна

$$\rho^c_{отн} = \rho^c / \rho_в\ , \qquad (1.3)$$

где $\rho_в = 1{,}293$ – плотность воздуха при нормальных условиях, кг/м^3.

Расчет объема воздуха, необходимого для сгорания газа производят на основе уравнения горения компонентов, входящих в его состав. Для газообразного топлива, состоящего из углеводородов, уравнение реакции горения представляют в виде

$$C_m H_n + \left(m + \frac{n}{4}\right) O_2 = mCO_2 + \frac{n}{2} H_2O + Q\ , \qquad (1.4)$$

где m, n – число атомов углерода и водорода в углеводородных соединениях; Q – тепловой эффект реакции горения (теплота сгорания).

В общем случае теоретическое количество воздуха, необходимое для сгорания 1 м^3 сухого газа при нормальных физических условиях, равно

$$V^o = 0{,}0476\left[0{,}5CO + 0{,}5H_2 + 1{,}5H_2S + \Sigma\left(m + \frac{n}{4}\right) C_m H_n - O_2\right], \qquad (1.5)$$

где V^o – теоретически необходимое количество воздуха, ($м^3$ возд.)/($м^3$ газа); CO, H_2, H_2S, C_mH_n, O_2 – содержание отдельных компонентов газообразного топлива, %.

Реакции горения, теплоты сгорания и плотности сухих газов при нормальных физических условиях приведены в [1] или прил. 5, 6.

Характеристики газа, определенные по приведенным выше формулам, сводят в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Характеристики газообразного топлива при нормальных физических условиях (T = 273,15 К, P = 101,325 кПа)

Теплота сгорания, кДж/$м^3$		Плотность газа ρ^c, кг/$м^3$	Относительная плотность $\rho_{отн.}$	Теоретически необходимый объем воздуха V^o, $м^3/м^3$
высшая $Q_н^в$	низшая $Q_н^c$			
1	2	3	4	5

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРОЕКТИРУЕМОГО РАЙОНА ГОРОДА

Общая численность населения района подсчитывается, исходя из плотности населения в данном районе и площади каждого квартала.

Плотность населения a_k, чел./га, принимается по заданию (прил. 2), а площадь квартала $F_{кв}$, га, определяется расчетом по генплану.

Численность населения в квартале $N_{кв}$, чел., рассчитывают по формуле

$$N_{кв} = F_{кв} a_k \ . \qquad (2.1)$$

Определяют численность населения по зонам застройки, на которые разбивают газоснабжаемую территорию проектируемого района города. При этом считают газовую нагрузку для каждой зоны равномерно распределенной, но отличающейся для отельных зон значениями удельных часовых расходов, отнесенных к единице площади. В качестве критерия для разделения по зонам должна быть принята степень использования газа в жилых домах. Тогда можно считать, что район города условно разделяется на две зоны: первая – кварталы с домами, в которых проектируются газовые плиты и централизованное горячее водоснабжение от котельной; вторая – кварталы с домами, в которых проектируются газовые плиты и местное горячее водоснабжение от газовых проточных водонагревателей.

Суммируя численность населения каждого квартала, определяют число жителей по зонам застройки $N_{зон}$, чел. и общую численность населения в районе $N_р$, чел. Результаты расчетов сводят в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Результаты расчета численности населения

Номер зоны	Номер квартала по генплану	Площадь квартала $F_{кв}$, га	Плотность населения a_k, чел./га	Число жителей в квартале $N_{кв}$, чел.
1	2	3	4	5
1	1	2,4	350	840
	…	…		…
	7	1,8		630
ИТОГО ПО 1-Й ЗОНЕ:		4,2		1470
2	8	2,1	350	735
	…	…		…
	19	2,5		875
ИТОГО ПО 2-Й ЗОНЕ:		4,6		1610
ВСЕГО:		8,8		3080

Примечание: номера кварталов, их площади, плотность и численность населения приняты условно в качестве примера.

3. РАСЧЕТ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗА

Городские потребители расходуют газ неравномерно. Для выявления особенностей неравномерности расхода газа городских потребителей условно подразделяют на следующие основные категории: а) бытовые (приготовление пищи и нагревание воды в квартирах жилых домов); б) коммунально-бытовые (бани, прачечные, хлебозаводы, общественные, лечебные, детские и прочие учреждения); в) отопление, вентиляция и централизованное горячее водоснабжение жилых, общественных и производственных зданий; г) промышленное потребление для технологических и энергетических нужд предприятия; д) потребление газа электростанциями для выработки электроэнергии, горячей воды и пара.

Расход газа определяют отдельно на каждого потребителя.

3.1. Определение годовых расходов газа

Годовые расходы газа $Q^{год}$, м^3/год, на бытовые нужды определяют по численности населения города (района) и нормам газопотребления на одного человека, а на коммунально-бытовые – в зависимости от пропускной способности предприятия и норм расхода газа по формуле

$$Q^{год} = q \cdot N / Q_н^c \ , \qquad (3.1)$$

где q – норма расхода теплоты на одну расчетную единицу, МДж/год; N – число расчетных единиц; $Q_н^c$ – низшая теплота сгорания газа на сухую массу, МДж/м^3.

Нормы расхода теплоты на одну расчетную единицу приведены в [3, табл. 2] или прил. 7. При определении числа расчетных единиц руководствуются следующими данными [4]:

- на приготовление пищи и горячей воды для бытовых нужд в домашних условиях число расчетных единиц принимают равным 100 % численности населения;
- количество белья, подлежащего стирке в прачечных и жилых домах, определяют по его удельному выходу: 100 кг на человека в год и общей численности населения, при этом считают, что 50 % стирают дома, а 50 % – в прачечных;
- при определении расхода газа на бани исходят из расчета, что человек моется в среднем 1 раз в неделю (52 помывки в год), при этом от 20 до 50 % людей моются в банях;
- число расчетных единиц для предприятий общественного питания определяют из условия, что столовые и рестораны посещают 25–30 % населения, при этом каждый человек потребляет в день 1 обед и 1 ужин (завтрак);
- число расчетных единиц (коек) в больницах следует принимать равным 12 на 1000 человек, а число расчетных единиц (посещений) в поликлиниках – 26 на 1000 жителей;
- расчет расхода газа для хлебозаводов и пекарен следует производить из условия, что объем суточной выпечки на 1000 жителей составляет 0,6–0,8 тонн.

Годовые расходы газа на нужды мелких коммунально-бытовых потребителей (предприятий торговли, бытового обслуживания и т. п.) следует принимать в размере до 5 % суммарного расхода на жилые дома.

Примеры расчетов годового расхода газа на хозяйственные и коммунально-бытовые нужды приведены в табл. 3.1.

По району годовой расход газа, потребляемый сетями низкого давления $Q_{снд}^{год}$, м^3/год, равен

$$Q_{снд}^{год} = Q_{зон(1)}^{год} + Q_{зон(2)}^{год}. \qquad (3.2)$$

Годовой расход газа крупными коммунально-бытовыми потребителями $Q_{кр}^{год}$, м^3/год, равен

$$Q_{кр}^{год} = Q_{б}^{год} + Q_{п}^{год} + Q_{х}^{год}. \qquad (3.3)$$

Всего на бытовые и коммунально-бытовые нужды расходуется $Q_{кб}^{год}$, м^3/год, газа

$$Q_{кб}^{год} = Q_{снд}^{год} + Q_{кр}^{год}. \qquad (3.4)$$

Таблица 3.1

Годовой расход газа на бытовые и коммунально-бытовые нужды

Назначение расходуемого газа	Показатель потребления	Количество расчетных единиц	Норма расхода тепла q, МДж/год	Годовой расход газа $Q^{год}$, м^3/год
Кварталы с газовыми плитами и централизованным ГВС (1-я зона застройки)				
На приготовление пищи и хозяйственные нужды в жилых домах	На 1 чел. в год	Число жителей N_1	2800	$Q_1^{год} = N_1 \frac{2800}{Q_н^с}$
Больницы – для приготовления пищи и горячей воды	На 1 койку в год	$N_2 = \frac{12N_1}{1000}$	12 400	$Q_2^{год} = N_2 \frac{12\,400}{Q_н^с}$
Поликлиники – для процедур	На 1 посетителя в год	$N_3 = \frac{26N_1}{1000}$	83	$Q_3^{год} = N_3 \frac{83}{Q_н^с}$
Столовые и рестораны	На 1 обед и 1 завтрак	$N_4 = 0{,}3 \cdot N_1 \cdot 365$	6,3	$Q_4^{год} = N_4 \frac{6{,}3}{Q_н^с}$
ИТОГО: $Q_{зон(1)}^{год} = 1{,}05Q_1^{год} + \sum_{i=2}^{n} Q_i^{год}$				
Кварталы с газовыми плитами и проточными водонагревателями (2-я зона застройки)				
На приготовление пищи и хозяйственные нужды в жилых домах	На 1 чел. в год	Число жителей N_5	8000	$Q_5^{год} = N_5 \frac{8000}{Q_н^с}$
…	…	…	…	…
ИТОГО: $Q_{зон(2)}^{год} = 1{,}05Q_5^{год} + \sum_{i=6}^{m} Q_i^{год}$				
Годовые расходы газа крупными коммунально-бытовыми потребителями				
Бани	На 1 помывку	$N_б = 0{,}4(N_1 + N_5)52$	40	$Q_б^{год} = N_б \frac{40}{Q_н^с}$
Прачечные	На 1 т сухого белья	$N_п = \frac{0{,}5(N_1 + N_5)100}{1000}$	18 800	$Q_п^{год} = N_п \frac{18\,800}{Q_н^с}$
Хлебозавод	На 1 т изделий	$N_х = \frac{0{,}7(N_1 + N_5)365}{1000}$	5450	$Q_х^{год} = N_х \frac{5450}{Q_н^с}$

Примечания: 1) коэффициент 1,05 учитывает расход газа на нужды мелких коммунально-бытовых потребителей;

2) в таблице процент потребления газа на различные нужды указан условно, в проекте его нужно принимать по заданию.

Годовые расходы газа на технологические и энергетические нужды промышленных, коммунально-бытовых и сельскохозяйственных предприятий определяют по удельным нормам расхода топлива, объему выпускаемой продукции и величине фактического топливопотребления. Расход газа определяют отдельно для каждого предприятия.

Годовой расход газа на котельную складывается из расходов газа на отопление, горячее водоснабжение и принудительную вентиляцию зданий во всем районе.

Годовой расход газа на отопление $Q_{от}^{год}$, м^3/год, жилых и общественных зданий рассчитывают по формуле [5]

$$Q_{год}^{от} = \frac{a \cdot q_o \left(t_в - t_{ср.от}\right) \cdot V_н \cdot 24 \cdot n_{от}}{Q_н^c \cdot \eta} , \qquad (3.5)$$

где a – поправочный коэффициент принимается в зависимости от температуры наружного воздуха по табл. 3.2; q_o – удельная отопительная характеристика здания принимается 1,26–1,67 для жилых зданий в зависимости от этажности, кДж/(м^3·ч·°С); $t_в$ – температура внутреннего воздуха, °С; $t_{ср.от}$ – средняя температура наружного воздуха в отопительный период [6], °С; $n_{от}$ – продолжительность отопительного периода, сут.; $V_н$ – наружный строительный объем отапливаемых зданий, м^3; $Q_н^c$ – низшая теплота сгорания газа на сухую массу, кДж/м^3; η – КПД теплоиспользующей установки, принимается 0,8–0,9 для отопительной котельной.

Наружный строительный объем отапливаемых зданий можно определить как

$$V_н = V_o N_p , \qquad (3.6)$$

где V_o – объем жилых зданий на человека, принимается равным 60 м^3/чел, если нет других данных; N_p – количество жителей в районе, чел.

Таблица 3.2

Значения поправочного коэффициента a в зависимости от температуры наружного воздуха

$t_{н5}$, °С	–10	–15	–20	–25	–30	–35	–40	–50
a	1,45	1,20	1,17	1,08	1,00	0,95	0,85	0,82

Годовой расход газа на централизованное горячее водоснабжение (ГВС) $Q_{ГВС}^{год}$, м^3/год, от котельных определяют по формуле [4]

$$Q_{ГВС}^{год} = \frac{24 \cdot q_{ГВС}\left[n_{от} + (350 - n_{от}) \cdot (60 - t_{хл})/(60 - t_{хз}) \cdot \beta\right] \cdot N}{Q_н^с \cdot \eta}, \qquad (3.7)$$

где $q_{ГВС}$ – укрупненный показатель среднечасового расхода тепла на ГВС на 1 чел. принимается по [7], кДж/(чел·ч); N – число жителей, пользующихся централизованным ГВС; $t_{хл}$, $t_{хз}$ – температура холодной воды в летний и зимний период, °С, принимается $t_{хл}$= 15 °С; $t_{хз}$= 5 °С; $Q_н^с$ – низшая теплота сгорания газа на сухую массу, кДж/м^3; β – коэффициент, учитывающий снижение расхода горячей воды в летний период в зависимости от климатической зоны, принимается от 0,8 до 1.

Годовой расход газа на принудительную вентиляцию общественных зданий $Q_в^{год}$, м^3/год, можно определить из выражения

$$Q_в^{год} = \frac{q_в\left(t_в - t_{ср.в.}\right) \cdot V_н \cdot 24 \cdot n_{от}}{Q_н^с \cdot \eta}, \qquad (3.8)$$

где $q_в$ – удельная вентиляционная характеристика здания, может быть принята 0,837 кДж/(м^3·ч·°С) или по [5]; $t_{ср.в.}$ – средняя температура наружного воздуха для расчета вентиляции, °С, (допускается принимать $t_{ср.в.} = t_{ср.от}$).

Годовой расход газа на вентиляцию также можно рассчитать в зависимости от расхода газа на отопление по формуле

$$Q_в^{год} = (0{,}1 \div 0{,}2) \cdot Q_{от}^{год}. \qquad (3.9)$$

Общий годовой расход газа районом $Q_{район}^{год}$, м^3/год, без промышленных потребителей составляет

$$Q_{район}^{год} = Q_{кб}^{год} + Q_{от}^{год} + Q_{ГВС}^{год} + Q_в^{год}. \qquad (3.10)$$

На этот расход рассчитывается газораспределительная станция.

3.2. Определение расчетных часовых расходов газа

Часовой расход газа на бытовые и коммунально-бытовые нужды $Q_i^ч$, м^3/ч, определяют как долю суммарного годового расхода газа на эти нужды по формуле [4]

$$Q_i^ч = K_m Q_i^{год}, \qquad (3.11)$$

где $Q_i^{год}$ – годовой расход газа на бытовые или коммунально-бытовые нужды, м^3/ч; K_m – коэффициент часового максимума (перехода от годового расхода газа к максимальному часовому).

