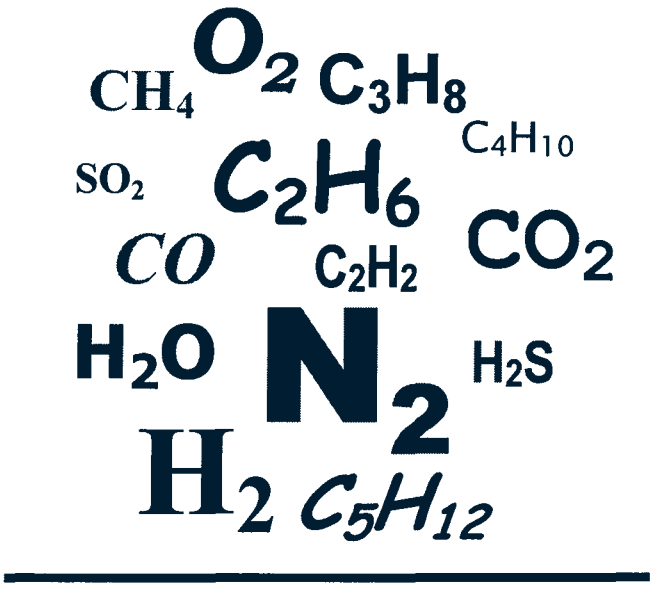
РАСЧЕТ ГАЗОВЫХ СЕТЕЙ



УЛЬЯНОВСК 2001

Министерство образования Российской Федерации Ульяновский
государственный технический университет

РАСЧЕТ ГАЗОВЫХ СЕТЕЙ

Методические указания к курсовому и
дипломному проектированию

Составитель А.А. Кудинов

Ульяновск 2001

УДК 696.2 (076)
ББК 38.762 я 7 Р24

Рецензент начальник топливной инспекции Управления Ульяновскгосэнергонадзор А.В. Горячев

Одобрено секцией методических пособий научно-методического совета университета

Расчет газовых сетей:
Р24 Методические указания к курсовому и дипломному проектированию / Сост. А.А. Кудинов. Ульяновск: УлГТУ, 2001. 44 с.

Изложен материал для определения состава, объема и последовательности выполнения курсового и технологической части дипломного проектов по газоснабжению населенных пунктов. Приводятся краткие теоретические сведения, подробные указания по выполнению необходимых расчетов и таблицы оформления результатов числовых вычислений.

Методические указания составлены в соответствии с программой дисциплины «Газоснабжение» для высших учебных заведений по специальности 2907 «Теплогазоснабжение и вентиляция».

Работа подготовлена на кафедре ТГВ.

УДК 696.2 (076) ББК
38.762 я 7

© Ульяновский государственный технический университет, 2001

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ..... 4

1. РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА 5

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРОЕКТИРУЕМОГО РАЙОНА ГОРОДА 6

3. РАСЧЕТ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗА 8

3.1 Определение годовых расходов газа 8

3.2 Определение расчетных часовых расходов газа 13

3.3 Определение удельных часовых расходов газа по зонам застройки 15

4. ТРАССИРОВКА ГАЗОВЫХ СЕТЕЙ 16

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ ГАЗА НА УЧАСТКАХ КОЛЬЦЕВЫХ ГАЗОПРОВОДОВ..... 19

5.1 Определение сосредоточенных и удельных путевых расходов газа по контурам сети 19

5.2 Определение путевых расходов газа на участках кольцевой сети 20

5.3 Определение расчетных часовых расходов газа на участках кольцевой сети 21

6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ГАЗОПРОВОДОВ 24

6.1 Основные понятия и расчетные уравнения 24

6.2 Определение расчетного перепада давления для газовых сетей низкого давления 27

6.3 Расчет уличных распределительных кольцевых сетей 30

6.4 Расчет внутриквартального газопровода 30

6.5 Расчет внутридомового газопровода 32

6.6 Расчет газопроводов среднего и высокого давлений 34

ПРИЛОЖЕНИЕ..... 37

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 43

ВВЕДЕНИЕ

Выполнение курсового проекта имеет целью закрепить теоретический материал по основным вопроса курса «Газоснабжение», приобрести навыки самостоятельной работы в области проектирования систем газоснабжения и опыт работы со справочной и специальной литературой.

В задании на курсовой проект указываются: 1) климатический район газифицируемого населенного пункта; 2) вид покрытая проездов и тротуаров;
3) размеры селитебной территории на одного человека;
4) наружный строительный объем жилых зданий на одного человека;
5) источник газоснабжения; 6) давление газа в точке подключения (после газораспределительной станции (ГРС)); 7) расстояние от ГРС до городской газовой сети; 8) расположение ГРС относительно района города; 9) процент охвата газоснабжением хозяйственно-бытовых, коммунальных и сосредоточенных потребителей; 10) узел (элемент) газовой сети, подлежащий детальной разработке.
К заданию на курсовой проект прилагаются: генплан проектируемого района с указанием этажности каждого квартала; план расчетного квартала;
план газифицируемого здания (жилого дома) с указанием этажности.

В содержание проекта входят:

1. Расчетно-пояснительная записка (объем 25—40 с.): а) введение;
6) расчет характеристик газообразного топлива; в) расчет численности населения проектируемого района по однохарактерным зонам застройки; г) расчет потребления газа по зонам застройки; д) трассировка газопроводов и определение оптимального количества газораспределительных пунктов (ГРП);
е) определение путевых и расчетных расходов газа по участкам кольцевой сети; ж) гидравлический расчет газопроводов; з) выводы; и) библиографический список; к) содержание.

2. Графическая часть (объем 2-3 листа формата А1): 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 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 проекте необходимо разработать двухступенчатую систему распределения газа с выполнением первой ступени газопроводами среднего (высокого) давления, а второй - низкого давления. От сети среднего (высокого) дав-

ления запроектировать сосредоточенные потребители: ГРП, котельную, хлебозавод, баню, прачечную. При этом котельная располагается с учетом «розы ветров» для проектируемого района, а хлебозавод, баня и прачечная - произвольно. От сети низкого давления проектируются хозяйственно-бытовые и коммунальные потребители, перечень которых принимается по СНиП 2.04.08-87 . Сеть низкого давления должна быть запроектирована кольцевой.

1. РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА

Теплота сгорания (высшая или низшая) сухого газообразного топлива (газа) определяется по формуле

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

где Q^c - теплота сгорания сухого газа, кДж/м^3;

$Q_1, Q_2, \ldots, Q_k$ – теплота сгорания компонентов, составляющих газообразное топливо, кДж/м^3 [3, табл. 8.1];

$x_1, x_2, \ldots, x_3$ - объемные доли компонентов, составляющих газообразное топливо, %.

Высшею и низшею теплоту сгорания сложного газообразного топлива можно определить по [3, с. 286].

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

$$p = (p_1 x_1 + p_2 x_2 + \ldots + p_k x_k)/100\%, \qquad (1.2)$$

где p - плотность сухого газа, кг/м^3;

$p_1, p_2, \ldots, p_k$ – плотности компонентов, кг/м^3.

Относительная плотность $p^c_{отн}$ сухого газа по воздуху равна

$$p^c_{отн} = p^c/p_в, \qquad (1.3)$$

где $p_в$ = **1,293** - плотность воздуха при нормальных условиях, кг/м^3.

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

$$C_m H_n + (m + \frac{n}{4}) \cdot O_2 = m \cdot CO_2 + \frac{n}{2} \cdot H_2O + Q, \qquad (1.4)$$

где m,n - число атомов углерода и водорода в углеводородных соединениях;

Q- тепловой эффект реакции горения (теплота сгорания).

Используя уравнение (1.4), можно получить

$$V^o = (9{,}52x_1 + 4{,}76(m + \frac{n}{4}) \cdot \sum_{j=2}^{k} x_j) / 100\%, \qquad (1.5)$$

где $V°$ - теоретически необходимое количество воздуха (при α = **1**), м^3 возд./м^3 газа;

$x_1 = CH_4$;

x_j - j-й предельный углеводород; **y = 2,3,..., k;**

k - количество компонентов (предельных углеводородов) в газообразном топливе.

В общем случае теоретическое количество воздуха необходимое для сгорания 1 м^3 сухого газа равно

$$V^o = 0{,}0476 \cdot [0{,}5CO + 0{,}5H_2 + 1{,}5H_2S + \sum(m + \frac{n}{4}) \cdot C_mH_n - O_2], \qquad (1.6)$$

где CO, H_2, H_2S, C_mH_n, O_2 - содержание отдельных компонентов газообразного топлива, %.

Реакция горения и теплоты сгорания сухих газов при нормальных физических условиях приведены в [3, табл. 8.1].

Характеристики газа, определенные по приведенным формулам, сводят в таблицу 1.1.

Таблица 1.1

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

Теплота сгорания $Q^2_н$,кДж/м^3	Плотность p^c , кг/м^3	Относительная плотность $p^c_{отн}$	Объем воздуха V^0, м^3/м^3
1	2	3	4

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПРОЕКТИРУЕМОГО РАЙОНА ГОРОДА

Общая численность населения района подсчитывается, исходя из плотности жилого фонда (этажности застройки), размеров селитебной территории (жилой площади) на одного человека и площади каждого квартала.