Значения коэффициентов часового максимума расходов газа на бытовые нужды (без отопления) в зависимости от числа жителей, снабжаемых газом, и на коммунально-бытовые нужды приведены в [3] или в прил. 8, 9.

Средний часовой расход газа на отопление $Q_{от}^{ч}$, м^3/ч, подсчитывается путем деления годового расхода газа на число часов использования максимума

$$Q_{от}^{ч} = Q_{от}^{год} / m_{от}\ , \tag{3.12}$$

$$m_{от} = \frac{24n_{от}\left(t_в - t_{ср.от}\right)}{\left(t_в - t_{н5}\right)}\ , \tag{3.13}$$

где $m_{от}$ – число часов использования максимума, ч; $t_{н5}$ – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, °С.

Часовой расход газа на централизованное ГВС $Q_{ГВС}^{ч}$, м^3/ч, принимают равным

$$Q_{ГВС}^{ч} = \frac{2{,}2 \cdot q_{ГВС} \cdot N}{Q_н^c \cdot \eta}\ , \tag{3.14}$$

где N – число жителей, пользующихся централизованным ГВС.

Средний часовой расход газа на принудительную вентиляцию жилых и общественных зданий $Q_в^{ч}$, м^3/ч, определяют по формуле

$$Q_в^{ч} = Q_в^{год} /(24n_{от})\ . \tag{3.15}$$

Часовой расход газа на котельную в целом $Q_{кот}^{ч}$, м^3/ч, составит

$$Q_{кот}^{ч} = Q_{от}^{ч} + Q_{ГВС}^{ч} + Q_в^{ч}. \tag{3.16}$$

Часовой расход газа сетями низкого давления $Q_{снд}^{ч}$, м^3/ч, определяют как

$$Q_{снд}^{ч} = Q_{зон(1)}^{ч} + Q_{зон(2)}^{ч}, \tag{3.17}$$

где $Q_{зон(1)}^{ч}$, $Q_{зон(2)}^{ч}$ – часовые расходы газа в первой и во второй зонах застройки, м^3/ч.

Общий часовой расход газа для нужд района города $Q^{ч}_{район}$, м^3/ч, равен

$$Q^{ч}_{район} = Q^{ч}_{снд} + Q^{ч}_{кот} + Q^{ч}_{б} + Q^{ч}_{п} + Q^{ч}_{х} \ . \qquad (3.18)$$

Результаты расчетов часовых расходов газа удобно свести в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Результаты расчета часовых расходов газа

Назначение расходуемого газа	Годовой расход газа $Q^{год}$, м^3/год	Коэффициент часового максимума K_m	Часовой расход газа $Q^{ч}$, м^3/год
Бытовое и коммунально-бытовое потребление	$Q^{год}_{зон(1)}$	$K^{кб}_m$ (по прил. 8)	$Q^{год}_{зон(1)} \cdot K^{кб}_m$
	$Q^{год}_{зон(2)}$	$K^{кб}_m$ (по прил. 8)	$Q^{год}_{зон(2)} \cdot K^{кб}_m$
		ИТОГО:	$Q^{ч}_{снд}$
Бани	$Q^{год}_{б}$	1/2700	$Q^{год}_{б} \cdot K^{бан.}_m$
Прачечные	$Q^{год}_{п}$	1/2900	$Q^{год}_{п} \cdot K^{прач.}_m$
Хлебозавод	$Q^{год}_{х}$	1/6000	$Q^{год}_{х} \cdot K^{хз}_m$
Котельная	$Q^{год}_{кот}$	–	$Q^{ч}_{кот}$
		ИТОГО:	$Q^{ч}_{район}$

3.3. Определение удельных часовых расходов газа

Для определения расчетного расхода газа на площадь каждого квартала необходимо рассчитать удельный расход газа на одного человека по зонам застройки $e_{зон}$, м^3/(ч·чел), которые вычисляются по следующей формуле:

$$e_{зон} = Q^{ч}_{зон} / N_{зон} \ , \qquad (3.19)$$

где $Q^{ч}_{зон}$ – расчетные часовые расходы газа на бытовые и коммунально-бытовые нужды в зоне застройки, м^3/ч; $N_{зон}$ – число жителей в первой и во второй зонах застройки, чел.

Расчетный часовой расход газа по каждому кварталу $Q^{ч}_{кв}$, м^3/ч, равен

$$Q^{ч}_{кв} = N_{кв} \cdot e_{зон} \ . \qquad (3.20)$$

Сумму расходов газа по кварталам зоны, а затем всех зон застройки сопоставляют с часовым расчетным расходом, найденным по формуле (3.17) (см. табл. 3.3). Эти расходы должны сходиться (первая проверка сходимости расходов газа). Дальнейшие расчеты необходимо выполнять только после указанной проверки сходимости расходов газа.

Удельный часовой расход газа на одного человека, учитывающий потребителей, подсоединенных к сетям низкого давления e, м^3/(ч·чел), равен

$$e = Q^{ч}_{снд} / N_p \,, \qquad (3.21)$$

где $Q^{ч}_{снд}$ – часовой расход газа, транспортируемый сетями низкого давления, м^3/ч; N_p – количество жителей в районе, чел.

4. ТРАССИРОВКА ГАЗОВЫХ СЕТЕЙ

Трассы газопроводов проектируют из условия минимальной протяженности сети. При этом газопроводы высоких давлений стараются прокладывать по окраинным районам города, где небольшая плотность населения и меньшее число подземных сооружений.

Сети низкого давления состоят из уличных распределительных газопроводов, абонентских ответвлений, подводящих газ к зданию и внутридомовых газопроводов, которые распределяют газ между отдельными приборами внутри здания. Плотность распределительных газопроводов принимают такой, чтобы длина абонентских ответвлений до вводов в здания была 50–100 м. Жилые и общественные здания, коммунально-бытовые потребители, а также мелкие предприятия присоединяют непосредственно к распределительным газопроводам.

Для повышения надежности газоснабжения сети кольцуют. В сетях низкого давления целесообразно кольцевать только распределительные газопроводы, а второстепенные газопроводы (абонентские ответвления) выполнять тупиковыми разветвленными.

При трассировке сетей низкого давления необходимо на генплане определить главный проезд района. Затем, учитывая, что газопроводы по главным проездам не прокладывают, по соседним параллельным проездам (через один) наметить трассы газопроводов. Точно также наметить трассы и в перпендикулярном к главному проезду направлении. После анализа лишние трассы газопроводов убирают.

Число газорегуляторных пунктов определяют технико-экономическим расчетом. Их располагают в центрах зон, которые они питают. Зона действия одного ГРП не должна перекрываться зоной действия другого. Точки встречи потоков газа в системе с несколькими ГРП назначают на границе зон соседних ГРП.

Под радиусом действия ГРП $R_{ГРП}$, м, понимают среднее расстояние по прямой от ГРП до точек встречи потоков газа на границе раздела

$$R_{ГРП} = \sqrt{F / 2n} \ , \qquad (4.1)$$

где F – газифицируемая площадь населенного пункта (района), включающая площадь проездов, м^2; n – количество ГРП, шт.

При проектировании многоступенчатых систем газоснабжения возникает вопрос об экономически оптимальном радиусе действия ГРП $R_{ГРП}^{опт}$, м. С увеличением числа ГРП уменьшается стоимость сети низкого давления, но повышается их общая стоимость, а также стоимость сети среднего (высокого) давления, которая питает ГРП. Наиболее экономичным считается $R_{опт}$= 400–800 м.

Расчет количества ГРП производят по методике, изложенной в [1], либо поступают следующим образом. Задаются значением $R_{опт}$ и определяют оптимальную пропускную способность (нагрузку) одного ГРП $Q_{опт}$, м^3/ч, по формуле

$$Q_{опт} = a_k e R_{опт}^2 / 5000 \ . \qquad (4.2)$$

Пропускная способность газорегуляторного пункта обычно составляет 1000–3000 м^3/ч. Определив пропускную способность одного ГРП, рассчитывают их количество

$$n = Q_{снд}^{ч} / Q_{опт} \ . \qquad (4.3)$$

Если в проекте не удается выдержать оптимальное количество ГРП, то лучше запроектировать меньшее число станций [4].

После нанесения трассы газопроводов низкого давления выделяют замкнутые контуры, которые должны составить основную кольцевую часть сети. По этим контурам направляют основные транзитные потоки. По участкам, представляющим внутренние пересечения этих контуров, транзитные потоки не направляют.

Точку питания (ГРП) располагают в центре главных контуров и так, чтобы потоки газа были направлены к потребителям по возможности кратчайшим путем. Точки встречи потоков располагают диаметрально противоположно точке питания.

При определении точек встречи потоков необходимо стараться выполнить условие увязки ветвей. Оно заключается в равенстве длин участков газопроводов от ГРП до точек встречи потоков и от точек разветвления до точек встречи потоков.

Обратное движение газа (в сторону того же ГРП) при выборе точек встречи потоков не допускается. В противном случае схема газовой сети получится не экономичной.

Пронумеровав точки встречи потоков по всем направлениям движения газа, приступают к разбивке сети на расчетные участки. Удобно точки встречи потоков и точки разделения расчетных участков располагать на пересечении уличных проездов. Порядок нумерации произвольный, так как он на результаты расчетов влияния не оказывает.

Головные участки, примыкающие к точке питания должны быть взаимосвязанными, поэтому их расчетные расходы принимают примерно одинаковыми.

Расчетные схемы газопроводов низкого и среднего (высокого) давлений в масштабе генплана вычерчиваются отдельно.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ ГАЗА НА УЧАСТКАХ КОЛЬЦЕВЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

5.1. Методика расчета кольцевых сетей низкого давления

При проектировании применяют следующую методику расчета кольцевых сетей низкого давления:

1) на основании известных часовых расходов потребляемого газа и разработанной схемы газопроводов вычисляют сосредоточенные часовые расходы, которые потребляются на площадях каждого контура газовой сети;
2) по известным сосредоточенным расходам газа вычисляют удельные путевые расходы для всех контуров питания потребителей;
3) используя найденные значения удельных путевых расходов по контурам сети, определяют путевые расходы для всех участков газопровода;
4) на основании путевых расходов и заданного начального распределения потоков в сети определяют расчетные расходы газа для всех участков сети;
5) производят гидравлический расчет газопроводов низкого давления, целью которого является подбор диаметров и определение потерь давления:
   а) подбирают диаметры главных контуров, проверяя при этом полноту использования расчетного перепада от точки питания до точки встречи потоков;
   б) подбирают диаметры участков внутриквартальных и внутридомовых газопроводов, проверяя полное использование заданного перепада давления.

5.2. Порядок определения сосредоточенных и удельных путевых расходов газа по контурам газовой сети

1. В масштабе генплана вычерчивается расчетная схема газовой сети низкого давления с произвольной нумерацией колец. В каждом кольце должен быть свой постоянный удельный часовой расход газа $e_{зон}$, м^3/(ч·чел).

2. Вычисляются сосредоточенные часовые расходы, которые потребляются на площадях каждого кольца $Q_к$, м^3/ч. Для этого суммируют расчетные часовые расходы кварталов, находящихся в контуре кольца и прилегающих к нему. Расчетные часовые расходы по каждому кварталу определяются по формуле (3.20).

Сумма часовых расходов, приходящихся на площади всех колец $\Sigma Q_к$, м^3/ч, должна сходиться с часовым расходом газа $Q^ч_{снд}$, м^3/ч, определенным с помощью коэффициента часового максимума K_m (см. табл. 3.3) – (вторая проверка сходимости расходов газа).

3. Используя кольцевую расчетную схему, определяют длины контуров (периметры) каждого кольца $L_к$, м.

4. Рассчитывают удельные путевые расходы q_l, м^3/(ч·м) для каждого кольца по формуле

$$q_l = Q_к / L_к \ . \qquad (5.1)$$

При двухсторонней раздаче газа удельный расход участка равен сумме удельных путевых расходов газа по обе стороны участка.

5. Удельные путевые расходы каждого кольца записывают в расчетной схеме газовой сети. Результаты расчетов сводят в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Результаты расчетов удельных путевых расходов газа по периметрам колец газовой сети

Номер контура (кольца)	Номера кварталов, входящих в контур	Расчетные расходы газа по кварталам $Q_{кв}$, м^3/ч	Длина контура $L_к$, м	Удельный путевой расход газа q_l, м^3/(ч·м)
1	2	3	4	5
I	1, 4, 5, 9, 12, 15, 17, …	$Q_{кв1} = \ldots$; $Q_{кв4} = \ldots$; … и т.д.	$L_к^I = \ldots$	$q_l^I = Q_к^I / L_к^I$
	$Q_к^I = \sum_{i=1}^{n} Q_{кв\,i}$			
II				
ИТОГО: $\Sigma Q_к = Q^ч_{снд}$				

Примечание: номера кварталов приняты условно.

5.3. Определение путевых расходов газа на участках кольцевой сети

Количество газа, поступающего к потребителям по длине (пути) расчетного участка, называется путевым расходом Q_n, м^3/ч. Путевой расход включает в себя всех мелких потребителей и ответвления, питающие группы мелких коммунально-бытовых потребителей. Путевые расходы определяют в предположении, что на газифицируемых территориях бытовые и мелкие коммунально-бытовые потребители распределены по всей территории равномерно, а их интенсивность определяется плотностью населения.

Поэтому путевой расход для каждого участка кольцевой сети Q_n, м^3/ч, принимают пропорциональным его длине

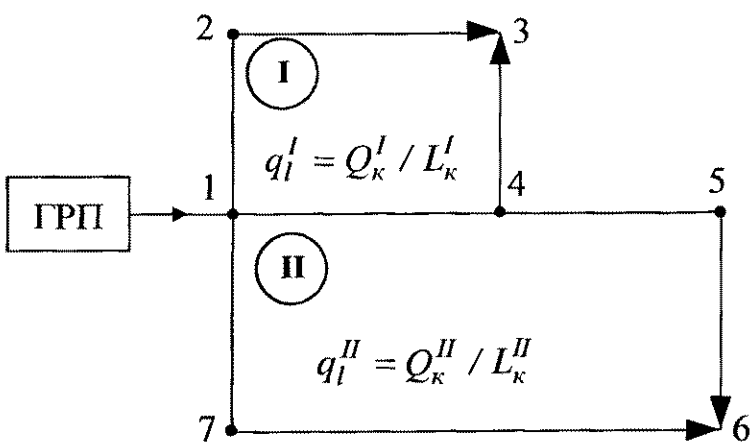
$$Q_n = q_l \cdot l_{уч} \ , \tag{5.2}$$

где $l_{уч}$ – длина расчетного участка, м.

Рассмотрим пример определения путевых расходов для отдельных участков системы газоснабжения, представленной на рис. 5.1.

Путевой расход газа Q_n^{4-1} на участке *4–1*, являющемся граничным между двумя кольцами, определяется произведением суммы удельных расходов этих колец на длину l_{4-1} граничного участка.

Сумма путевых расходов по отдельным расчетным участкам всех контуров (колец) должна сходиться с часовым расходом газа в сети низкого давления $Q^{ч}_{снд}$, м^3/ч (третья проверка сходимости расходов газа).



$$L_к^I = l_{1-2} + l_{2-3} + l_{3-4} + l_{4-1},$$

$$Q_n^{2-3} = q_l^I \cdot l_{2-3},$$

$$Q_n^{1-4} = \left(q_l^I + q_l^{II}\right) \cdot l_{1-4},$$

$$q_l^I = Q_к^I / L_к^I,$$

$$Q_n^{1-2} = q_l^I \cdot l_{1-2}.$$

Рис. 5.1. Принципиальная схема кольцевой газораспределительной сети низкого давления

Результаты расчетов путевых расходов сводят в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Результаты определения путевых, транзитных и расчетных расходов газа

Индекс участка	Длина участка l, м	Удельный путевой расход газа q_l, м^3/(ч·м)	Расходы газа, м^3/ч			
			Q_n	$0{,}5 \cdot Q_n$	Q_m	Q_p
1–2						
…						

ИТОГО: $\sum Q_n = Q^{ч}_{снд}$

5.4. Определение расчетных часовых расходов газа на участках кольцевой сети

В действительных газопроводах помимо сосредоточенных потребителей, присоединяемых в узлах сети, имеются путевые расходы. Вследствие этого возникает необходимость в специальной методике определения расчетных часовых расходов газа для участка сети. В общем случае расчетный часовой расход газа определяют по формуле [4]

$$Q_p = Q_m + \alpha Q_n \,, \tag{5.3}$$

где Q_p, Q_m, Q_n – соответственно расчетный, транзитный и путевой расходы газа на участке, м^3/ч; α – коэффициент, зависящий от соотношения Q_n и Q_m и числа мелких потребителей, составляющих Q_n. Для распределительных газопроводов $\alpha = 0{,}5$.

На рис. 5.2 представлены различные варианты присоединения потребителей к участку газопровода.

На рис. 5.2, а представлена схема присоединения потребителя в узлах. Узловая нагрузка в конце участка включает и нагрузку потребителей, присоединенных к этому узлу, и расход газа, подаваемого в соседний участок. Для рассматриваемого участка длиной l эта нагрузка является транзитным расходом Q_m. В этом случае $Q_p = Q_m$.

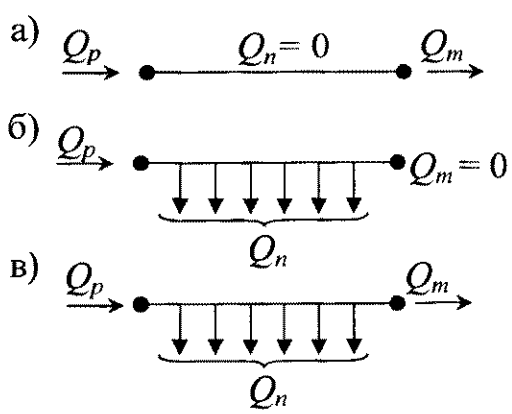


Рис. 5.2. Варианты присоединения потребителей к участку газопровода

На рис. 5.2, б показан участок газопровода, к которому подсоединено большое число мелких потребителей, то есть путевая нагрузка Q_n.

Транзитного расхода участок не имеет, значит и расчетный расход $Q_p = \alpha Q_n$.

На рис. 5.2, в показан общий случай расхода газа на участке, когда участок имеет и путевой и транзитный расходы, в этом случае расчетный расход определяется по формуле (5.3).

При определении расчетных расходов по участкам действительных газопроводов встречаются трудности вычисления транзитных расходов.

Рассмотрим пример определения расчетных расходов газа для участков 3–2, 2–1, ГРП–1, изображенных на рис. 5.1:

$$Q_p^{3-2} = Q_m^{3-2} + \alpha Q_n^{3-2}, \qquad Q_m^{3-2} = 0, \qquad Q_n^{3-2} = q_l^l \cdot l_{3-2};$$

$$Q_p^{2-1} = Q_m^{2-1} + \alpha Q_n^{2-1}, \qquad Q_m^{2-1} = Q_n^{3-2}, \quad Q_n^{2-1} = q_l^l \cdot l_{2-1};$$

$$Q_p^{ГРП-1} = Q_m^{ГРП-1} + \alpha Q_n^{ГРП-1}, \quad Q_m^{ГРП-1} = \sum_{i=1}^{8} Q_{ni}, \quad Q_n^{ГРП-1} = 0,$$

$$Q_m^{ГРП-1} = Q_n^{3-2} + Q_n^{2-1} + Q_n^{4-1} + Q_n^{3-4} + Q_n^{6-5} + Q_n^{5-4} + Q_n^{6-7} + Q_n^{7-1}.$$

Вычисление транзитных расходов по участкам следует начинать от точки встречи потока, перемещаясь против движения газа к точке питания сети (ГРП). При этом необходимо учитывать следующее:

1) транзитный расход на предыдущем участке равен сумме путевых расходов всех последующих до точки встречи потоков участков;
2) для случая слияния потоков транзитный расход на каждом из предыдущих участков равен путевому расходу последующего участка, взятому с коэффициентом 0,5;
3) при разделении потока транзитный расход на предыдущем участке равен сумме путевых расходов всех последующих (за точкой разделения до точек встречи) участков.

Результаты вычислений расчетных расходов газа сводят в табл. 5.2. Участки в таблице могут записываться в произвольной последовательности или в такой последовательности, в которой определяют транзитные расходы.

Для внутриквартальных, дворовых, внутридомовых газовых сетей расчетный часовой расход газа Q_p, м^3/ч, следует определять по сумме номинальных расходов газа приборами с учетом коэффициента одновременности их действия [3] (см. п. 6.5 настоящих методических указаний).

6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ГАЗОПРОВОДОВ

6.1. Основные понятия и расчетные уравнения

Целью любого гидравлического расчета является подбор диаметров газопроводов и определение потерь давления в них. Процесс движения газа в трубопроводах можно считать стационарным и изотерическим, а его температуру принимать равной температуре грунта, в котором уложен газопровод [3].

В этом случае неизвестными параметрами движения газа будут являться абсолютное давление P, Па, плотность ρ, кг/м^3, и скорость υ, м/с.

При определении трех неизвестных P, ρ и υ используют уравнения Бернулли, неразрывности, состояния и формулы Дарси-Вейсбаха и Вейсбаха для вычисления потерь давления.

При расчетах газовых сетей условно рассматривают прямолинейные цилиндрические трубопроводы. При этом величину потерь давления в местных сопротивлениях при расчетах уличных распределительных газопроводов учитывают путем увеличения расчетной длины на 5–10 %, а при расчете внутридомовых газопроводов, где необходим более точный учет потерь давления, используют метод эквивалентных длин.

Если рассматривать движение газа в цилиндрической трубе постоянного сечения и при этом пренебречь массовыми силами (весом), то уравнение Бернулли обратится в тождество. В этом случае из названных пяти уравнений останутся три: Дарси–Вейсбаха, неразрывности и состояния. Эти уравнения записывают соответственно в виде

$$dP = -\frac{\lambda}{d_в}\frac{\rho\upsilon^2}{2}dl, \tag{6.1}$$

$$\rho \cdot \upsilon \cdot S = \rho_o \cdot \upsilon_o \cdot S = \rho_o Q_o, \tag{6.2}$$

$$\frac{P}{T\rho} = \frac{P_o}{T_o \rho_o}. \tag{6.3}$$

В формулах (6.1.–6.3): λ – коэффициент гидравлического трения (зависит от режима движения [1]); dl – элементарный участок газопровода, м; Q – объемный расход газа, м^3/ч; $d_в$ – внутренний диаметр газопровода, м; T – абсолютная температура, К; S – площадь поперечного сечения трубы, м^2. Индекс «o» – означает, что параметры взяты для нормальных условий.

Используя формулу Альтшуля для определения λ при турбулентном режиме движения в газопроводах среднего и высокого давления, из системы уравнений (6.1.–6.3) получим выражение

$$P_н^2 - P_к^2 = 1{,}4 \cdot 10^{-5}\left(\frac{k_э}{d_в} + 1922\frac{\nu_o d_в}{Q_o}\right)^{0{,}25}\frac{Q_o^2}{d_в^5}\rho_o l_р, \tag{6.4}$$

где $P_н$ и $P_к$ – абсолютное давление газа в начале и в конце участка газопровода, МПа; $k_э$ – эквивалентная абсолютная шероховатость внутренней поверхности трубы, м; ν_o – коэффициент кинематической вязкости газа при нормальных физических условиях, м^2/с; $l_р$ – расчетная длина газопровода, м.

Гидравлический расчет газопроводов низкого давления производят по следующей формуле [1]:

$$P_н - P_к = 69\left(\frac{k_э}{d_в} + 1922\frac{\nu_o d_в}{Q_o}\right)^{0,25}\frac{Q_o^2}{d_в^5}\rho_o l_p\ , \qquad (6.5)$$

где $P_н$ и $P_к$ – абсолютное давление газа в начале и в конце участка газопровода, Па.

Падение давления в местных сопротивлениях при расчете наружных газопроводов допускается учитывать путем увеличения расчетной длины участка газопровода на 5–10 %[3, прил. 5*, п. 8].

Выполнение вычислений по формулам (6.1.–6.5) представляет определенную сложность. Для облегчения расчетов на основании этих формул разработаны номограммы и таблицы [1, 4, 5] (см. также прил. 10, 11).

Расчет по формуле (6.4) или соответствующей ей номограмме обычно сводится к определению разности $(P_н^2 - P_к^2)$ при известных длине участка газопровода l_p, расходе Q_o и диаметре трубы $d_в$. Если заданы значения $P_н$, $P_к$, l_p и Q_o, то определяют диаметр $d_в$.

Расчет по формуле (6.5) или соответствующей ей номограмме обычно сводят к определению диаметра участка газопровода при известных расходе Q и удельной потере давления $\Delta P/l$ на этом участке.

Для надземных и внутренних газопроводов с учетом степени шума, создаваемого движением газа, следует принимать скорость движения газа в трубах не более 7, 15 и 25 м/с соответственно для газопроводов низкого, среднего и высокого давления [3, прил. 5].

6.2. Определение расчетного перепада давления для газовых сетей низкого давления

К городским сетям низкого давления потребителей присоединяют, как правило, непосредственно. Для нормальной работы потребителей желательно перед ними иметь номинальное давление газа P_o, Па. В действительности давление газа перед потребителями несколько отличается от номинального.

Обозначим допустимую степень перегрузки и недогрузки газоиспользующих установок через K_1 и K_2, тогда

$$P_{max} = K_1 P_o\ , \qquad (6.6)$$

$$P_{min} = K_2 P_o\ , \qquad (6.7)$$

$$\Delta P_p = P_{max} - P_{min} = (K_1 - K_2)P_o\ , \qquad (6.8)$$

где ΔP_p – расчетный (суммарный) перепад давлений на участке от ГРП до самого удаленного газового прибора в здании, Па; P_{max}, P_{min} – соответственно максимально и минимально допустимые давления газа перед газовым прибором, Па.

Учитывая технические показатели газовых горелок и технологические требования, предъявляемые к коммунально-бытовым установкам, коэффициент K_2 можно принять равным 0,65–0,7. Это соответствует недогрузке приборов примерно на 20 %. Однако при таких значениях K_2 пик потребления будет значительно неудовлетворен. Поэтому за расчетное значение целесообразно принимать $K_2 = 0{,}8$. Коэффициент перегрузки K_1 принимают равным 1,5 [4].

Таким образом, расчетный перепад для сети низкого давления (включая абонентское ответвление, ввод, внутридомовую разводку и потери давления в приборе до горелки) составит

$$\Delta P_p = (1{,}5 - 0{,}8)P_o = 0{,}7P_o \ . \qquad (6.9)$$

При выполнении гидравлических расчетов рекомендуется принимать $P_o = 2000$ Па и $\Delta P_p = 1800$ Па [3].

Значения расчетных перепадов давления природного газа в газопроводах низкого давления приведены в прил. 12.

6.3. Расчет уличных распределительных кольцевых сетей низкого давления

Задачей расчета является определение диаметров отдельных участков уличных распределительных газопроводов. Расчет производят в следующей последовательности.

1. По прил. 12 данных методических указаний принимают общие допустимые потери давления (суммарный перепад давления) в уличных газопроводах $\Delta P_{ул}^{общ} = 1200$ Па, в соответствии с [3].

2. Потери давления на местные сопротивления принимают равными 10 % общих потерь, тогда потери давления на трение $\Delta P_{ул}^{тр}$, Па, составят

$$\Delta P_{ул}^{тр} = 0{,}9 \cdot \Delta P_{ул}^{общ} \ . \qquad (6.10)$$

3. Определяют средние удельные потери давления или гидравлические уклоны (потери давления на 1 м длины) R, Па/м, на расчетной ветви или полукольце

$$R = \Delta P_{ул}^{тр} / L \ , \qquad (6.11)$$

где $L = \sum_{i=1}^{k} l_i$ – длина полукольца газопровода от ГРП до точки встречи потоков (нулевых точек), м; l_i – длина i-го участка газопровода, м; k – количество участков, составляющих полукольцо.

Например, для полукольца *ГРП–1–4–3* контура *I* (см. рис. 5.1) средняя удельная потеря давления равна

$$R_I^- = \frac{\Delta P_{ул}^{тр}}{L_{ветви}} = \frac{1080}{l_{ГРП-1} + l_{1-4} + l_{4-3}} . \qquad (6.12)$$

Для полукольца *ГРП–1–4–5–6* расчет необходимо производить с учетом того, что на участках *ГРП–1* и *1–4* удельные потери равны R, и остается определить удельные потери только на участках *4–5* и *5–6*. Их определяют следующим образом:

$$R_{II}^+ = \frac{\Delta P_{ул}^{тр} - \Delta P_{ГРП-1-4}}{L_{ветви}} = \frac{1080 - (l_{ГРП-1} + l_{1-4})R_I^-}{l_{4-5} + l_{5-6}} . \qquad (6.13)$$

В формулах (6.12) и (6.13) верхние индексы «+» и «–» указывают направление обхода по часовой и против часовой стрелки соответственно.