Плотность жилого фонда ***S***, м^2/га, (м^2 общей площади на 1 га территории микрорайона) принимается с учетом этажности зданий по [5, п п. 5.16, 5.18, 5.32, 5.36].

Размеры селитебной территории f , м^2/чел, устанавливают, исходя из средней жилищной обеспеченности населения общей площадью (см. п. 5.7 СНиП П-60-75*). Принимают: а) $\boldsymbol{f}$ = **13.5** м^2/чел - на первую очередь строительства; б) $\boldsymbol{f}$ = **18** м^2/чел - на расчетный срок; в) f = 23 м^2/чел -для расчета резервных территорий за приделами расчетного срока.

Площадь квартала $\boldsymbol{F_{кв}}$, га, определяется расчетом по генплану. Рассчитывают плотность населения $\boldsymbol{a}$, чел/га, проживающего на одном гектаре площади микрорайонной застройка, для рассматриваемой этажности по формуле

$$a_k = S_k / f, \qquad (2.1)$$

где $\boldsymbol{k = 1, 2, ..., 12}$ - этажность зданий.

Определяют численность населения по зонам застройки, на которые разбивают всю 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 каждая зона застройки включает кварталы одинаковой этажности.

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

$$N_{кв} = F_{кв} \bullet a_{кв} \qquad (22)$$

Тогда численность населения в зоне застройки $\boldsymbol{N_{зон}}$, чел, будет равна

$$N = \sum_{i=1}^{n_1} N_{кв}^{(i)}, \qquad (2.3)$$

где $\boldsymbol{i = 1, 2, ..., n_1}$;

n_1 - количество кварталов одинаковой этажности в рассматриваемой зоне застройки. Результаты расчетов сводим в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Результаты расчета численности населения зоны, включающей кварталы 5-этажной застройки

Номер квартала по генплану	Площадь квартала, $F_{кв}$, га	Плотность населения $\boldsymbol{a}$, чел/га	Число жителей в квартале $N_{кв}$, чел
7	2,4	356	854
8	1,82		684
12	2,1		747
Итого:	6,32		2285

Проверка: 6,32 • 356 = 2285.

Примечание: количество, номера, площади кварталов, а также пятиэтажная зона застройки приняты условно.

Аналогичные таблицы необходимо составить для всех зон застройки. Определяют общую численность населения *N район* и площадь *F район* проектируемого района города.

$$N_{район} = \sum_{j=1}^{n_2} N_{зон}^{(j)} \qquad F_{район} = \sum_{j=1}^{n_2} F_{зон}^{(j)} \qquad (2.4)$$

где $N_{зон}^{(j)}$ и $F_{зон}^{(j)}$ - численности населения и площади отдельных зон соответственно;

j= 1, 2, … n₂;

n_2 — количество зон застройки в проектируемом районе. Средняя плотность населения *m*, чел/га, равна.

$$m = N_{район}/F_{район} \qquad (2.5)$$

3. РАСЧЕТ ПОТРЕБЛЕНИЯ ГАЗА

Городские потребители расходуют газ неравномерно. Для выявления особенностей неравномерности расхода газа городские потребители 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

Нормы годового расхода тепла на хозяйственно-бытовые и коммунальные нужды приведены в табл. 2 СНиП 2.04.08-87 . Годовой расход газа на бытовые нужды определяют по численности населения города (района) и нормам газопотребления на одного человека. Годовой расход газа на коммунально-бытовые нужды определяют в зависимости от пропускной способности предприятия и норм расхода газа.

При определении расчетного числа единиц практикой установлено [1J:

1. Число расчетных единиц на приготовление пищи и горячей воды в домашних условиях принимают равным количеству жителей, проживающих в рассматриваемом квартале или зоне застройки.

2. Количество белья, подлежащего стирке, определяют по удельному выходу на одного человека в год (100 кг) и общей численности населения. При этом следует считать, что 50% годового количества белья стирается в домашних условиях, и 50% — в прачечных.

3. При определении количества помывок можно исходить из расчета, что каждый человек моется один раз в неделю (52 помывки в год). При этом 20 - 50% общей численности населения моется в банях, а остальные - в ваннах квартир.

4. Количество расчетных единиц на общественное питание необходимо определять из условия, что столовые и рестораны посещают 25 - 30% всего населения. При этом считается, что каждый человек потребляет в день один обед и один ужин (завтрак).

5. Число расчетных единиц (коек) в больницах следует принимать равным 12 на 1000 человек, а число расчетных единиц (посещений) в поликлиниках - 26 на 1000 жителей.

6. Расчет расхода газа для хлебозаводов и пекарен следует производить из условия, что объем суточной выпечки на 1000 жителей составляет 0,6 - 0,8 тонн.

7. Потребление газа предприятиями бытового обслуживания (ателье, мастерские, парикмахерские, магазины и др.) необходимо принимать в размере до 10% суммарного расхода газа на хозяйственные и коммунально-бытовые нужды.

Руководствуясь табл. 2 СНиП 2.04.08-87 и используя перечисленные выше данные, рассчитывают годовой расход газа на хозяйственные и коммунально-бытовые нужды по формуле:

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

где Q - годовой расход газа, м^3/год;

q - норма расхода тепла на одну расчетную единицу, МДж/год (принимается по табл. 2 СНиП 2.04.08-87*);

N - количество расчетных единиц;

Q^{c}_{N} -низшая теплота сгорания сухого газа, МДж/м^3.

Результаты расчета годового расхода газа на хозяйственные и коммунально-бытовые нужды удобно оформить в виде таблиц 3.1 и 3.2.

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

При переводе промышленных потребителей на газовое топливо исходят из фактических расходов применяющегося ранее топлива и вводят поправку на изменение КПД оборудования и приборов.

В этом случае расход газового топлива равен

$$Q_{газ} = G_{пр}\, Q^{пр}_{н}\, \eta_{пр} / (Q^{c}_{пр}\, \eta_{газ}), \qquad (3.2)$$

где $Q_{газ}$ - расход газа, м^3/ч;

$G_{пр}$ - расход топлива, применяемого потребителем до перевода на газ, кДж/ч;

$Q^{пр}_{н}$ - низшая теплота сгорания топлива, применяемого потребителем до перевода на газ, кДж/кг;

$Q^c_{пр}$ - низшая теплота сгорания сухого газа, кДж/м^3 ;

$\eta_{пр}$ и $\eta_{газ}$ – КПД установки, работающей на применяемом ранее топливе и на газе соответственно.

Таблица 3.1

Годовой расход газа на хозяйственные и коммунально-бытовые нужды

Назначение расходуемого газа	Показатель потребления	Количество расчетных единиц	Норма расхода тепла *q*, МДж/год	Годовой расход газа *Q*, м^3/год
Пятиэтажные жилые дома				
Бытовое потребление				
Приготовление пищи	На 1 чел. в год	$N_1 = N^{(5)}_{зон}$	2800	$Q_1 = N_1 \frac{2800}{Q^c_н}$
Стирка белья в прачечных	На 1 т сухого белья	$N_2 = N^{(5)}_{зон} \frac{100}{1000} 0{,}5$	18800	$Q_2 = N_2 \frac{2800}{Q^c_н}$
Итого: $\sum Q^{(5)}_{б} = Q_1 + Q_2$				
Коммунально-бытовое потребление				
Больницы-приготовление пищи и горячей воды	На 1 койку в год	$N_3 = N^{(5)}_{зон} \frac{12}{1000}$	12392	$Q_3 = N_3 \frac{18800}{Q^c_н}$
Поликлиники	На 1 посетителя в год	$N_4 = N^{(5)}_{зон} \frac{26}{1000}$	83	$Q_4 = N_4 \frac{83}{Q^c_н}$
Столовые и рестораны	На 1 обед, завтрак	$N_5 = N^{(5)}_{зон} \cdot 0{,}3 \cdot 365$	4+2=6	$Q_5 = N_5 \frac{6}{Q^c_н}$
Итого: $\Sigma Q^{(5)}_{k\text{-}б} = Q_3 + Q_4 + Q_5$				
Всего: $Q^{(5)}_{зон} = \Sigma Q^{(5)}_{б} + \Sigma Q^{(5)}_{k\text{-}б}$				
Девятиэтажные жилые дома				
Бытовое потребление				
Приготовление пищи при наличии ГП и ГВС	На 1 чел. в год	$N_1 = N^{(9)}_{зон}$	2679	$Q_1 = N_1 \frac{2679}{Q^c_н}$
Итого: $\Sigma Q^{(9)}_{б} = Q_1$				
Коммунально-бытовое потребление				
Итого: $\Sigma Q^{(9)}_{k\text{-}б} = Q_2 + Q_3 + Q_4$				
Всего: $Q^{(9)}_{зон} = \Sigma Q^{(9)}_{б} + \Sigma Q^{(9)}_{k\text{-}б}$				

Годовой расход газа по району, потребляемый сетями низкого давления (СНД) $Q^{год}_{снд}$ м^3/год, равен

$$Q^{год}_{снд} = Q^{(5)}_{зон} + Q^{(9)}_{зон} \qquad (3.3)$$

Примечание: зоны пяти- и девятиэтажных застроек приняты условно.

Таблица 3.2

Годовой расход газа крупными коммунально-бытовыми потребителями

Назначение расходуемого газа	Показатель потребления	Количество расчетных единиц	Норма расхода тепла *q*, МДж/год	Годовой расход газа Q, м^3/год
Бани	1 помывка	$N_1 = N_{район}\ 52(0{,}2 \div 0{,}5)$	40	$Q_1 = N_1 \frac{40}{Q^c_н}$
Прачечные	На 1 тонну сухого белья	$N_2 = N_{район} \frac{100 \cdot 0{,}5}{1000}$	18800	$Q_2 = N_2 \frac{18800}{Q^c_н}$
Хлебозавод	На 1 тонну изделия	$N_3 = N_{район} \frac{(0{,}6 \div 0{,}8)}{1000} 365$	5450	$Q_3 = N_3 \frac{5450}{Q^c_н}$
итого: $\Sigma Q^{крупн}_{k\text{-}\delta} = Q_1 + Q_2 + Q_3$				

Всего на хозяйственные и коммунально-бытовые нужды расходуется газа:

$$Q^{год}_{хоз} = Q^{год}_{снд} + Q^{крупн}_{k-\delta} \qquad (3.4)$$

Считаем, что предприятиями бытового обслуживания (ателье, мастерские, парикмахерские, магазины и др.) потребляется 10% суммарного расхода газа на хозяйственные и коммунально-бытовые нужды. Тогда общий годовой расход газа на бытовые и коммунально-бытовые нужды $Q^{год}_{ком}$, м^3/год будет равен

$$Q^{год}_{ком} = 1{,}1 \cdot Q^{год}_{хоз} \qquad (3.5)$$

Годовой расход газа на котельную включает в себя расходы на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение всего района.

Рассчитывают годовой расход газа на отопление $Q^{год}_{от}$, м^3/год, жилых и общественных зданий по формуле [2]

$$Q_{от}^{год} = \frac{a \cdot q_o (t_o - t_{н.ср.от}) \cdot 24 n_{от} \cdot V_н}{Q_н^c \cdot \eta_к}, \quad (3.6)$$

где a - поправочный коэффициент, принимаемый в зависимости от расчетной температуры наружного воздуха (при $t_н$ **≥ -10** °С ***а* =1,2;** при $t_н$ = **-20**°С ***а* =1,1**; при $t_н$ = **-30**°С ***а*=1;** при $t_н$ **≤ -40°С *а*=0,9);**

q - удельная оптимальная характеристика здания, кДж/(м^3 ч ^{o}С);

$t_в$ — средняя расчетная температура внутреннего воздуха, °С;

$t_{н.ср.от}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период,**°С;**
$n_{от}$ — продолжительность отопительного периода, принимается по [б], сут;

$V_н = V_o \bullet N_{район}$ – наружный строительный объем отапливаемых зданий, м^3;
V_o - наружный строительный объем зданий на одного человека, мЗ/чел;

$\eta_к$ - КПД отопительной установки (для котельных η = **0,8 — 0,9**);
$Q^c_н$ - низшая теплота сгорания газа, кДж/м^3 .

Годовой расход газа на вентиляцию общественных зданий, м^год, можно определить из выражения

$$Q_в^{год} = \frac{(t_в - t_{н.ср.в}) \cdot q_в \cdot 24 n_{от} \cdot V_в}{Q_н^c \cdot \eta}, \quad (3.7)$$

где ($t_{н.ср.в}$ -средняя температура наружного воздуха для расчета вентиляции, °С

(допускается принимать $t_{н.ср.в} = t_{н.ср.от}$);

$q_в$ - удельная вентиляционная характеристика здания, кДж/(м^3 ч ^{o}С);

$V_в$ - наружный строительный объем общественных зданий, в которых установлены системы принудительной вентиляции.

Значения средней удельной вентиляционной характеристики общественных зданий приведены в [2]. При отсутствии классификации общественных зданий можно принимать $q_в$= **0,837** кДж/(м^3 ч ^{o} С) или

$$Q_в^{год} = (0{,}1 \div 0{,}2) \cdot Q_{от}^{год} \quad (3.8)$$

Годовой расход газа на централизованное горячее водоснабжение (ГВС) $Q_{гв}^{год}$, м^3/год, от котельных определяют по формуле [1]

$$Q_{гв}^{год} = [n_{от} + (350 - n_{от})\frac{60 - t_{хл}}{60 - t_{хз}} \cdot \beta] \cdot 24 \cdot q_{гв} \cdot N / (\eta \cdot Q_н^c), \quad (3.9)$$

где $t_{хз}$, $t_{хл}$ — температуры холодной воды в отопительный и летний периоды, °С;

$q_{гв}$ – укрупненный показатель среднечасового расхода тепла на ГВС, кДж/(ч чел);

N - число жителей, пользующихся ГВС;

β - коэффициент, учитывающий снижение расхода горячей воды в летний период (β=**0,8 - 1,0);**

$Q^c_н$ - низшая теплота сгорания газа, кДж/м^3.

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

$$Q_{район}^{год} = Q_{ком}^{год} + Q_{от}^{год} + Q_{в}^{год} + Q_{гв}^{год} \quad (3.10)$$

На этот расход рассчитывается газораспределительная станция (ГРС).

3.2. Определение расчетных часовых расходов газа

Часовой расход газа на бытовые и коммунально-бытовые нужды определяют как долю суммарного годового расхода газа на эти нужды по формуле (1) СНиП 2.04.08-87*

$$Q_{зон}^{ч} = K_m Q_{зон}^{год} \quad (3.11)$$

где $Q_{зон}^{ч}$ – часовой расход газа на бытовые и коммунально-бытовые нужды (без отопления), м3/ч;

$Q_{зон}^{год}$ – годовой расход газа на бытовые и коммунально-бытовые нужды, м^3/год;

K_m, - коэффициент часового максимума (перехода от годового расхода газа к максимальному часовому расходу).

Значения коэффициентов часового максимума расходов газа на бытовые нужды (без отопления) в зависимости от числа жителей (K^n_{max}),снабжаемых газом, приведены в табл. 4 СНиП 2.04.08-87*, а на коммунально-бытовые нужды - в табл. 5. Значения коэффициентов часового максимума расхода газа по отраслям промышленности приведены в прил. 2 СНиП 2.04.08-87'.

Средний часовой расход газа на отопление Q^, м^ч, подсчитывается путем деления годового расхода газа на число часов использования котельной, которое определяется по формуле

$$n = 24 \cdot n_{от} \frac{(t_в - t_{н.ср.от})}{(t_в - t_{н5})}, \qquad (3.12)$$

где n - число часов использования котельной, ч;

$t_{н5}$ – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, **°С.** Тогда

$$Q^ч_{от} = Q^{год}_{от} / n \qquad (3.13)$$

Средний часовой расход газа на вентиляцию жилых и общественных зданий $Q^ч_в$, $м^3/ч$, определяют из выражения

$$Q^ч_в = Q^{год}_в /(24 \cdot n_{от}). \qquad (3.14)$$

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

$$Q^ч_{гв} = \frac{2{,}2 q^ч_{гв.ср.}}{Q^с_н \cdot \eta_к} \qquad (3.15)$$

Здесь $q^ч_{гв.ср.}$ - среднечасовой расход тепла на ГВС, кДж/ч.

$$q^ч_{гв.ср.} = q_{гв.} \cdot N \qquad (3.16)$$

где $q_{гв}$ - укрупненный показатель среднечасового расхода тепла на ГВС на 1 жителя, кДж/(ч-чел) (принимается по справочным даным);

$\eta_к$ - КПД котельной;