4. По расчетным расходам газа Q_i^p, м^3/ч, и гидравлическим уклонам R, Па/м, определяют диаметры участков трубопроводов по номограмме, приведенной в [4] или прил. 10, а также с помощью таблиц из справочника [1].

5. По этой же номограмме определяют действительные удельные потери давления на трение $R_д$, Па/м, которые соответствуют расчетным расходам газа и подобранным диаметрам участков газопроводов. Если плотность газа не соответствует плотности, указанной в номограмме, тогда определяют $R_д^*$

$$R_д^* = \frac{R_д \rho_г}{\rho_н} , \qquad (6.14)$$

где $\rho_г$, $\rho_н$ – действительная и указанная в номограмме плотности газа, кг/м^3.

6. Определяют общие потери давления на участках газопроводов $\Delta P_i^{общ}$, Па, с учетом потерь в местных сопротивлениях по формуле

$$\Delta P_i^{общ} = 1{,}1 \cdot R_д^* \cdot l_i . \qquad (6.15)$$

Здесь коэффициент 1,1 учитывает потери давления в местных сопротивлениях.

7. Определяют суммарные потери давления на полукольцах (в расчетной ветви) $\sum \Delta P^{общ}$, Па, и сравнивают их с суммарным перепадом давления в уличной сети, тем самым определяя невязку δ, %

$$\delta = \frac{\Delta P_{ул}^{общ} - \sum \Delta P^{общ}}{\Delta P_{ул}^{общ}} \cdot 100\% \ . \qquad (6.16)$$

Расчетный перепад должен быть использован не менее чем на 90 %, т. е. невязка должна составлять $\delta \le 10$ %. Если невязка превышает 10 %, то необходимо внести коррективы в ранее принятые диаметры. В кольцевых сетях кроме этого необходимо проверить невязку по контурам полуколец, которая не должна превышать ±10 %.

Результаты расчетов сводят в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Результаты гидравлического расчета распределительных сетей низкого давления

№ кольца	Индекс участка	Длина участка, l, м	Удельные потери R, Па/м	Расчетный расход газа, Q_p, м^3/ч	Диаметр трубопровода, $d \times S$, мм	Действительные удельные потери $R_д$, Па/м	Фактические удельные потери $R_д$*, Па/м	Общие потери давления, $\Delta P^{общ}$, Па	Невязка по контурам, %	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

6.4. Расчет внутриквартального газопровода

Задачей расчета является подбор диаметров на отдельных участках внутриквартального газопровода, трассировка которого производится в соответствии с планом квартала.

Перед расчетом необходимо установить характер и этажность застройки квартала, количество и мощность газовых приборов, устанавливаемых в каждом здании. По этим данным определяют расчетные расходы газа Q_p, м^3/ч, по отдельным участкам внутриквартального газопровода, руководствуясь количеством и характером зданий, подключенных к конкретному участку газопровода. Вычисления расчетных расходов производят по следующей формуле:

$$Q_p = \sum_{i=1}^{m} K_o q_i n_i \ , \qquad (6.17)$$

где K_o – коэффициент одновременности действия однотипных газовых приборов или групп приборов, принимается из [4] или прил. 14; q_i – номинальный расход газа прибором или группой приборов, м^3/ч; n_i – число однотипных газовых приборов или групп приборов; m – количество типов приборов или групп приборов.

Номинальный расход газа четырехконфорочной газовой плитой составляет 1,2 м^3/ч, а проточным газовым водонагревателем 2,9 м^3/ч.

Если в паспортных данных газового прибора задана теплопроизводительность $Q_{ном}$, кДж/ч, то номинальный расход газа q, м^3/ч, определяют по формуле

$$q = Q_{ном} / Q_н^c \ . \qquad (6.18)$$

Дальнейший расчет производят в такой же последовательности, как и для уличных газопроводов.

1. По прил. 12 принимают общие допустимые потери давления (расчетный перепад давления) во внутриквартальном газопроводе $\Delta P_{кв}^{общ}$, Па. Например, при многоэтажной застройке $\Delta P_{кв}^{общ} = 250$ Па.

2. Вычисляют допустимые потери давления на трение, принимая гидравлические потери в местных сопротивлениях равными 10 % линейных

$$\Delta P_{кв}^{тр} = 0{,}9 \cdot \Delta P_{кв}^{общ} \ . \qquad (6.19)$$

3. Рассчитывают потери давления, приходящиеся на один метр длины внутриквартального газопровода (средние удельные потери давления) R, Па/м, по всем направлениям движения газа

$$R = \Delta P_{кв}^{тр} / L \ , \qquad (6.20)$$

где L – расстояние от точки подключения внутриквартального газопровода к уличной кольцевой сети до самого удаленного расчетного здания (длина расчетной ветви), м.

Следующие позиции гидравлического расчета (4-я, 5-я, 6-я) полностью совпадают с соответствующими позициями п. 6.3, только используются расчетные расходы, вычисленные по формуле (6.17). Эти позиции опускаются.

7. Определяют суммарные потери давления $\sum \Delta P^{общ}$, Па, по каждому направлению движения газа и сравнивают их с общими допустимыми потерями давления $\Delta P_{кв}^{общ}$

$$\delta = \frac{\Delta P_{кв}^{общ} - \sum \Delta P^{общ}}{\Delta P_{кв}^{общ}} \cdot 100\% \ . \qquad (6.21)$$

Если невязка не превышает 10 %, то расчет считается законченным. Результаты расчета оформляют в виде табл. 6.2.

Таблица 6.2

Результаты гидравлического расчета внутриквартального газопровода

Индекс участка	Длина участка, l, м	Число приборов, n	Номинальный расход прибора, q, м^3/ч	Коэффициент одновременности K_o	Расчетный расход газа, Q_p, м^3/ч	Удельные потери R, Па/м	Диаметр трубопровода, $d \times S$, мм	Действительные удельные потери $R_д$, Па/м	Фактические удельные потери $R_д$*, Па/м	Общие потери давления, $\Delta P^{общ}$, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

6.5. Расчет внутридомового газопровода

Задачей расчета является определение потерь давления и диаметров отдельных участков внутридомового газопровода, трассировка которого производится в соответствии с планом здания. Гидравлический расчет начинают с наиболее удаленного от распределительного (дворового) газопровода стояка. Нумерацию расчетных участков при трассировке желательно производить, начиная с верхнего этажа дома. В такой же последовательности потом вычисляют расчетные расходы, пользуясь формулой (6.17).

Расчетные потери давления во внутридомовом газопроводе принимают равными 350 Па (при многоэтажной застройке). При этом потери давления в местных сопротивлениях нужно учитывать при помощи коэффициентов местных сопротивлений и эквивалентных длин.

Гидравлический расчет внутридомового газопровода производят в следующей последовательности.

1. Определяют расчетные расходы газа на участках по формуле (6.17). Определение расходов газа начинают с участка, снабжающего газом приборы квартиры верхнего этажа.

2. Задают диаметры d всех участков расчетной ветви газопровода, руководствуясь [3, прил. 5*, формула (13)] или практическими соображениями. Как правило, диаметры стояков выбираются одинаковыми по всей высоте и не менее $d_y = 20$ мм.

3. Согласно нормативному требованию скорость движения газа в трубопроводе $\upsilon \leq 7$ м/с, для проверки скорость определяют по формуле

$$\upsilon = \frac{4Q_p}{3600\pi d_в^2}, \qquad (6.22)$$

где $d_в$ – внутренний диаметр трубопровода, м.

4. Для известных Q_p и d по формулам [1] или номограмме (см. прил. 15) определяют эквивалентную длину участка газопровода $l_э$, м, потери давления на котором соответствуют потерям давления в местном сопротивлении с коэффициентом $\zeta = 1$.

5. По справочным данным [1, 4] или прил. 16 определяют коэффициенты местных сопротивлений ζ на участках и находят их сумму для каждого участка $\Sigma\zeta$.

6. Вычисляют дополнительную (условную) длину $l_{доп}$, м, потери по длине на которой равны потерям в местных сопротивлениях:

$$l_{доп} = \Sigma\zeta \cdot l_э \ . \qquad (6.23)$$

7. Определяют расчетную (приведенную) длину участка газопровода как сумму действительной l, м, и дополнительной длин $l_{доп}$, м

$$l_p = l + l_{доп} \ . \qquad (6.24)$$

8. По известным Q_p и d участков газопровода по номограмме из [4] или прил. 10 определяют действительные удельные потери давления на участке газопровода $R_д$, Па/м, и фактические удельные потери $R_д^*$, Па/м.

9. Рассчитывают действительные потери давления на участке $\Delta P_д$, Па

$$\Delta P_д = R_д^* \cdot l_p \ . \qquad (6.25)$$

10. Учет дополнительного гидростатического давления газа, вызванного разностью отметок начальных и конечных участков внутридомового газопровода производят по формуле (6.9). Определяют дополнительное гидростатическое давление $\Delta P_г$, Па, которое для природного газа, имеющего плотность меньше атмосферного воздуха, равно

$$\Delta P_г = h \cdot g(\rho_в - \rho_г) \ , \qquad (6.26)$$

где h – высота стояка (длина вертикального участка газопровода), м.

11. Устанавливают потери давления в бытовом газовом счетчике $\Delta P_{сч}$, Па, (см. прил. 13) и в арматуре газовых приборов, принимая для газовой плиты $\Delta P_{арм}^{пг}$ = 40–60 Па, а для газового проточного водонагревателя – $\Delta P_{арм}^{впг}$ = 80–100 Па.

12. Рассчитывают потери давления $\Delta P_{дом}$, Па, в расчетной ветви внутридомового газопровода и производят сравнение этих потерь с расчетным перепадом давления во внутридомовом газопроводе

$$\Delta P_{дом} = \Sigma\Delta P_д + \Delta P_{сч} + \Delta P_{арм} \pm \Delta P_г \ . \qquad (6.27)$$

Здесь значение $\Delta P_г$ принимается с «+» при движении газа сверху вниз, а с «–» при движении газа снизу вверх.

Если невязка составляет 5–10 %, то предварительно принятые диаметры расчетной ветви внутридомового газопровода удовлетворяют нормативным требованиям, и расчет ветви считается законченным.

Диаметры участков газопроводов других стояков можно принимать в соответствии с расчетом наиболее удаленного от точки ввода стояка. Однако если ответвления газопроводов от других стояков существенно отличаются длинами и расходами газа в них от рассчитанного стояка, то необходимо выполнить гидравлический расчет и других ветвей внутреннего газопровода.

Результаты расчета удобно оформить в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Результаты гидравлического расчета внутридомового газопровода

Индекс участка	Длина участка, l, м	Число приборов, n	Номинальный расход прибора, q, м^3/ч	Коэффициент одновременности K_o	Расчетный расход газа, Q_p, м^3/ч	Диаметр трубопровода, $d \times S$, мм	Скорость, v, м/с	Дополнительная длина, $l_{доп}$, м	Расчетная длина, l_p, м	Фактические удельные потери $R_д$*, Па/м	Действительные потери давления, $\Delta P_д$, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

ИТОГО: $\Sigma\Delta P_д$

6.6. Расчет газопроводов среднего и высокого давлений

Расчет производят после составления схемы, которая вычерчивается в масштабе генплана района с указанием ответвлений к потребителям. Задачей расчета является определение диаметров отдельных участков газопровода и ответвлений, а также давлений в начале и конце каждого участка газопровода. Перед началом расчета должны быть известны давления газа в начале (на выходе из ГРС) и в конечных точках газопровода, длины всех расчетных участков, включая ответвления к потребителям, и расчетные расходы газа.

Давление газа после ГРС принимается по заданию, а давление в конечной точке у наиболее удаленного и нагруженного потребителя должно быть не ниже 300 кПа.

Гидравлический расчет газопроводов среднего и высокого давления рассмотрим на следующем примере (см. рис. 6.1).

Источником газа служит газораспределительная станция. Фактические длины участков приведены на рис. 6.1. Расходы газа у потребителей А, В, С, ГРП и абсолютные давления газа в конце ответвлений представлены

в табл. 6.4. Абсолютное давление на выходе из ГРС (в точке *1*) равно 400 кПа, $\rho_г = 0{,}73$ кг/м^3, $\nu_г = 14{,}3 \cdot 10^{-6}$ м^2/с.

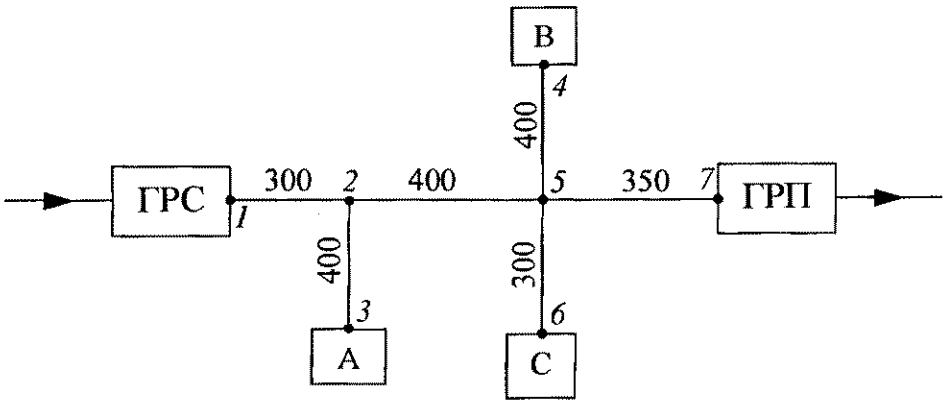


Рис. 6.1. Газопровод высокого давления: ГРС – газораспределительная станция; А, В, С, ГРП – потребители газа

Таблица 6.4

Расходы и конечные давления газа у потребителей

Параметр	Потребители			
	A	B	C	ГРП
Расход газа, Q_p, м^3/ч	1800	250	1700	1500
Давление газа, $P_к$, кПа	300	300	300	300

Гидравлический расчет газопроводов среднего и высокого давления производят в следующей последовательности.

1. Для учета потерь давления в местных сопротивлениях определяют расчетную длину l_p, м, каждого участка по формуле

$$l_p = 1{,}1 \cdot l \ . \qquad (6.28)$$

2. Устанавливают расчетную ветвь (до наиболее загруженного и удаленного потребителя) и определяют ее расчетную длину $l_p^{вет}$, м, как сумму расчетных длин всех участков, расположенных на этой ветви. Для рассматриваемого примера расчетная ветвь проходит от ГРС до потребителя С.

$$l_p^{ГРС-2-5-6} = l_p^{1-2} + l_p^{2-5} + l_p^{5-6} = 100 \text{ м}.$$

3. Рассчитывают расчетный расход газа Q_p, м^3/ч, на первом (наиболее загруженном) расчетном участке

$$Q_p^{1-2} = Q_p^A + Q_p^B + Q_p^C + Q_p^{ГРП} = 5250 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

4. Вычисляют разность квадратов давлений в начале и в конце расчетной ветви $(P_н^2 - P_к^2)$, $(кПа)^2$:

$$(P_1^2 - P_6^2) = 400^2 - 300^2 = 70\,000 \ (кПа)^2 .$$

5. По известным значениям $l_р = 1100$ м, $Q_р = 5250$ м^3/ч, $(P_н^2 - P_к^2) = 70\,000$ $(кПа)^2$ с помощью номограмм, приведенных в [1, 4] или в прил. 11, подбирают диаметр участка газопровода. На номограмме откладывают $l_р = 11$ м, $(P_н^2 - P_к^2) = 700$ $(кПа)^2$ и определяют диаметр участка *1–2*: $d_н \times S = 159 \times 4{,}5$ мм.