N - число жителей, пользующихся централизованным ГВС. Максимальный часовой расход тепла на централизованное горячее водоснабжение равен

$$q^{макс}_{гв.} = (2 \div 2{,}4) q^ч_{гв.ср} \qquad (3.17)$$

Часовой расход газа на котельную в целом составит

$$Q^ч_{кот} = Q^ч_{от} + Q^ч_в + Q^ч_{гв} \qquad (3.18)$$

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

$$Q^ч_{район} = Q^ч_{ком} + Q^ч_{кот} \qquad (3.19)$$

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

Таблица 3.3

Результаты расчета часового расхода газа

Назначение расходуемого газа	Годовой расход газа ***Q***, м^3 /год	Коэффициент часового максимума $\boldsymbol{K_m}$	Часовой расход газа Q, м^3/ч
Бытовое потребление	$Q_{\delta}^{(5)}$	$K_{m\cdot\delta}^{(5)}$	$Q_{\delta}^{(5)} \cdot K_{m\cdot\delta}^{(5)}$
Коммунально-бытовое потребление	$Q_{k-\delta}^{(5)}$	$K_{m}^{(k-\delta)}$	$Q_{k-\delta}^{(5)} \cdot K_{m}^{(k-\delta)}$
			Σ=
Бытовое потребление	$Q_{\delta}^{(9)}$	$K_{m\cdot\delta}^{(9)}$	$Q_{\delta}^{(9)} \cdot K_{m\cdot\delta}^{(9)}$
Коммунально-бытовое потребление	$Q_{k-\delta}^{(9)}$	$K_{m}^{(k-\delta)}$	$Q_{k-\delta}^{(9)} \cdot K_{m}^{(k-\delta)}$
			Итого: $Q_{снд}^{ч} = 1{,}1\sum$
Бани	$Q_{бан}^{год}$	1/2000	$1{,}1 \cdot Q_{бан}^{год} \cdot K_{m}^{бан}$
Прачечные	$Q_{прач}^{год}$	1/2600	$1{,}1 \cdot Q_{прач}^{год} \cdot K_{m}^{прач}$
Хлебозавод	$Q_{хлеб}^{год}$	1/6000	$1{,}1 \cdot Q_{хлеб}^{год} \cdot K_{m}^{хлеб}$
Котельная	$Q_{кот}^{год}$		$Q_{кот}^{ч}$

$$Q_{кот}^{ч} = Q_{снд}^{ч} + Q_{бан}^{ч} + Q_{прач}^{ч} + Q_{хлеб}^{ч}$$

Примечание: коэффициент 1,1 учитывает долю потребления газа предприятиями бытового обслуживания (ателье, мастерскими, парикмахерскими и др.).

3.3. Определение удельных часовых расходов газа по зонам застройки

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)).

Удельные расходы газа по зонам застройки определяются по следующим формулам

$$e_{зон}^{(5)} = \frac{\sum(Q_{\delta}^{(9)} \cdot K_{m.\delta}^{(9)} + Q_{k-\delta}^{(5)} \cdot K_{m}^{(k-\delta)})}{N_{зон}^{(5)}}; \quad (3.20)$$

$$e_{зон}^{(9)} = \frac{\sum(Q_{\delta}^{(9)} \cdot K_{m.\delta}^{(9)} + Q_{k-\delta}^{(9)} \cdot K_{m}^{(k-\delta)})}{N_{зон}^{(9)}}, \quad (3.21)$$

где $Q_{\delta}^{(5)}$ и $Q_{k-\delta}^{(5)}$ - годовые расходы газа соответственно на категории «бытовые» и «коммунально-бытовые» потребители зоны 5-этажной застройки, м^3/год;

$K_{m\cdot\delta}$ и $K_{m}^{(k-\delta)}$ - коэффициент часового максимума соответственно на бытовые и коммунально-бытовые нужды;

$N_{зон}^{(5)}$ – численность населения зоны 5-этажной застройки, чел.

$Q_{\delta}^{(9)}, Q_{k-\delta}^{(9)}, Q_{m\cdot\delta}^{(9)}, N_{зон}^{(9)}$ – аналогичные показатели зоны 9-этажной застройки.

Расчетный часовой расход газа по каждому кварталу $Q^4_{кв,р}$, м^3/ч, будет равен

$$Q^4_{кв,р} = N_{кв} * e_{зон} \quad (3.22)$$

Сумму расходов газа по кварталам зоны, а затем всех зон застройки сопоставляют с часовыми расчетными расходами, найденными по формуле (3.10) (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 *е*, м^3/ч·чел), равен

$$e = Q^{ч}_{снд} / N_{район} \quad (3.23)$$

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

При проектировании многоступенчатых систем газоснабжения возникает вопрос об экономически оптимальном радиусе действия *К^цт*

ГРП. С увеличением числа ГРП уменьшается стоимость сети низкого давления, но повышается общая стоимость ГРП, а также стоимость сети среднего (высокого) давления, которая питает ГРП.

Под радиусом действия ***R,*** м, ГРП понимают среднее расстояние по прямой от ГРП до точек встречи потоков газа на границе раздела.

$$R = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \sqrt{\frac{F}{n}}, \qquad (4.1)$$

где F — газифицируемая площадь, населенного пункта (района) включающая площадь проездов, м^2;

n - количество ГРП, шт.

$$R = 6{,}5 \frac{\phi^{0{,}588} \cdot \Delta P^{0{,}081}}{\varphi^{0{,}245} \cdot (m \cdot e)^{0{,}143}}, \qquad (4.2)$$

где ϕ - стоимость одного ГРП, руб;

ΔP — расчетный перепад давления в сетях. Па;

(φ — коэффициент структуры сети низкого давления,

(φ=0,015+0,003· m/ 100);

m - плотность населения на 1 га площади застройки, чел/га;

e - удельный расход газа на 1 человека для потребителей, присоединяемых к сети низкого давления, м^3/ч·чел).

Для упрощения расчетов по формуле (4.2) необходимо пользоваться графиками [1, с. 207].

Наиболее экономичным считается $R_{опт}$=*400-800 м*.

Задаваясь или определив по формуле (4.2) *Rgnm*' подсчитывают количество ГРП, используя (4.1)

$$n=F/(2\ R^2). \qquad (4.3)$$

Оптимальную пропускную способность (нагрузку) одного ГРП $Q_{опт}$ $м^3/ч$, определяют но формуле

$$Q=m \bullet e\ R^2\ /5000. \qquad (4.4)$$

Тогда

$$n=Q^{ч}_{снд}/Q_{опт} \qquad (4.5)$$

Если в проекте не удается выдержать оптимальное количество ГРП, то лучше запроектировать меньшее число станций [I]. Пропускная способность ГРП обычно составляет 1000 - 3000 $м^3$/ч.

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

В практике проектирования 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:

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 внутридомо-вых газопроводов, проверяя полное использование заданного перепада давления.

5.1. Определение сосредоточенных и удельных путевых расходов газа по контурам газовой сети

Расчет производят в следующей последовательности:

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 (3.22).

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 $\boldsymbol{q_l}$, м^3/(ч·м) для каждого кольца по формуле

$$\boldsymbol{q_l = Q_k / L_k}\,, \qquad (5.1)$$

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

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 $\boldsymbol{Q_{кв.р.}}$, м^3/ч	Длина контура $\boldsymbol{L_k}$, м	Удельный путевой расход газа q_l, м^3/(ч·м)
I	2,8,9,12, 17,...	$Q^{(2)}_{кв.р} = ;$ $Q^{(8)}_{кв.р} = ; \ldots$	$\boldsymbol{L^I_k} =$	$Q^I_l = \boldsymbol{Q^I_k / L^I_k}$
$Q^I_k = \sum Q_{кв.р}$				
II				
Итого: $\sum Q_к = Q^ч_{снд}$				

Примечание: номера кварталов приняты условно.

5.2. Определение путевых расходов газа на участках кольцевой сети

Количество газа, поступающего к потребителям по длине (пути) расчетного участка, называется путевым расходом ($\boldsymbol{Q_n}$, 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 принимают пропорциональным его длине

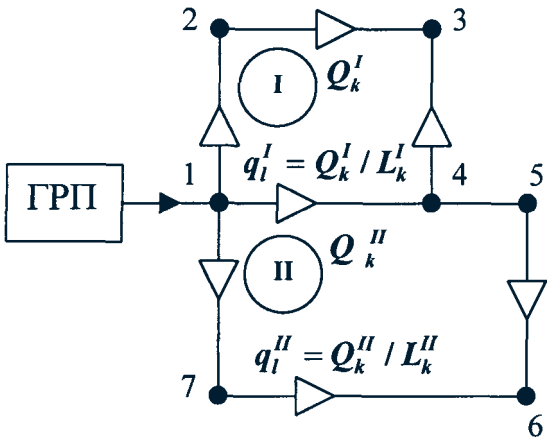
$$Q^{уч}_{n} = q_l * l_{уч}, \qquad (5,8)$$

где $Q^{уч}_{n}$ - путевой расход газа на участке, м^3/ч;

q_l - удельный путевой расход газа по периметру газового кольца, м^3/ч·м);

$l_{уч}$ - длина расчетного участка, м.

Путевые расходы для отдельных расчетных участков системы газоснабжения, представленной на рис.5.1, вычисляют по следующим соотношениям:



$$Q^{3-2}_{n} = q^{I}_{l} \cdot l_{3-2};$$

$$Q^{5-4}_{n} = q^{II}_{l} \cdot l_{5-4};$$

$$Q^{4-1}_{n} = (q^{I}_{l} + q^{II}_{l}) \cdot l_{4-1};$$

$$L^{I}_{k} = l_{3-2} + l_{2-1} + l_{3-4} + l_{4-1};$$

$$L^{II}_{k} = l_{6-5} + l_{5-4} + l_{4-1} + l_{6-7} + l_{7-1};$$

Рис. 5.1. Схема газовой сети низкого давления

Путевой расход газа Q^{4-1}_{n} на участке 1-4, 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 сходится с $Q^{ч}_{снд}$, *м*^{3}*/ч.* (третья проверка сходимости расходов газа).