6. Для выбранного диаметра по этой же номограмме определяют действительное значение разности квадратов давлений $\Delta P_д^2 = 1000$ $(кПа)^2$ для $l_р = 11$ м, тогда для $l_р = 1100$ м $\Delta P_д^2 = 100\,000$ $(кПа)^2$.

7. Рассчитывают конечное давление на расчетном участке, используя формулу

$$P_к^{уч} = \sqrt{P_н^2 - \Delta P_д^2 \cdot l_р / l_р^{вет}} . \qquad (6.29)$$

$$P_2^{1-2} = \sqrt{P_1^2 - \Delta P_д^2 \cdot l_р^{1-2} / l_р^{1-6}} = \sqrt{400^2 - 100\,000 \cdot 330/1100} = 360{,}55 \ (кПа)^2.$$

8. Определяют скорость движения газа в трубопроводе высокого (среднего) давления по формуле, приведенной в [8],

$$\upsilon = \frac{4Q_р}{3600\pi d_в^2 P_{ср}} , \qquad (3.18)$$

где $P_{ср}$ – среднее давление на участке, равное полусумме давлений в начале и в конце расчетного участка, кгс/см^2.

Если скорость $\upsilon < 25$ м/с, то нормативное требование выполняется.

Для рассматриваемого участка $P_{ср} = 0{,}5(P_1 + P_2) = 0{,}5(4 + 3{,}6) = 3{,}8$ кгс/см^2, тогда $\upsilon = 21{,}72$ м/с, следовательно, нормативное требование выполняется.

Аналогичным образом производят подбор диаметра на следующем участке. При этом расчетная длина ветви уменьшится на расчетную длину предыдущего участка, давление, в конце предыдущего участка, будет начальным давлением для последующего участка.

Для расчета участка *2–5* расчетная длина ветви *2–5–6* принимается равной 770 м, давление $P_2 = 360{,}55$ кПа будет начальным давлением для участка *2–5*. В качестве конечного давления принимается давление у потребителя С: $P_2 = 300$ кПа. Выбрав диаметр участка *2–5*, определяют давление в точке *5* и рассчитывают участок *5–6*.

Тупиковые участки сети *2–3*, *5–4* и *5–7* рассчитываются по их расчетной длине, расходу газа каждым потребителем и заданному давлению газа у потребителя при найденных ранее значениях давления в начале этих участков. Расчет считается выполненным, если расчетные давления газа у потребителей больше их минимального (заданного) давления. Если окажется, что расчетное давление газа у потребителя меньше минимального давления, то необходимо заменить диаметр газопровода на одном из участков и повторить расчет.

Результаты гидравлического расчета газовой сети высокого давления, представленной на рис. 6.1, приведены в табл. 6.5.

Таблица 6.5

Результаты гидравлического расчета газопроводов высокого давления

№ участка	Расход газа Q_p, м^3/ч	$d_н \times S$, мм	Длина, м		Давление, кПа		Скорость υ, м/с
			l	l_p	$P_н$	$P_к$	
1–2	5250	159 x 4,5	300	330	400	360,55	21,72
2–5	3450	159 x 4,5	400	440	360,55	339,32	15,49
5–6	1700	108 x 4,0	300	330	339,32	300,21	18,79
5–7	1500	108 x 4,0	350	385	339,32	304,34	16,48
5–4	250	57 x 3,0	400	440	339,32	311,67	10,43
2–3	1800	108 x 4,0	400	440	360,55	303,31	19,18

Пример оформления задания на курсовой проект

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Ульяновский государственный технический университет
Кафедра **«Теплогазоснабжение и вентиляция»**

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Студенту группы ТГВ-44 Смирнову И. П.
По дисциплине: Газоснабжение
Тема: Газоснабжение района города
Вариант: 12/07

Запроектировать систему газоснабжения района города от выходного отключающего устройства ГРС до газоиспользующих приборов городских потребителей.

Технические условия

1) газифицируемый населенный пункт: г. Владимир
2) номер генплана района строительства: 2
3) вид покрытия проездов и тротуаров: усовершенствованное
4) плотность населения в районе строительства: 200 чел./га
5) наружный строительный объем жилых зданий на одного человека: 60 м^3
6) газовое месторождение и состав газа: Уренгойское
7) давление газа в точке подключения городской газовой сети к ГРС: 0,6 МПа
8) расстояние от ГРС до городской газовой сети: 7 км
9) расположение ГРС относительно района города: СЗ
10) процент охвата газоснабжением хозяйственно-бытовых, коммунальных и сосредоточенных потребителей: бани и прачечные – 25 %; столовые – 28 %; хлебозавод – 0,7 т/сут.

Объем работы

I. Содержание пояснительной записки: введение; расчет характеристик газообразного топлива; расчет численности населения проектируемого района; расчет потребления газа по зонам застройки; трассировка газопроводов и определение оптимального количества ГРП; определение путевых и расчетных расходов газа по участкам кольцевой сети; гидравлический расчет газопроводов; выводы; библиографический список.
II. Графическая часть: генплан проектируемого района города (М 1:5000); расчетные схемы газопроводов высокого и низкого давлений; план расчетного квартала (М 1:1000); план типового этажа газифицируемого здания (М 1:100); аксонометрическая схема внутридомового газопровода; продольный профиль участка газопровода; рабочий чертеж элемента газовой сети; спецификация на оборудование внутридомового газопровода.

Задание получил _____ Смирнов И. П. Дата: _____

Руководитель проекта, к. т. н., доцент _____ Орлов М. Е. Дата: _____

Проект защищен с оценкой _____ Дата защиты: _____

Приложение 2

Месторождение и состав природного газа (1-я часть варианта задания)

№ вар.	Месторождение газа	Состав газа, % по объему							
		CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	CO_2	H_2S	N_2 + редкие
1	Медвежье	99,0	0,1	0,005	0	0	0,095	0	0,8
2	Оренбургское	85,0	4,9	1,6	0,75	0,55	0,6	1,3	5,0
3	Вуктылское	74,8	8,8	3,9	1,8	6,4	0	0	4,3
4	Шебелинское	93,3	4,0	0,6	0,4	0,3	0,1	0	1,3
5	Степановское	95,1	2,3	0,7	0,4	0,8	0,2	0	0,5
6	Ленинградское	86,9	6,0	1,6	1,0	0,5	1,2	0	2,8
7	Северо-Ставропольское	98,7	0,33	0,12	0,04	0,01	0,1	0	0,7
8	Пунгинское	86,1	2,0	0,6	0,34	0,35	8,5	0	2,0
9	Угерское	98,3	0,45	0,25	0,3	0	0,1	0	0,6
10	Губкинское	98,4	0,13	0,01	0,005	0,01	0,15	0	1,3
11	Комсомольское	97,2	0,12	0,01	0	0,01	0,1	0	2,5
12	Юбилейное	98,4	0,07	0,01	0	0	0,4	0	1,1
13	Мессояхское	97,6	0,10	0,03	0,01	0,01	0,60	0	1,6
14	Соленинское	95,8	2,9	0,07	0,2	0,15	0,4	0	0,5
15	Березовское	94,8	1,2	0,3	0,1	0,06	0,5	0	3,0
16	Майское	97,7	0,7	0,1	0,02	0	0,90	0	1,0
17	Газлинское	93,0	3,1	0,7	0,6	0	0,1	0	2,5
18	Ачакское	93,0	3,6	0,95	0,25	0,31	0,4	0	1,3
19	Тенгенское	89,4	6,0	2,0	0,7	0,4	1,0	0	0,5
20	Заполярное	98,5	0,2	0,05	0,012	0,001	0,5	0	0,7
21	Уренгойское	97,64	0,1	0,01	0	0	0,3	0	1,95
22	Жирновское	81,6	6,5	3,0	1,9	1,4	4,0	0,1	1,5
23	Ромашкинское	40,0	19,5	18,0	7,5	4,9	0,1	0	10,0
24	Туймазинское	39,5	20,0	18,5	7,7	4,2	0,1	0	10,0
25	Шкаповское	37,5	18,2	16,8	6,8	3,8	0,1	0	16,8
26	Ключевское	78,5	6,0	6,5	4,8	3,6	0,2	0	0,4
27	Дмитриевское	69,2	10,0	10,0	5,0	5,0	0,7	0	0,1
28	Небит-Дагское	91,0	3,0	2,3	1,3	1,8	0,5	0	0,1
29	Верхнеомринское	82,7	6,0	3,0	1,0	0,2	0,1	0	7,0
30	Кара-Дагское	93,2	2,1	1,2	1,0	1,2	0,8	0	0,5

Исходные данные (1-я часть варианта задания)

№ вар.	Газифицируемый населенный пункт	№ вар.	Газифицируемый населенный пункт	№ вар.	Газифицируемый населенный пункт
1	Тюмень	11	Астрахань	21	Липецк
2	Ижевск	12	Владимир	22	Красноярск
3	Хабаровск	13	Волгоград	23	Курск
4	Челябинск	14	Иркутск	24	Мурманск
5	Чебоксары	15	Нальчик	25	Рязань
6	Барнаул	16	Сыктывкар	26	Новосибирск
7	Архангельск	17	Кострома	27	Оренбург
8	Брянск	18	Краснодар	28	Пенза
9	Белгород	19	Курган	29	Казань
10	Уфа	20	Саранск	30	Саратов

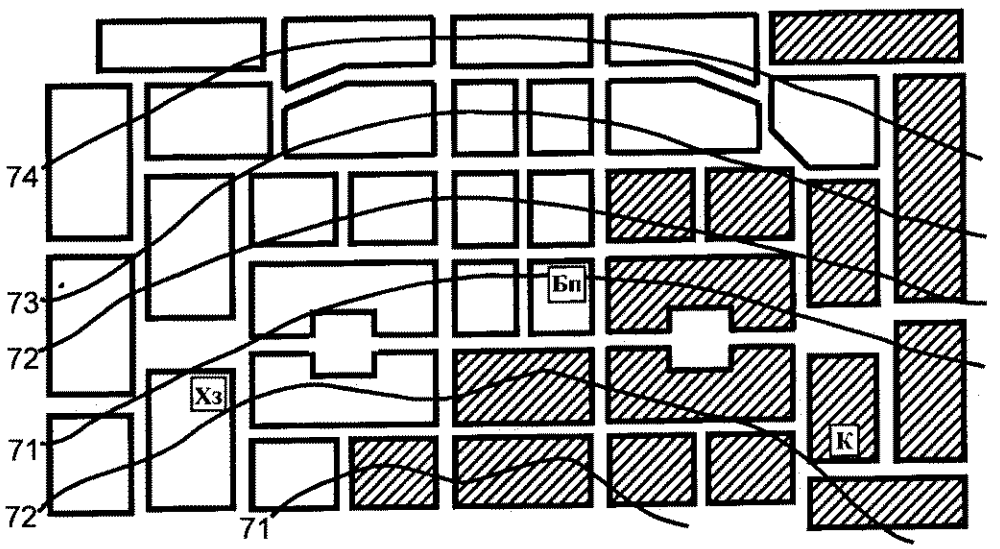
Исходные данные (2-я часть варианта задания)

Исходные данные	1-я цифра варианта после дроби									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расположение ГРС	СЗ	СВ	С	ЮВ	Ю	З	ЮЗ	В	СЗ	ЮВ
Плотность населения, чел/га	200	300	400	250	330	380	215	220	330	370
Потребление газа коммунально-бытовыми предприятиями										
Бани и прачечные, %	25	30	35	40	45	20	32	43	27	39
Столовые и рестораны, %	28	29	30	27	26	25	28	30	27	29
Хлебозаводы (на 1000 чел.), т/сут.	0,7	0,6	0,8	0,8	0,6	0,7	0,8	0,7	0,7	0,6
	2-я цифра варианта после дроби									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номер генплана	2	4	6	8	10	9	7	5	3	1
Расстояние от ГРС до города, км	7	6	6,5	5	4	4,5	6	4	5	7
Давление газа после ГРС, МПа	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,6	0,3	0,5	0,5	0,6

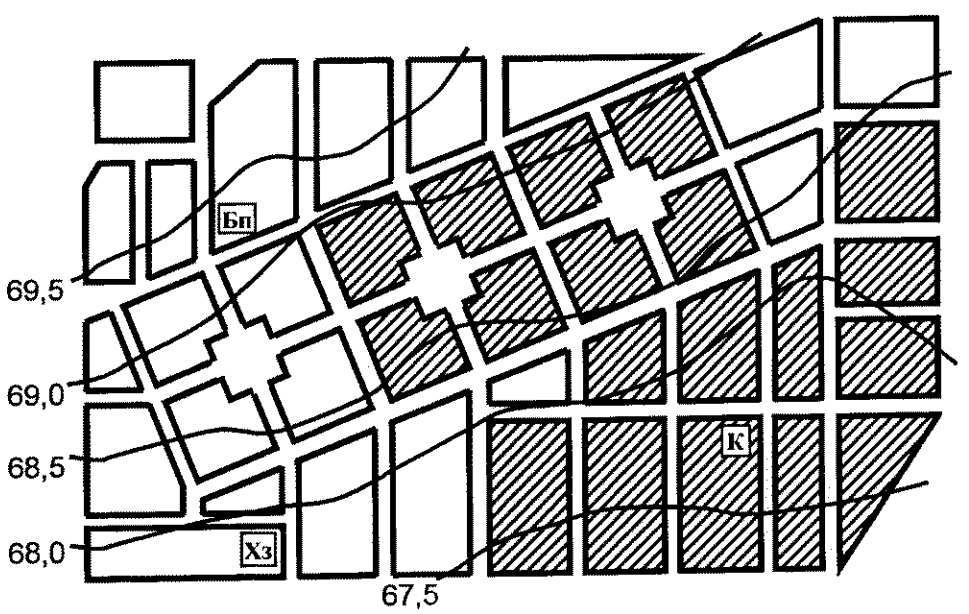
Приложение 4

Генпланы районов строительства (М 1:40000)