Результаты расчетов путевых расходов сводят в табл. 5.2.

5.3. 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, прил. 5, п. 6]:

$$Q_p = Q_T + \alpha \cdot Q_n \,, \qquad (5.3)$$

где Q_p, Q_T, Q_n - соответственно расчетный, транзитный и путевой расход газа, м^3/ч;

а - коэффициент, зависящий от соотношения Q_n и Q_T и числа мелких потребителей, составляющих Q_n.

Для распределительных газопроводов принимают *а* = **0,5** [4]. На рис. 5.2 представлены различные схемы присоединения потребителей к участку газопровода длиной /.

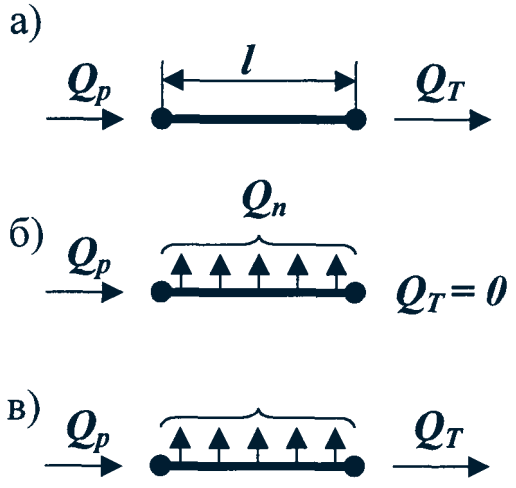


Рис. 5.2. Схема присоединения потребителей к участку газопровода

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 / эта нагрузка является транзитным расходом Q_T . В этом случае

$$Q_p = Q_T \qquad (5.4)$$

На схеме рис. 5.2 б) показан участок газопровода, к которому подсоединено большое число мелких потребителей, т.е. путевая нагрузка **(?„.**

Транзитного расхода участок не имеет, расчетный расход равен

$$Q_p = \alpha \cdot Q_n \qquad (5.5)$$

На рис. 5.2 в) приведена общая схема расхода газа на участке, когда участок имеет и путевой и транзитный расходы

$$Q_p = Q_T + \alpha \cdot Q_n \qquad (5.6)$$

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

Для схемы, представленной на рис. 5.1, например, для участков 3 - 2, 2 - 1, и ГРП - 1, имеем:

$$Q_p^{3-2} = Q_T^{3-2} + \alpha \cdot Q_n^{3-2}; \qquad Q_T^{3-2} = 0; \qquad Q_n^{3-2} = q_l^I \cdot l_{2-3};$$

$$Q_p^{2-1} = Q_T^{2-1} + \alpha \cdot Q_n^{2-1}; \qquad Q_T^{2-1} = Q_n^{3-2}; \qquad Q_n^{2-1} = q_l^I \cdot l_{1-2};$$

$$Q_p^{ГРП-1} = Q_T^{ГРП-1} + \alpha \cdot Q_n^{ГРП-1}; \qquad Q_T^{ГРП-1} = \sum_{i=1}^{8} Q_{ni}; \qquad Q_n^{ГРП-1} = 0;$$

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

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.

Таблица 5.2 Результаты определения путевых и расчетных расходов газа

Индекс участка	Длина участка l, м	Удельный путевой расход газа q_l, м^3/(ч·м)	Расход газа, м^3/ч			
			Q_n	0,55· Q_n	Q_T	Q_p
1-2		2 $\boldsymbol{q}^I_l$ =				
3-2		$\boldsymbol{q}^I_l$ =				
2-6		$\boldsymbol{q}^I_l + \boldsymbol{q}^{II}_l$ =				
и т.д.						

итого: $\sum Q_n = Q^{ч}_{снд}$.

Примечание: индексы участков (1-2, 3-2, 2-6) В таблице 5.2 приняты условно.

Для отдельных жилых домов и общественных зданий расчетный часовой расход газа Q_p , м^3/ч следует определять по сумме номинальных расходов газа газовыми приборами с учетом коэффициента одновременности их действия [4, формула (2)] (см. также формулу (6.19) настоящих МУ).

6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ГАЗОПРОВОДОВ

6.1. Основные понятия и расчетные уравнения

Процесс движения газа в трубопроводах можно считать стационарным и изотерическим, а его температуру принимать равной температуре грунта, в котором уложен газопровод [I]. В этом случае неизвестными параметрами движения газа будут являться абсолютное давление ***P,*** Па, плотность ρ, кг/м^3 и скорость υ, м/с.

Для определения трех неизвестных ***P,*** ρ и υ используют три основных уравнения: Бернулли, неразрывности, состояния и формулы для определения потерь давления: Дарси-Вейсбаха и Вейсбаха.

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 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

$$dP = -dx\frac{\lambda}{d}\frac{\rho\upsilon^2}{2}; \qquad (6.1)$$

$$M = \rho \cdot \upsilon \cdot s = \rho_o \cdot \upsilon_o \cdot s_o = \rho_o \cdot Q_o; \qquad (6.2)$$

$$P/(T \cdot \rho) = P_o/(T_o \cdot \rho_o), \qquad (6.3)$$

где λ - коэффициент гидравлического трения;

x - координата, м;

d — внутренний диаметр газопровода, м;

s - площадь поперечного сечения трубы, м^2, s = $\pi \cdot d^2 / 4$;

Q_o - объемный расход газа, приведенный к нормальным условиям, м^3/ч;

P_o, ρ_o и T_o - соответственно давление, плотность и температура газа при нормальных условиях.

В общем случае для газопроводов среднего и высокого давления решением системы (6.1) - (6.3) является выражение

$$P_н^2 - P_к^2 = 1{,}62 \cdot \lambda \cdot \frac{Q_o^2}{d^s} \cdot P_o \cdot \rho_o \cdot \frac{T}{T_o} \cdot l_p, \qquad (6.4)$$

где $P_н$ и $P_к$, -абсолютные давления газа соответственно в начале и в конце участка газопровода. Па;

$l_р$ - расчетная длина участка газопровода, м.

Для турбулентного режима движения, используя формулу Альтшуля для определения коэффициента гидравлического трения /I, выражению (6.4) придают вид [1, 4]

$$\frac{P_н^2 - P_к^2}{l_р} = 1{,}45 \cdot 10^{-5}\left[\frac{K_э}{d} + 1922\frac{\nu \cdot d}{Q}\right]^{0,25} \cdot \frac{Q^2}{d^5} \cdot \rho_o, \qquad (6.5)$$

где $P_н$ и $P_к$ - абсолютное давление газа, соответственно в начале и конце участка газопровода, МПа;

d - внутренний диаметр, газопровода, см;

$K_э$ — эквивалентная абсолютная шероховатость внутренней поверхности стенки трубы, см;

ν - кинетический коэффициент вязкости газа при нормальных физических условиях, $м^2/с$;

Q - расход газа при нормальных физических условиях, $м^3$/ч.

Гидравлический расчет газопроводов низкого давления производят по следующей формуле [4]

$$P_н - P_к = \Delta P = 69\left[\frac{K_э}{d} + 1922\frac{\nu \cdot d}{Q}\right]^{0,25} \frac{Q^2}{d^5} \cdot \rho_o \cdot l_р, \qquad (6.6)$$

где ΔP - падение давления на участке газопровода, Па.

$$l_р = l + \Sigma\xi \cdot l_э^{\xi=1} \qquad (6.7)$$

где l - действительная длина участка газопровода, м;

$l_э^{\xi=1}$ - условная эквивалентная длина прямолинейного участка газопровода, потери давления на котором равны потерям давления в местном сопротивлении $\xi = 1$, м [1, рис. 6.6; 2, рис. 21; 4, прил. 5*];

$\Sigma\xi$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений участка газопровода длиной l.

$$l_э = \sum \xi \frac{d}{\lambda}. \qquad (6.8)$$

Падение давления в местных сопротивлениях при расчете наружных газопроводов допускается учитывать путем увеличения расчетной длины участка газопровода на 5-10 % [4, прил. 5*, п. 8].

Выполнение вычислений по формулам (6.5)—(6.8) представляет определенную сложность. Для облегчения расчетов на основании этих формул разработаны номограммы и таблицы [1, 2, 3] (см. также прил. настоящих МУ).

Расчет по формуле (6.5) или соответствующей ей номограмме обычно сводится к определению параметра $(P^2_н - P^2_к)$ при известных длине участка газопровода $\boldsymbol{l}$, расходе $\boldsymbol{Q}$ и диаметре трубы $\boldsymbol{d}$. Если заданы значения $\boldsymbol{P_н}$, $\boldsymbol{P_к}$, $\boldsymbol{l}$ и $\boldsymbol{Q}$, то определяют диаметр $\boldsymbol{d}$.

Расчет по формуле (6.6) или соответствующей ей номограмме обычно сводят к определению диаметра участка газопровода при известных расходе $\boldsymbol{Q}$ и удельной потере давления $\boldsymbol{\Delta P/l}$ 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 [4, прил. 5].

При гидравлических расчетах газопроводов низкого давления необходимо учитывать дополнительное гидростатическое давление газа $\boldsymbol{\Delta P_г}$, Па,
вызванное разностью геометрических отметок в начале и конце участка газопровода.

$$\boldsymbol{\Delta P_г = \pm Z \cdot g \cdot (\rho_в - \rho_г)}, \qquad (6.9)$$

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

$\boldsymbol{\rho_в}$ и $_г$ - соответственно плотность атмосферного воздуха и газа при нормальных условиях, кг/м^3;

g - ускорение свободного падения, м/с^2.

Гидравлический расчет вертикальных стояков необходимо производить отдельно, перепад давления в них принимают независимо от горизонтальных участков с целью учета гидростатического давления по формуле (6.9).

Кольцевые сети газопроводов рассчитывают путем увязывания давления газа в узловых точках колец при максимальном использовании расчетного перепада давления:

1) для кольцевых сетей высокого и среднего давления соблюдают равенство перепадов давления в полукольцах, а точки встречи потоков газа (нулевые точки) принимают из равенства расчетной длины каждого полукольца;

2) для кольцевых сетей низкого давления расчет считается законченным, если перепады давления на полукольцах равны между собой или неувязка не превышает ± 10 %.

Перед пользованием номограммами или таблицами необходимо сопоставить числовые значения плотностей. Если табличная плотность $\boldsymbol{\rho_T}$ не совпадает с расчетной плотностью газа $\boldsymbol{\rho_г}$, то необходимо ввести правку, считая, что потери давления находятся в прямой зависимости от плотности.

$$\Delta P = \Delta P_T \cdot P_г / P_T \qquad (6.10)$$

При выполнении гидравлического расчета газопроводов по формулам (6.1)-(6.10) диаметр участка трубопровода следует предварительно определять по [4, прил. 5*, формула (13)].

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 иметь номинальное давление газа P_o, Па, перед ними. В действительности

давление газа перед потребителями несколько отличается от номинального.

Обозначим допустимую степень перегрузки и недогрузки газоисполь-зующих установок через K_1 и K_2. Тогда

$$P_{макс} = K_1 \cdot K_o; \quad P_{мин} = K_2 \cdot P_o. \qquad (6.11)$$

$$\Delta P_p = P_{макс} - P_{мин} = (K_1 - K_2) \cdot P_o, \qquad (6.12)$$

где ΔP_p - расчетный (суммарный) перепад давлений на участке ГРП - самый удаленный газовый прибор в газифицируемом здании, Па;

$P_{макс}$, $P_{мин}$ – соответственно максимально и минимально допустимое давление 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 принимают равным 1,5 [I].

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

$$\Delta P_p = (1{,}5 - 0{,}8) \cdot P_o = 0{,}7\ P_o. \qquad (6.13)$$

СНиП 2.04.08-87* при выполнении гидравлических расчетов рекомендует принимать P_o = **2000** Па и ΔP_p = **1800** Па.

Значения расчетных перепадов давления природного газа в газопроводах низкого давления приведены в таблице 6.1 [2, 4].

Таблица 6.1

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

Номинальное давление газа перед приборами, кПа	Суммарный перепад давления, кПа			Распределение суммарного перепада давления при застройке, кПа			
	от ГРП до наиболее удаленного прибора	в у личной сети	в дворовой и внутренней сетях	многоэтажной		одноэтажной	
				на дворовую	на внутри-домовую	на дворовую	на внутри–домовую
2,0	1,8	1,2	0,6	0,25	0,35	0,35	0,25
1,3	1,15	0,8	0,35	0,1	0,25	0,2	0,15

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

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

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) Принимают общие допустимые потери давления в уличных газопроводах $\Delta P_{ул}^{общ}$ (см. табл. 6.1) $\Delta P_{ул}^{общ}$ = **1200** Па.

2) Потери давления на местные сопротивления принимают равным 10 % линейных, тогда допустимые потери давления на трение $\Delta P_{ул}^{тр}$, Па, составят

$$\Delta P_{ул}^{тр} = \mathbf{0,9} \bullet \Delta P_{ул}^{общ} = \mathbf{1080} \text{ Па.} \qquad (6.14)$$

3) Определяют средние удельные потери давления или гидравлические уклоны (потери давления на один метр длины) по полукольцам ***R***, Па/м.

$$\boldsymbol{R} = \Delta P_{ул}^{тр} / \boldsymbol{L}, \qquad (6.15)$$

где $\boldsymbol{L} = \sum_{i=1}^{k} l_i$ - длины полуколец газопровода от ГРП до точки встречи потоков (нулевых точек), м;

l_i, - длина i -го участка газопровода, м;

i =1,2,. ...,k;

k - количество участков, составляющих полукольцо.

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

$$R_I^{(-)} = \Delta P_{ул}^{тр} / (l_{ГРП\text{-}1} + l_{1\text{-}4} + l_{4\text{-}3}) \qquad (6.16)$$

Для полукольца ГРП-1-4-5-6 расчет необходимо производить с учетом того, что на участках ГРП-1 и 1-4 удельные потери равны $R_I^{(-)}$, и остается определить удельные потери только на участках 4-5 и 5-6. Эти потери определяют следующим образом:

$$R_{II}^{(+)} = \frac{\Delta P_{ул}^{тр} - \Delta P_{ГРП-1-4}}{l_{4-5} + l_{5-6}}, \qquad (6.17)$$

где $\Delta P_{ГРП-1-4} = (l_{ГРП\text{-}1} + l_{1\text{-}4})\ R_I^{(-)}$;

знаки "+" и "-" указывают направление обхода по часовой и против часовой стрелки соответственно.

4) По расчетным расходам газа (см. табл. 5.2) и удельным потерям на участках определяют диаметры участков трубопроводов, пользуясь формулой (6.6) или соответствующей ей номограмме [1,2,3].

5) По этой же номограмме определяют действительные удельные потери R_g, Па/м, которые соответствуют расчетным расходам газа (см. табл. 5.2) и подобранным диаметром участков газопроводов.

6) Определяют общие потери давления по участкам $\Delta P_{общ}$, Па по формуле

$$\Delta P_{общ} = 1{,}1 R_g l. \qquad (6.18)$$

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

7) Определяют суммарные потери давления на полукольцах и сравнивают их между собой. Если неувязка по контурам колец не превышает ±10 %, то расчет уличных распределительных кольцевых сетей низкого давления считается законченным.

Результаты расчетов сводят в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Результаты гидравлического расчета распределительных колодцев сетей низкого давления

Номер колодца	Индекс участка	Длина участка, ***l***, м	Удельные потери ***R***, Па/м	Расчетный расход газа Q_p, м^3/ч	Диаметр ***d***, мм	Действительн. Удельные потери $R_д$, Па/м	Общие потери давления $\Delta P_{общ}$, Па	Неувязка по контурам Па, %	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

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 в 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 [4, п. 3.10].

$$Q_p = \sum_{i=1}^{m} K_o \cdot q_i \cdot n_i \,, \qquad (6.19)$$

где K_o — коэффициент одновременности действия однотипных газовых приборов или групп приборов [4, прил. 3*];

q — номинальный расход газа прибором или группой приборов, *м^3/ч*, принимаемый по паспортным данным или техническим характеристикам приборов [3, п.п. 9.2, 9.3];

n_i, - число однотипных газовых приборов или групп приборов;

i=1,2,...,m;

m - количество типов газовых приборов или групп приборов.

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

$$q = Q_{ном} / Q_н^р \qquad (6.20)$$

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

1) Принимают общие допустимые потери давления (расчетный перепад

давления) во внутриквартальном газопроводе $\Delta P_{кв}^{общ}$ (см. табл. 6.1). Например, при многоэтажной застройке

$$\Delta P_{кв}^{общ} = \mathbf{250}\ \text{Па} \qquad (6.21)$$

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

$$\Delta P_{кв}^{тр} = 0{,}9\ \Delta P_{кв}^{общ} \qquad (6.22)$$

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

$$\boldsymbol{R} = \Delta P_{кв}^{тр} / \boldsymbol{L} \qquad (6.23)$$

где $L = \sum_{i=1}^{k} l_i$ -расстояние от точки подключения внутриквартального газопровода к уличной кольцевой сети до самого удаленного расчетного здания, м;

$\boldsymbol{l_i}$ - длина ***i*** -го участка газопровода;

$\boldsymbol{i} = 1,2,...,\boldsymbol{k}$;

к - количество участков, составляющих расчетную ветвь.

Следующие - 4-я, 5-я, 6-я - позиции гидравлического расчета полностью совпадают с соответствующими позициями п. 6.3 (только расчетные расходы необходимо использовать, вычисленные по формуле (6.19)). Эти позиции опускаются.

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

Если неувязка не превышает 10 %, то расчет считается законченным.