Генплан № 1



Генплан № 2



Условные обозначения:

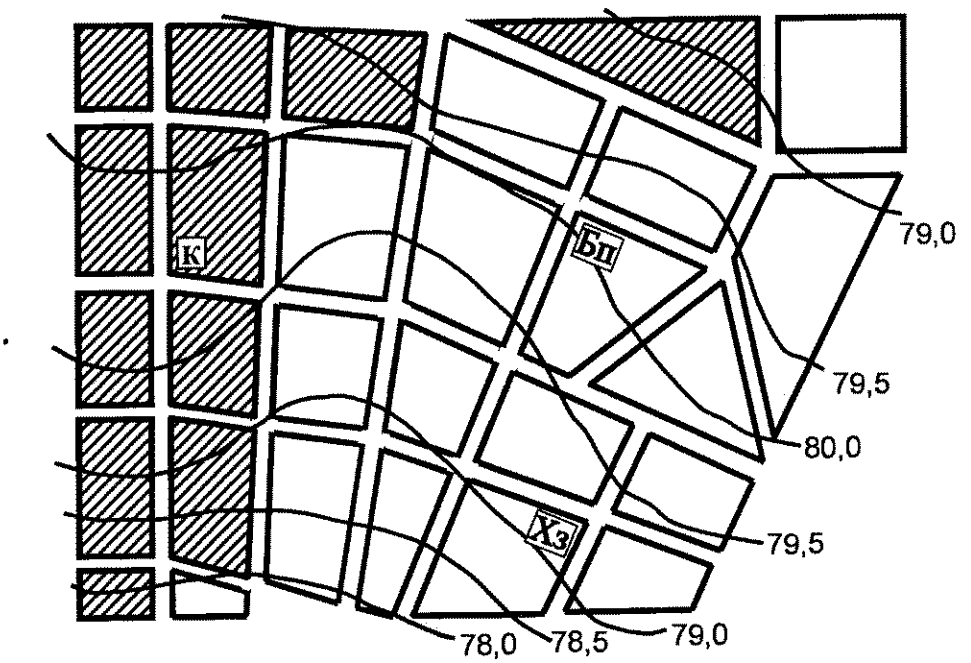
Бп – банно-прачечный комбинат; **Хз** – хлебозавод; **К** – котельная;

– кварталы с газовыми плитами и централизованным горячим водоснабжением;

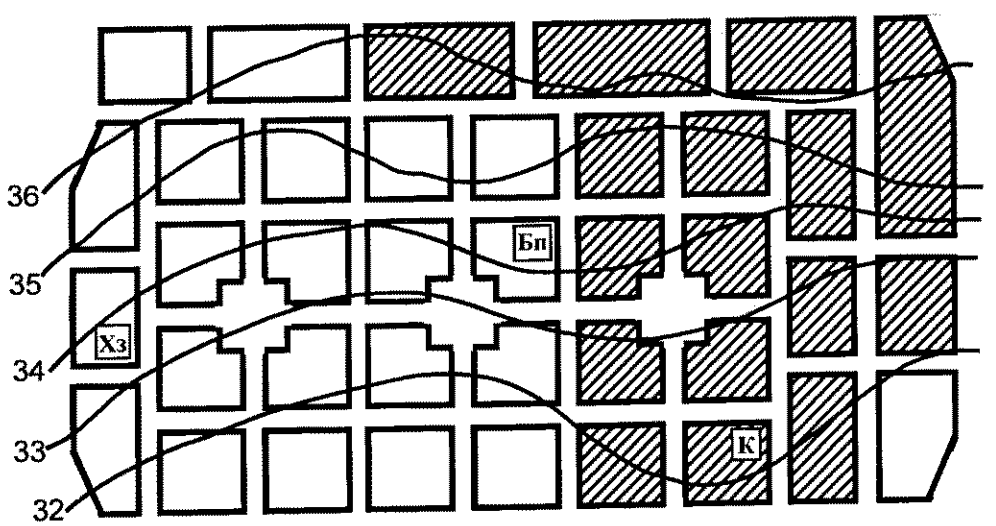
– кварталы с газовыми плитами и газовыми проточными водонагревателями

Генпланы районов строительства (М 1:40000)

Генплан № 3



Генплан № 4



Условные обозначения:

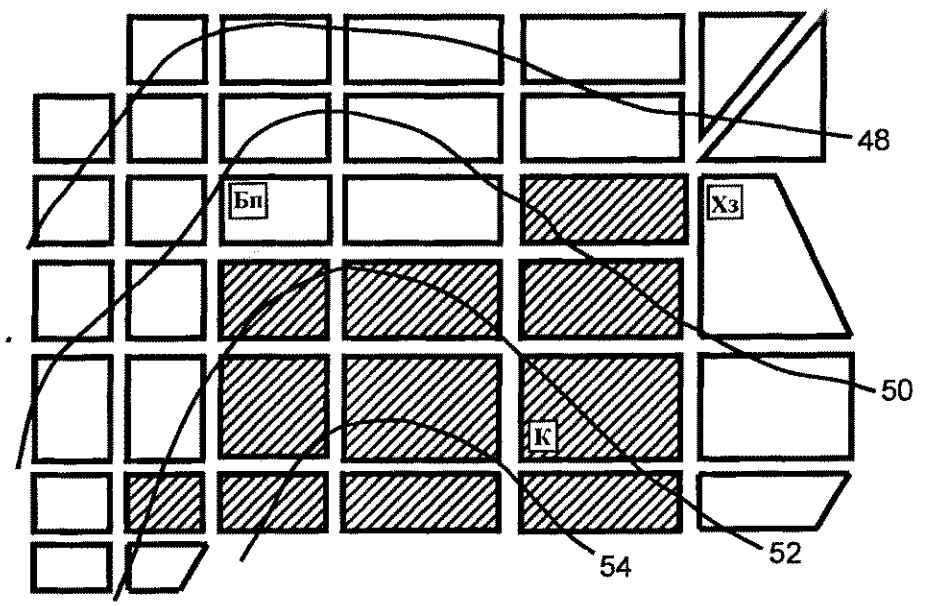
Бп – банно-прачечный комбинат; **Хз** – хлебозавод; **К** – котельная;

– кварталы с газовыми плитами и централизованным горячим водоснабжением;

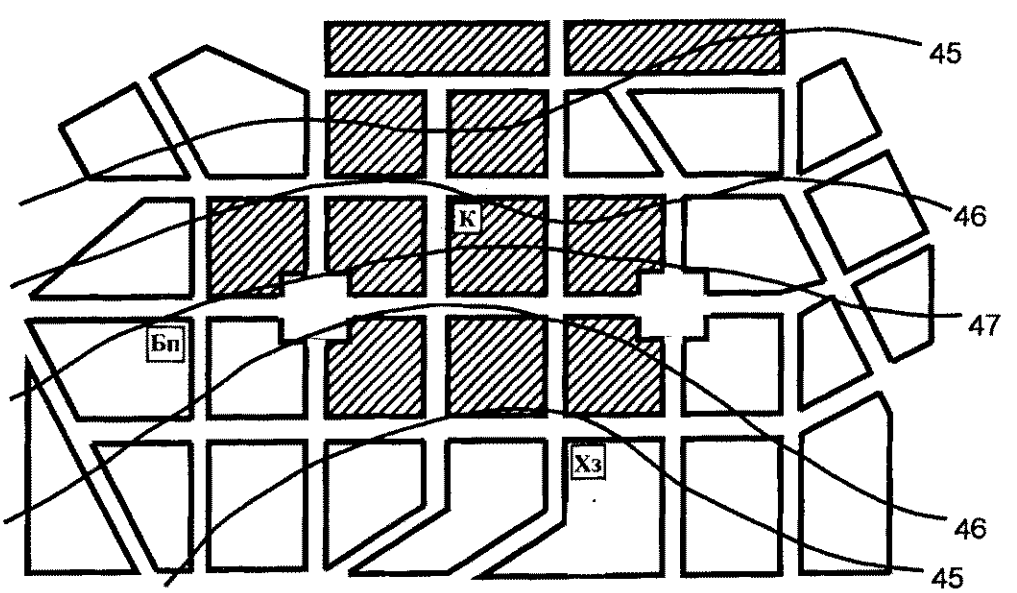
– кварталы с газовыми плитами и газовыми проточными водонагревателями

Генпланы районов строительства (М 1:40000)

Генплан № 5



Генплан № 6



Условные обозначения:

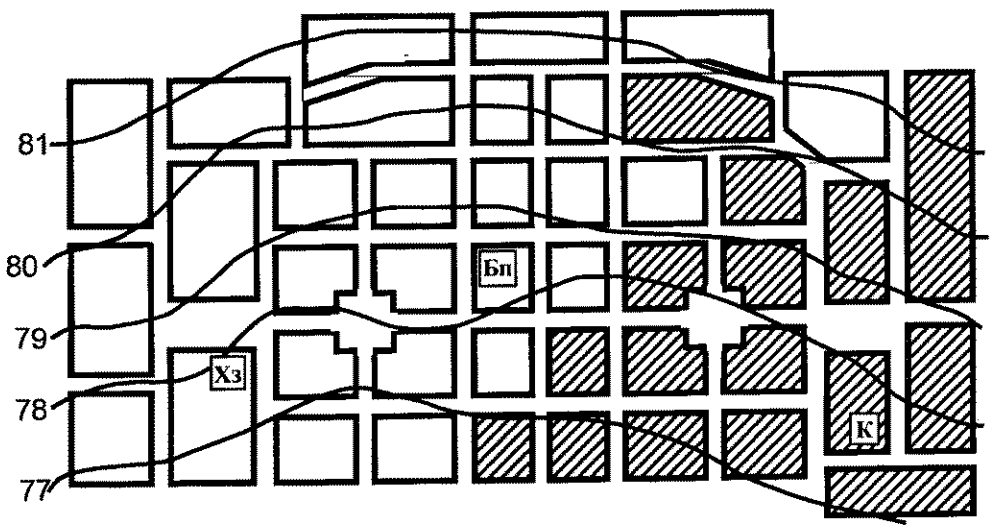
Бп – банно-прачечный комбинат; **Хз** – хлебозавод; **К** – котельная;

– кварталы с газовыми плитами и централизованным горячим водоснабжением;

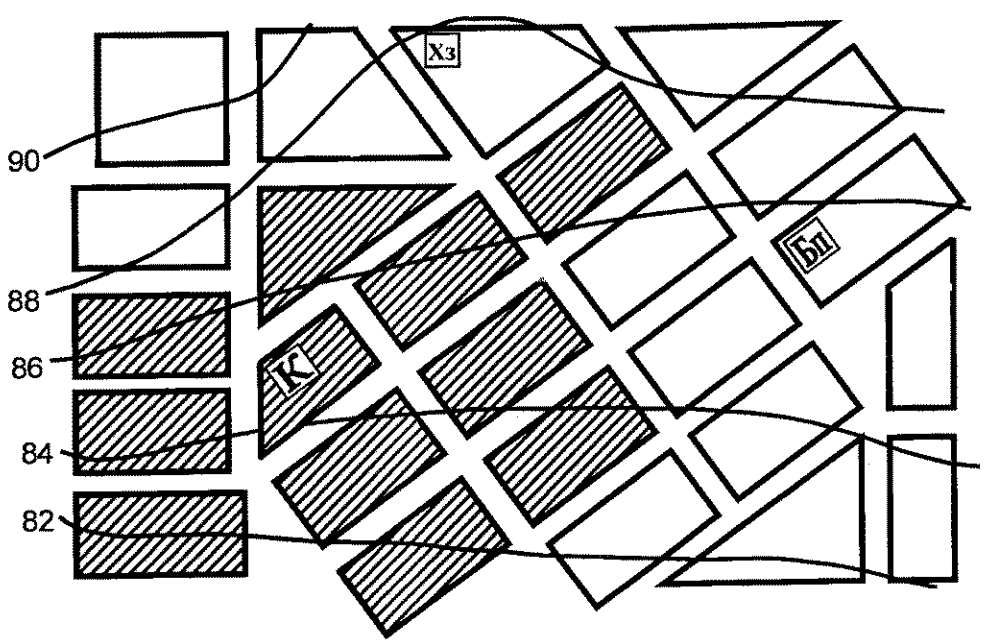
– кварталы с газовыми плитами и газовыми проточными водонагревателями

Генпланы районов строительства (М 1:40000)

Генплан № 7



Генплан № 8



Условные обозначения:

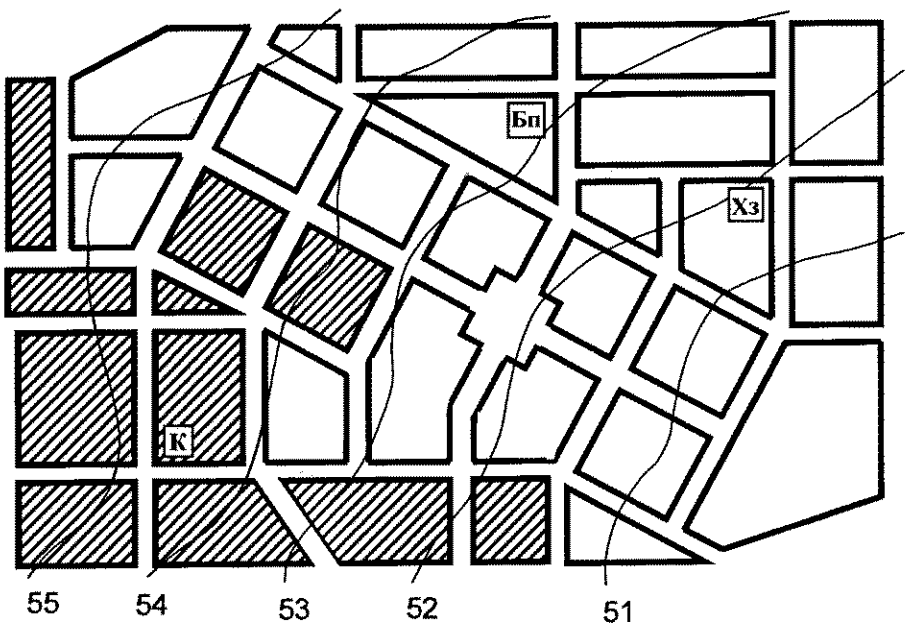
Бп – банно-прачечный комбинат; **Хз** – хлебозавод; **К** – котельная;

– кварталы с газовыми плитами и централизованным горячим водоснабжением;

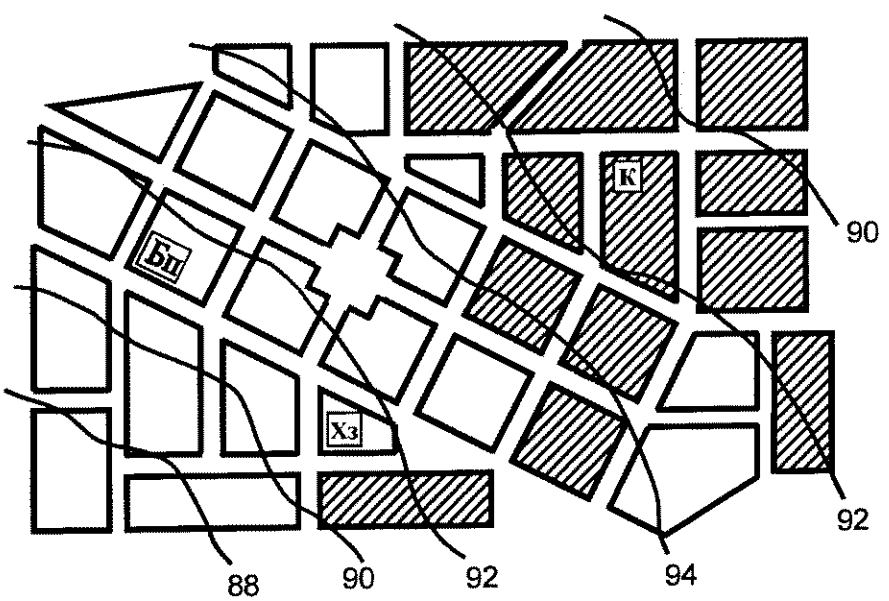
– кварталы с газовыми плитами и газовыми проточными водонагревателями

Генпланы районов строительства (М 1:40000)

Генплан № 9



Генплан № 10



Условные обозначения:

Бп – банно-прачечный комбинат; **Хз** – хлебозавод; **К** – котельная;

– кварталы с газовыми плитами и централизованным горячим водоснабжением;

– кварталы с газовыми плитами и газовыми проточными водонагревателями

Характеристики чистых газов при нормальных физических условиях ($t = 0$ °C, $p = 101{,}3$ кПа)

Газ	Химическая формула	Молекулярная масса	Молекулярный объем, $м^3/кмоль$	Плотность, $кг/м^3$	Относительная плотность по воздуху
Азот	N_2	28,016	22,40	1,2505	0,9673
Ацетилен	C_2H_2	28,038	22,24	1,1707	0,9055
Водород	H_2	2,016	22,43	0,0899	0,0695
Водяной пар	H_2O	18,016	23,45	0,8040	0,5941
Воздух (без CO_2)	–	28,960	22,40	1,2928	1,0000
Диоксид серы	SO_2	64,066	21,89	2,9263	2,2635
Диоксид углерода	CO_2	44,011	22,26	1,9768	1,5291
Кислород	O_2	32,000	22,39	1,4290	1,1053
Оксид углерода	CO	28,011	22,41	1,2500	0,9669
Сероводород	H_2S	34,082	22,14	1,5392	1,1906
Метан	CH_4	16,043	22,38	0,7168	0,5545
Этан	C_2H_6	30,070	22,18	1,3566	1,0490
Пропан	C_3H_8	44,097	21,84	2,0190	1,5620
н-Бутан	C_4H_{10}	58,124	21,50	2,7030	2,0910
изо-Бутан	C_4H_{10}	58,124	21,78	2,6680	2,0640
Пентан	C_5H_{12}	72,151	–	3,2210	2,4910

Теплота сгорания сухих горючих газов (при 0°С и 101,3 кПа)

Газ	Молярная, МДж/кмоль		Массовая, кДж/кг		Объемная, кДж/м^3	
	Высшая	Низшая	Высшая	Низшая	Высшая	Низшая
Ацетилен	1308,56	1264,60	50 240	48 570	58 910	56 900
Водород	286,06	242,90	141 900	120 080	12 750	10 790
Оксид углерода	283,17	283,17	10 090	10 090	12 640	12 640
Сероводород	553,78	519,82	16 540	15 240	25 460	23 490
Метан	880,90	800,90	55 546	49 933	39 820	35 880
Этан	1560,90	1425,70	52 019	47 415	70 310	64 360
Пропан	2221,40	2041,40	50 385	46 303	101 210	93 180
н-Бутан	2880,40	2655,00	51 344	47 327	133 800	123 570
изо-Бутан	2873,50	2648,30	51 222	47 208	132 960	122 780
Пентан	3539,10	3274,40	49 052	45 383	169 270	156 630
Этилен	1412,00	1333,50	50 341	47 540	63 039	59 532
Пропилен	2059,50	1937,40	48 944	46 042	91 945	88 493
Бутилен	2720,00	2549,70	48 487	45 450	121 434	113 830

Приложение 7

Норма расхода газа (в тепловых единицах) на хозяйственно-бытовые и коммунальные нужды

Потребители газа	Показатель потребления газа	Норма расхода теплоты, МДж (тыс. ккал)
1. Жилые дома		
При наличии в квартире газовой плиты и централизованного ГВС при газоснабжении:		
– природным газом;	на 1 чел. в год	2800 (660)
– сжиженным газом	то же	2540 (610)
При наличии в квартире газовой плиты и газового водонагревателя (централизованное ГВС отсутствует) при газоснабжении:		
– природным газом;	то же	8000 (1900)
– сжиженным газом	то же	7300 (1750)
При наличии в квартире газовой плиты и отсутствии централизованного ГВС и газового водонагревателя при газоснабжении:		
– природным газом;	то же	4600 (1100)
– сжиженным газом	то же	4240 (1050)
2. Предприятия бытового обслуживания		
Фабрики-прачечные:		
– на стирку белья в немеханизированных прачечных с сушильными шкафами;	на 1 т сухого белья	12 600 (3000)
– на стирку белья в механизированных прачечных;	то же	8800 (2100)
– на стирку белья в механизированных прачечных, включая сушку и глажение	то же	18 800 (4500)
Бани:		
– мытье без ванн;	на 1 помывку	40 (9,5)
– мытье в ваннах	то же	50 (12,0)
3. Предприятия общественного питания		
Столовые, рестораны, кафе:		
– на приготовление обедов (вне зависимости от пропускной способности предприятия);	на 1 обед	4,2 (1,0)
– на приготовление завтраков и ужинов	на 1 завтрак (ужин)	2,1 (0,5)
4. Учреждения здравоохранения		
Больницы, родильные дома:		
– на приготовление пищи;	на 1 койку в год	3200 (760)
– на приготовления горячей воды для хозяйственно-бытовых нужд и лечебных процедур (без стирки белья)	то же	9200 (2200)
5. Предприятия по производству хлеба и кондитерских изделий		
Хлебозаводы, комбинаты, пекарни:		
– на выпечку хлеба формового;	на 1 т изделий	2500 (600)
– на выпечку хлеба подового, батонов, булок;	то же	5450 (1300)
– на выпечку кондитерских изделий (тортов, пирожных, печенья и т. п.)	то же	7750 (1850)

Примечание: нормы расхода теплоты на жилые дома, приведенные в таблице, учитывают расход теплоты на стирку белья в домашних условиях.

Приложение 8

Значения коэффициентов часового максимума расхода газа на бытовые и коммунально-бытовые нужды

Число жителей, снабжаемых газом, тыс. чел.	Коэффициент часового максимума расхода газа (без отопления), K_m
1	1/1800
2	1/2000
3	1/2050
5	1/2100
10	1/2200
20	1/2300
30	1/2400
40	1/2500
50	1/2600
100	1/2800
300	1/3000
500	1/3300
750	1/3500
1000	1/3700
2000 и более	1/4700

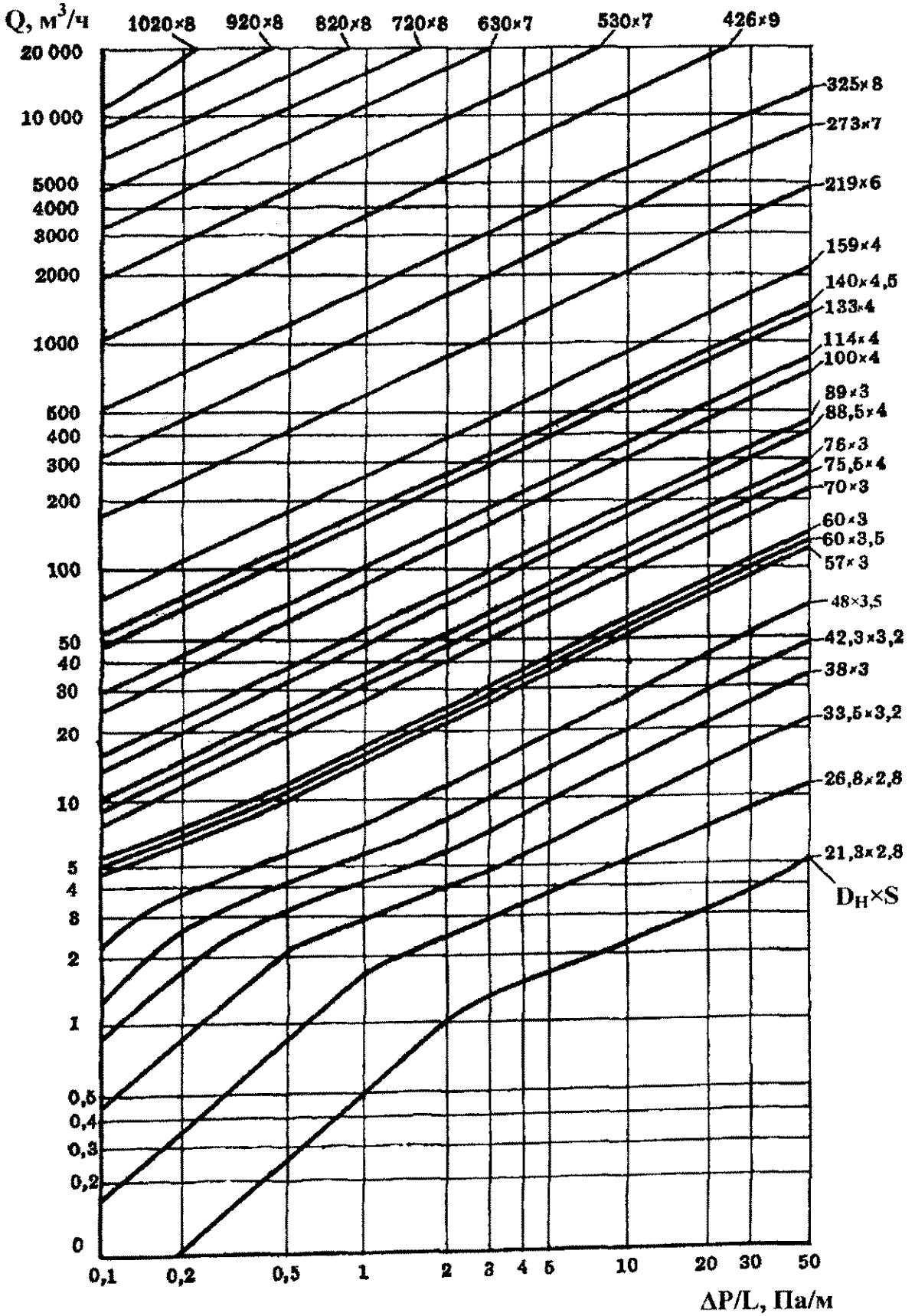
Приложение 9

Значения коэффициентов часового максимума расхода газа для коммунально-бытовых предприятий

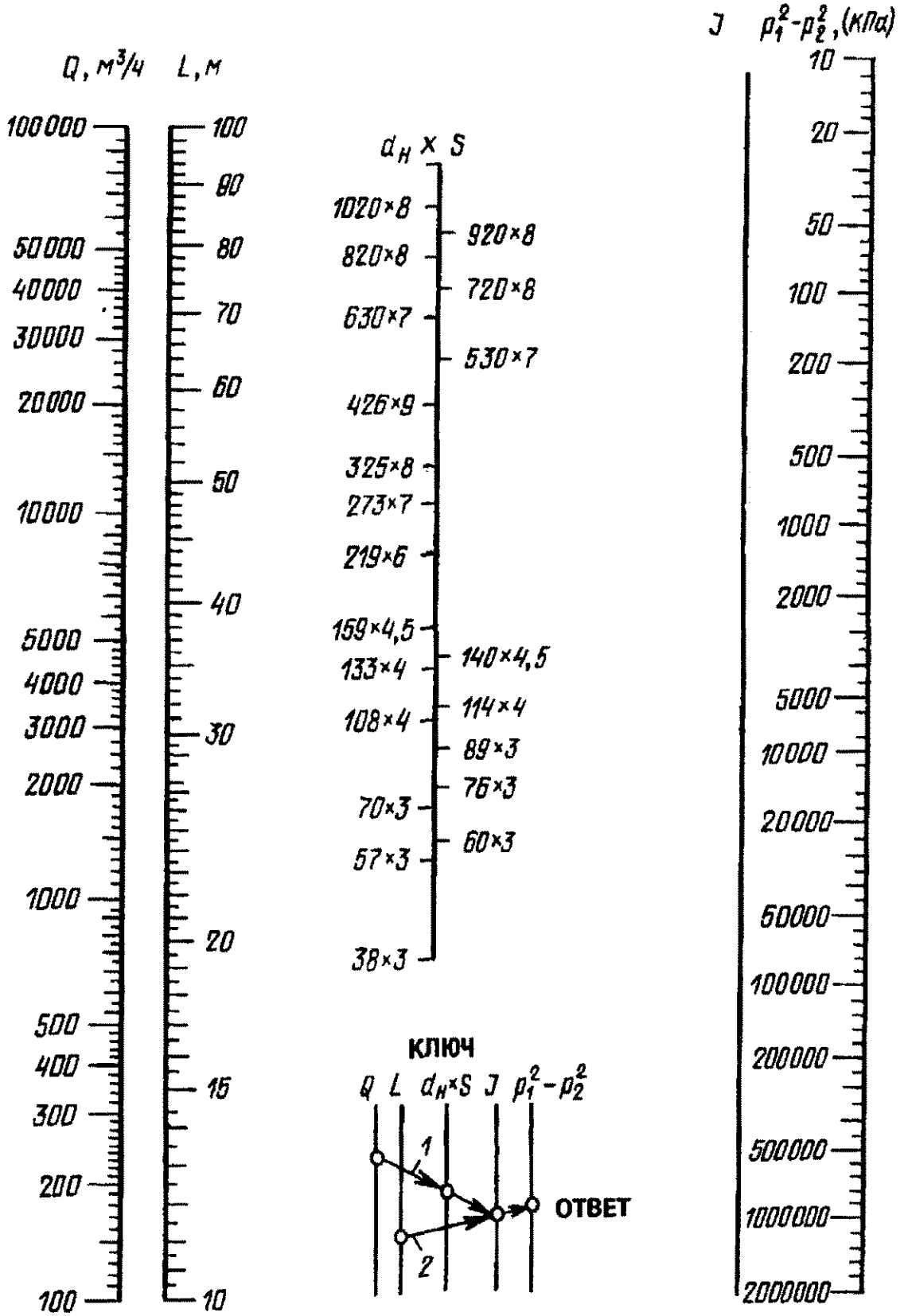
Предприятие	Коэффициент часового максимума расхода газа, K_m
Бани	1/2700
Прачечные	1/2900
Общественного питания	1/2000
По производству хлеба и кондитерских изделий	1/6000

Примечание: для бань и прачечных коэффициенты часового максимума расхода газа приведены с учетом расхода газа на нужды отопления и вентиляции.