Результаты расчетов сводят в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Результаты гидравлического расчета внутриквартального газопровода

Индекс участка	Длина участка ***l***, м	Число приборов ***n***	Номинальный расход прибора ***q***, m^3/ч	Коэффициент одновременности K_0	Расчетный расход Q_p, m^3/ч	Удельные потери **R**, Па/м	Диаметр ***d***, мм	Действительные удельные потери R_g, Па/м	Общие потери давления $\Delta P_{общ}$, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Итого $\sum \Delta P_{общ} =$

Невязка: $\dfrac{\Delta P_{кв}^{общ} - \sum \Delta P_{общ}}{\Delta P_{кв}^{общ}} \cdot 100\% \le 10\%$

6.5. Расчет внутридомового газопровода

Задачей расчета является определение 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 (6.19).

Количество газовых приборов, устанавливаемых в каждой квартире здания, и их характеристики должны быть заданы [3, п.п. 9.2, 9.3].

Расчетные потери давления во внутридомовом газопроводе принимают равным 350 Па (при многоэтажной застройке). При этом потери давления в местных сопротивлениях можно учитывать при помощи коэффициентов местных сопротивлений и эквивалентных длин или введением процентной надбавки к потерям давления на трение [4, с. 57]. Учет дополнительного гидростатического давления газа, вызванного разностью отметок начальных и конечных участков внутридомового газопровода производят по формуле (6.9).

Гидравлический расчет внутридомового газопровода производят в следующей последовательности.

1) Определяют расчетные расходы газа на участках по формуле (6.19). Определение расходов газа начинают с участка, снабжающего газом приборы квартиры верхнего этажа. Допустим, в квартире установлена группа приборов: газовая плита (***$q_{г.п}$***=1,2 м^3/ч) и проточный газовый водонагреватель (***$q_{впг}$***=2,9 м^3/ч). В этом случае для первого расчетного участка имеем ***n=1;***
q=(l,2+2,9)=4,l м^3/ч; ***Ко=0,7*** [4, прил. 3*] (см. табл. ПЗ настоящих МУ).

$$Q_p = K_o \cdot q_i \cdot n_i = 0{,}7 \cdot 4{,}1 \cdot 1 = 2{,}87 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для второго расчетного участка, снабжающего газом приборы двух квартир (верхнего и предпоследнего этажа): ***n=2,*** **у=4,1** м^3/ч; ***K_o=0,56.***

$$Q_p = 0{,}56 \cdot 4{,}1 \cdot 2 = 4{,}592 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

2) Задаются диаметрами ***d*** всех участков расчетной ветви газопровода, руководствуясь [4, прил. 5*, формула (13)] или практическими соображениями.

3) Вычисляют скорость движения газа в трубопроводе $\upsilon = 4Q_p/(3600 \cdot \pi \cdot d_в^2)$ и проверяют выполнение нормативного требования: $\upsilon \le 7$ м/с. (Здесь ***$d_в$***- внутренний диаметр трубопровода, м).

4) Для известных Q_p и ***d*** по формулам [4, прил. 5*; 3. с. 80] или номограмме [1, рис. 6.6; 2, рис. 21] (см. рис. ПЗ настоящих МУ) определяют эквивалентную длину участка газопровода $l_э^{\xi=1}$**,** м, потери давления на котором равны потерям давления в местном сопротивлении с ξ = **1**.

5) Определяют коэффициенты местных сопротивлений на участках и находят сумму этих коэффициентов для каждого участка $\sum \xi$.

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

$$\boldsymbol{l_{доп}} = \sum \xi \cdot l_э^{\xi=1} \qquad (6.24)$$

7) Рассчитывают расчетную (приведенную) длину участка газопровода

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

где $\boldsymbol{l}$- действительная длина участка газопровода, м.

8) По известным $\boldsymbol{Q_p}$ и $\boldsymbol{d}$ участков газопровода по формуле (6.6) или соответствующей ей номограмме [1, 2, 3] (см. также рис. П1 настоящих МУ) определяют действительные удельные потери давления на участке газопровода $\boldsymbol{R_g}$, Па/м ($\boldsymbol{R_g} = \Delta R_g / l_p$)

9) Рассчитывают действительные потери давления на участке $\Delta P_g^{уч}$, Па

$$\Delta P_g^{уч} = \boldsymbol{R_g \cdot l_p} \qquad (6.25)$$

10) Определяют дополнительное гидростатическое давление $\Delta P_г$, Па, по формуле (6.9). Для природного газа, плотность которого меньше плотности атмосферного воздуха ($\rho_г < \rho_в$), имеем

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

где $\boldsymbol{h}$ - высота этажа (длина вертикального участка газопровода), м.

Дополнительное гидростатическое давление допускается определять целиком для расчетного стояка (расчетной ветви) $\Delta P_г^{см}$, Па.

11) Определяют потери давления ΔP, Па на участке с учетом дополнительного гидростатического давления:

$$\Delta P = \Delta P_д - \Delta P_г. \qquad (6.27)$$

Аналогичные расчеты по определению ΔP выполняют для всех участков расчетной ветви газопровода.

12) Устанавливают потери давления в арматуре газовых приборов, принимая для газовой плиты $\Delta P_{арм}^{пг}$ **=40 ÷ 60** Па; для газового водонагревателя $\Delta P_{арм}^{гв}$ **= 80 ÷ 100** Па.

13) Рассчитывают потери давления $\Delta P_{дом}$, Па в расчетной ветви внутридомового газопровода

$$\Delta P_{дом} = \Sigma \Delta P + \Delta P_{арм} \qquad (6.28)$$

14) Производят сравнение потерь давления в расчетной ветви с расчетным перепадом давления во внутридомовом газопроводе. Если неувязка 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. 6.4.

Таблица 6.4

Результаты гидравлического расчета внутридомового газопровода

№ участка	Длина l, м	Число приборов n	Номинальный расход $q_{ном}$, м^3/ч	Коэффициент одновременности K_0	Расход газа Q_P, м^3/ч	Диаметр $d_н \times S$, мм	Скорость v, м/с	Дополнительная длина $l_{доп}$, м	Расчетная длина l_p, м	Удельные потери давления R_g, Па/м	Потери давления $\Delta P_g = R_g \cdot l_p$, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Итого $\Delta P_{общ} = \Sigma \Delta P_g$.

Гидростатическое давление $\Delta P_г = g \cdot Z \cdot (p_в - p_г)$;

$\Delta P_{дом} = (\Delta P_{общ} + \Delta P_{арм} - \Delta P_г^{ст}) \leq \Delta P_p^{дом}$.

Невязка: $\dfrac{\Delta P_p^{дом} - \Delta P_{дом}}{\Delta P_p^{дом}} \cdot 100\% \leq 10\%$

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. Перед началом расчета должны быть известны давления газа в начале и в конце газопровода и в конце ответвлений, длины всех расчетных участков, включая ответвления к потребителям и расчетные расходы газа.

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

Рис. 6.1. Схема газопровода высокого давления: ГРС - газораспределительная станция; А, В, С, ГРП - потребители газа

Источником газа служит газораспределительная станция. Фактические длины участков приведены на схеме рис. 6.1. Расходы газа у потребителей А, В, С, ГРП и абсолютные давления газа в конце ответвлений представлены в табл. 6.5. 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. Газопровод проектируется в наземном исполнении.

Таблица 6.5

Расходы и конечные давления газа у потребителей

Потребитель / Параметр	А	В	С	ГРП
Расход газа Q_P, м^3/ч	1800	250	1700	1500
Давление газа $P_к$ кПа	300	300	300	300

Последовательность расчета.

1) Для учета потерь давления в местных сопротивлениях определяют расчетную длину l_p, м каждого участка:

$$l_p = 1{,}1 \cdot l \qquad (6.29)$$

где l - фактическая (действительная) длина участка газопровода, м.

2) Устанавливают расчетную ветвь (ГРС - потребитель С) и определяют расчетную длину расчетной ветви:

$$l_p^{грс} = l_p^{1-6} = l_p^{1-2} + l_p^{2-5} + l_p^{5-6} = 1100 \text{ м.}$$

3) Рассчитывают расход газа на участке 1-2:

$$Q_p^{1-2} = Q_p^{А} + Q_p^{Б} + Q_p^{С} + Q_p^{ГРП} = 5250 \text{ м}^3/\text{ч}$$

4) Вычислят разность квадратов давлений:

$$P_1^2 - P_6^2 = 400^2 - 300^2 = 70000 \text{ (кПа)}^2.$$

5) По значениям $P_1^2 - P_6^2 = 70000$ (кПа)^2, $Q_p^{1-2} = 5250$ м^3/ч и $l_p^{1-6} = 1100$ м, пользуясь номограммой [1, 3] (см. также рис. П2 настоящих МУ), выбирают диаметр участка 1-2: $d_H \times s = 159 \times 4{,}5$ мм. (На номограмме откладывают $l_p = 11$ м и $P_H^2 - P_K^2 = 700$ (кПа)^2).

6) Для выбранного диаметра по этой же номограмме определяют действительное значение разности квадратов давлений $\Delta P_{Д.Н}^2 = 1000$ (кПа)^2 для $l_p = 11$ м. Тогда для $l_p = 1100$ м $\Delta P_{Д.1-6} = 1000 \cdot 100 = 100000$ (кПа)^2.