Номограмма для определения потерь давления в газопроводах низкого давления (до 5 кПа). Природный газ $\rho = 0{,}73$ кг/м^3, $\nu = 14{,}3 \cdot 10^{-6}$ м^2/с



Номограмма для определения потерь давления в стальных газопроводах среднего и высокого давления (до 1,2 МПа).
Природный газ с параметрами $\rho = 0{,}73$ кг/м^3, $\nu = 14{,}3 \cdot 10^{-6}$ м^2/с



Приложение 12

Распределение расчетных перепадов давления между уличными, дворовыми и внутренними газопроводами ($Q_н^р$ = 33,5–41,9 МДж/м^3)

P_0, кПа	Суммарный перепад давления $\Delta P_р$, кПа			Распределение $\Delta P_р$, кПа между дворовыми и внутридомовыми сетями при застройке			
	от ГРП до наиболее удаленного прибора	в уличной сети	в дворовой и внутридомовой сетях	многоэтажной		одноэтажной	
				на дворовую	на внутридомовую	на дворовую	на внутридомовую
2,0	1,80	1,2	0,60	0,25	0,35	0,35	0,25
1,3	1,15	0,8	0,35	0,10	0,25	0,20	0,15

Примечания: 1. Максимальное давление газа в сетях после ГРП принимается: 3 кПа при P_0 = 2 кПа; 2 кПа при P_0 =1,3 кПа;

2. При газоснабжении сжиженными углеводородными газами ($Q_н^р$ = 92,2–117,1 МДж/м^3) $\Delta P_р$ от ввода в здание до наиболее удаленного прибора принимается: для многоэтажных зданий 0,3 кПа; для одноэтажных зданий 0,2 кПа.

Приложение 13

Основные технические характеристики бытовых газовых счетчиков

Наименование характеристики	Типоразмер			
	G 1,6	G 2,5	G 4	G 6
Номинальный расход $Q_{ном}$, м^3/ч	1,6	2,5	4	6
Максимальный расход Q_{max}, м^3/ч	2,5	4	6	10
Минимальный расход Q_{min}, м^3/ч	0,016	0,025	0,04	0,06
Максимальное давление, кПа	4,0	4,0	4,0	3,5
Температура эксплуатации, °С	от -10 до +50		от –30 до +50	
Потери давления при номинальной нагрузке, не более, Па	98	98	98	98
Габаритные размеры, мм	178x133x218		306x165x223	
Масса, кг	2,2	2,2	3,8	3,8

Примечание: Счетчики выдерживают воздействие максимального избыточного давления 98 кПа и сохраняют герметичность.

Приложение 14

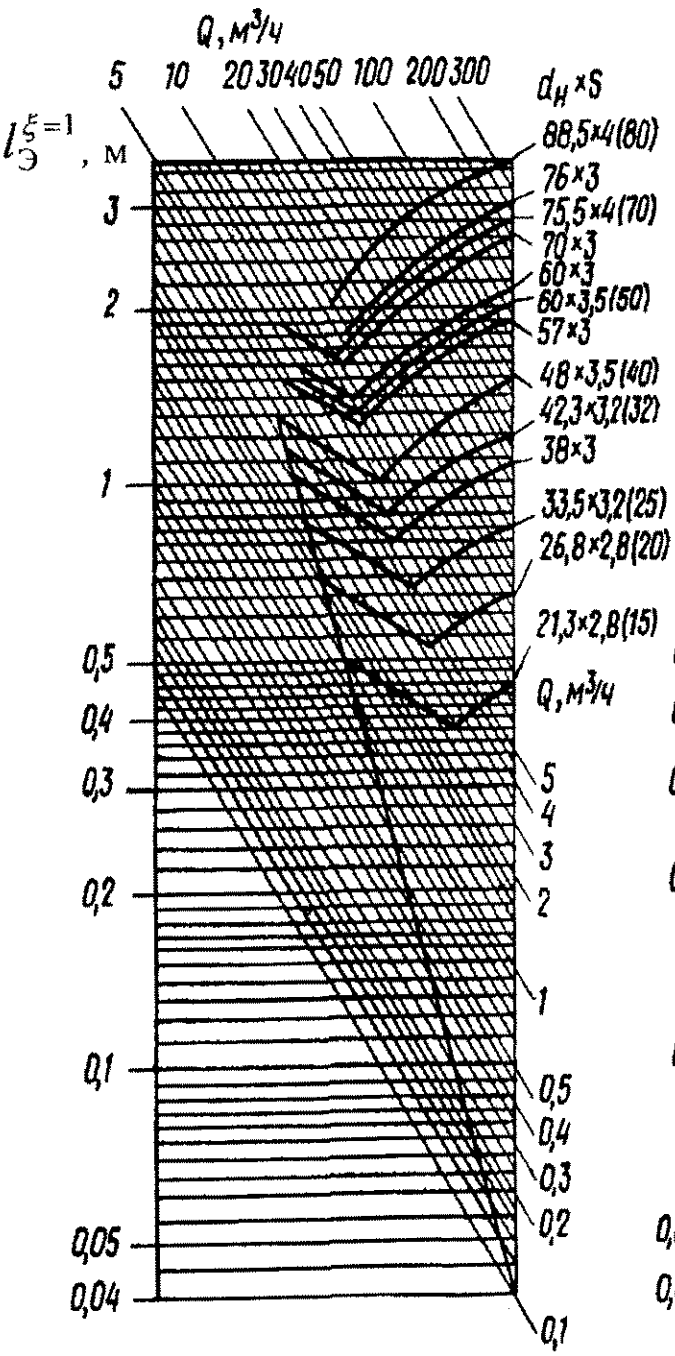
Значение коэффициента одновременности K_o для жилых домов

Число квартир	Значение коэффициента одновременности K_o в зависимости от установки в жилых домах газового оборудования			
	Плита 4-конфорочная	Плита 2-конфорочная	Плита 4-конфорочная и газовый проточный водонагреватель	Плита 2-конфорочная и газовый проточный водонагреватель
1	1,000	1,000	0,700	0,750
2	0,650	0,840	0,560	0,640
3	0,450	0,730	0,480	0,520
4	0,350	0,590	0,430	0,390
5	0,290	0,480	0,400	0,375
6	0,280	0,410	0,392	0,360
7	0,280	0,360	0,370	0,345
8	0,265	0,320	0,360	0,335
9	0,258	0,289	0,345	0,320
10	0,254	0,263	0,340	0,315
15	0,240	0,242	0,300	0,275
20	0,235	0,230	0,280	0,260
30	0,231	0,218	0,250	0,235
40	0,227	0,213	0,230	0,205
50	0,223	0,210	0,215	0,193
60	0,220	0,207	0,203	0,186
70	0,217	0,205	0,195	0,180
80	0,214	0,204	0,192	0,175
90	0,212	0,203	0,187	0,171
100	0,210	0,202	0,185	0,163
400	0,180	0,170	0,150	0,135

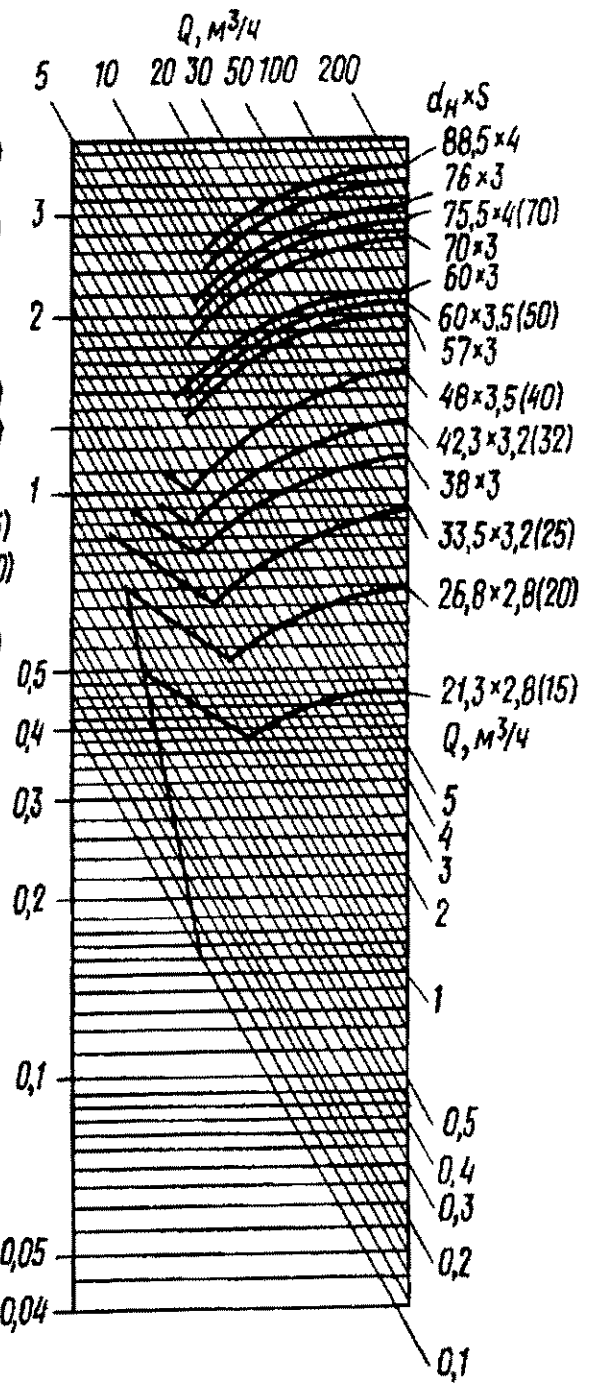
Примечания: 1. Для квартир, в которых устанавливается несколько однотипных газовых приборов, коэффициент одновременности следует принимать как для такого же числа квартир с этими газовыми приборами;
2. Значение коэффициента одновременности для емкостных водонагревателей, отопительных котлов или отопительных печей рекомендуется принимать равным 0,85 независимо от количества квартир.

Номограммы для определения эквивалентных длин

Природный газ
$\rho = 0{,}73$ кг/м^3, $\nu = 14{,}3 \cdot 10^{-6}$ м^2/с



Пропан
$\rho = 2{,}0$ кг/м^3, $\nu = 3{,}7 \cdot 10^{-6}$ м^2/с



Приложение 16

Значение коэффициентов местных сопротивлений

Вид местного сопротивления	Значение ζ	Вид местного сопротивления	Значение ζ для условных диаметров, мм					
			15	20	25	32	40	≥ 50
Внезапное сужение	0,35*	Угольник 90 °	2,2	2,1	2,0	1,8	1,6	1,1
Тройник проходной	1**	Пробочный кран	4	2	2	2	2	2
Тройник поворотный (ответвление)	1,5**	Вентиль прямой	11	7	6	6	6	5
Крестовина проходная	2**	Вентиль «косва»	3	3	3	2,5	2,5	2
Крестовина поворотная	3**	–	Значение ζ для условных диаметров задвижек, мм					
			50–100		175–200		300 и более	
Отвод гнутый 90 °	0,3	Задвижка	0,5		0,25		0,15	

Примечания: 1. * ζ – отнесен к участку с меньшим диаметром;
2. ** ζ – отнесен к участку с меньшим расходом газа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стаскевич Н. Л. Справочник по газоснабжению и использованию газа / Н. Л. Стаскевич, Г. Н. Северинец, Д. Я. Вигдорчик. – Л.: Недра, 1990.
2. СНиП 42–01–2002. Газораспределительные системы. – М.: Госстрой России. ГУП ЦПП, 2003.
3. СНиП 2.04.08–87*. Газоснабжение / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя России, 1994.
4. Ионин А. А. Газоснабжение / А. А. Ионин. – М.: Стройиздат, 1989.
5. Енин П. М. Газоснабжение жилищно-коммунальных объектов / П. М. Енин, М. Б. Семенов, Н. И. Тахтамыш. – Киев: Будівельник, 1981.
6. СНиП 23–01–99. Строительная климатология. – М.: Госстрой России. ГУП ЦПП, 1999.
7. СНиП 2.04.07–86*. Тепловые сети / Госстрой России. – М.: ЦИТП Госстроя России, 1994.
8. Гуськов Б. И. Газификация промышленных предприятий / Б. И. Гуськов, Б. Г. Кряжев. – М.: Стройиздат, 1982.
9. Кязимов, К. Г. Основы газового хозяйства / К. Г. Кязимов, В. Е. Гусев. – М.: Высшая школа, 2000.
10. Скафтымов Н. А. Основы газоснабжения / Н. А. Скафтымов. – Л.: Недра, 1975.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

1. Расчет характеристик газообразного топлива 5
2. Определение численности населения проектируемого района города 6
3. Расчет потребления газа 7
   - 3.1. Определение годовых расходов газа 7
   - 3.2. Определение расчетных часовых расходов газа 11
   - 3.3. Определение удельных часовых расходов газа 13
4. Трассировка газовых сетей 14
5. Определение расчетных расходов газа на участках кольцевых газопроводов 16
   - 5.1. Методика расчета кольцевых сетей низкого давления 16
   - 5.2. Порядок определения сосредоточенных и удельных путевых расходов газа по контурам газовой сети 17
   - 5.3. Определение путевых расходов газа на участках кольцевой сети 18
   - 5.4. Определение расчетных часовых расходов газа на участках кольцевой сети 19
6. Гидравлический расчет газопроводов 20
   - 6.1. Основные понятия и расчетные уравнения 20
   - 6.2. Определение расчетного перепада давления для газовых сетей низкого давления 22
   - 6.3. Расчет уличных распределительных кольцевых сетей низкого давления 23
   - 6.4. Расчет внутриквартального газопровода 25
   - 6.5. Расчет внутридомового газопровода 27
   - 6.6. Расчет газопроводов среднего и высокого давлений 29

ПРИЛОЖЕНИЯ 1–16 33

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 51