7) Рассчитывают конечное давление на участке 1-2, используя формулу

$$\Delta P_{1-2}^2 = \Delta P_{Д.1-6}^2 \cdot l_p^{1-2} / l_p^{1-6}$$

$$\boldsymbol{P_2} = \sqrt{P_1^2 - \Delta P_{Д.1-6}^2 \cdot l_P^{1-2} / l_P^{1-6}} = \sqrt{400^2 - 100000 \cdot 330 / 1100} = \boldsymbol{360{,}55} \text{ (кПа)}^2$$

8) Определяют скорость движения газа в трубопроводе высокого давления по формуле [10] υ **= 4 Q_P /(3600 · 3,14 ·** d_B^2 **· $P_{ср}$) =21,72 м/с.** Здесь **$P_{ср}$ =0,5 · (P_1 - P_2)= 0,5 · (4,0 – 3,6)= 3,8** кгс/см^2. Так как υ = 21,72 м/с < 25 м/с, то нормативное требование выполняется.

Аналогичным образом производят подбор диаметра на участке 2-5. При этом 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 расчет повторить.

Результаты гидравлического расчета газовой сети высокого давления, представленной на рис. 6.1, приведены в табл. 6.6.

Таблица 6.6 Результаты гидравлического расчета газопроводов высокого давления

№ участка	Расход газа Q_P, м^3/ч	Диаметр d_H x s, мм	Длина, м		Давление, кПа		Скорость υ, м/с
			l	l_P	l_H	P_K	
1-2	5250	159x4,5	300	330	400	360,55	21,72
2-5	3450	159x4,5	400	440	360,55	339,32	15,49
5-6	1700	108x4	300	330	339,32	300,21	18,79
5-7	1500	108x4	350	385	339,32	304,34	16,48
5-4	250	57x3	400	440	339,32	311,67	10,43
2-3	1800	108x4	400	440	360,55	304,31	19,18

ПРИЛОЖЕНИЕ

ТаблицаП1

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

Потребители газа	Показатель потребления газа	Нормы расхода теплоты, МДж (тыс. к калл)
1. Жилые дома		
При наличии в квартире газовой плиты и централизованного горячего водоснабжения при газоснабжении:		
природным газом	На 1 чел. в год	2800 (660)
СУГ	То же	2540(610)
При наличии в квартире газовой плиты и газового водонагревателя (при отсутствия централизованного горячего водоснабжения) при газоснабжении:		
природным газом	“	8000(1900)
СУГ	”	7300(1750)
При наличии в квартире газовой ллиты отсутствии централизованного горячего водоснабжения и газового водонагревателя при газоснабжении:		
природным газом	”	4600(1100)
СУГ	”	4240(1050)
2. Предприятия бытового обслуживания населения		
Фабрики-прачечные:		
на стирку белья в механизированных прачечных	На 1 т сухого белья	8800(2100)
на стирку белья в немеханизированных прачечных с сушильными шкафами	То же	12600(3000)
на стирку белья в механизированных прачечных, включая сушку и глажение	“	18800(4500)
Дезкамеры:		
не дезинфекцию белья и одежды в паровых камерах	“	2240(535)
на дезинфекцию белья и одежды в горячевоздушных камерах	“	1260(300)
Бани:		
мытье без ванн мытье	На 1 помывку	40(8,5)
в ваннах	То же	50(12)
3. Предприятия общественного питания		
Столовые, рестораны, кафе:		
на приготовление обедов (вне зависимости от пропускной способности предприятия)	На 1 обед	4,2(1)
на приготовление завтраков или ужинов	На 1 завтрак или ужин	2,1 (0,5)
4. Учреждения здравоохранения		
Больницы, родильные дома:		
на приготовление пищи	На 1 койку в год	3200 (760)
на приготовление 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, сдобы	То же	5450(1300)
на выпечку кондитерских изделий (тортов, пирожных, печенья, пряников и т. п.)	“	7750(1850)

Примечания: 1. Нормы расхода теплоты на жилые дома, приведенные в таблице, учитывают расход теплоты на стирку белья в домашних условиях.

2. При применении газа для лабораторных нужд школ, вузов, техникумов и других специальных учебных заведений норму расхода теплоты следует принимать в размере 50 МДж (12 тыс. ккал) в год на одного учащегося.

Таблица П2

Значения коэффициентов часового максимума расхода газа на хозяйственно-бытовые нужды в зависимости от численности населения, снабжаемого газом

Число жителей, снабжаемых газом, тыс. чел.	Коэффициент часового максимума расхода газа (без отопления), $K_{\max}^{h}$
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

Таблица П3

Значения коэффициентов часового максимума расхода газа для коммунально-бытовых предприятий

Предприятия	Коэффициент часового максимума расхода газа, $K_{\max}^{h}$
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.

Таблица П4 Значение коэффициента одновременности K_{sim}, для жилых домов

Число квартир	Коэффициенты одновременности *Ksim* в зависимости от установки в жилых домах газового оборудования			
	Плита четырехконфорочная	Плита двухконфорочная	Плита четырехконфорочная и газовый проточный водонагреватель	Плита двухконфорочная и газовый проточный водонагреватель
1	1	1	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.

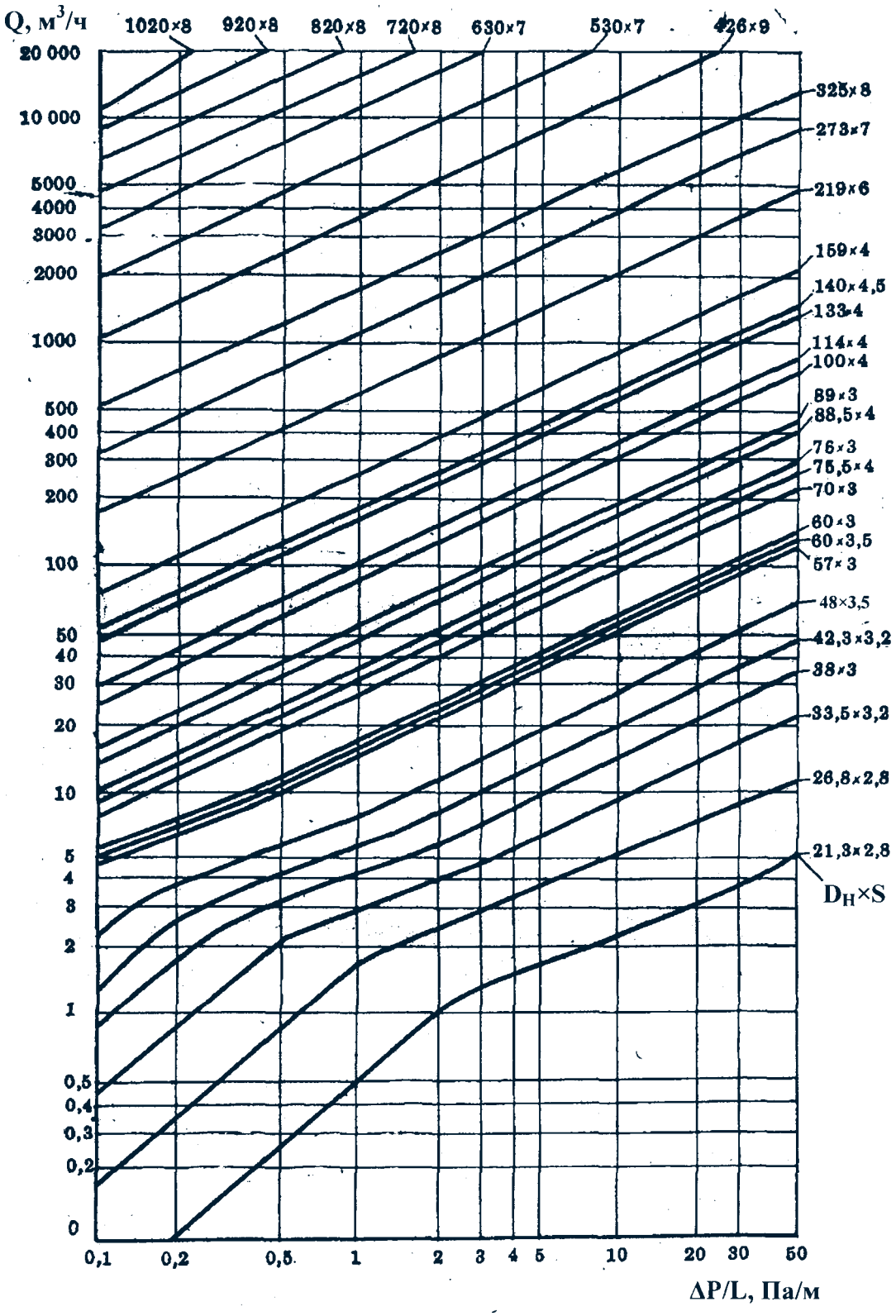


Рис. П1. Номограмма для определения потерь давления в газопроводах низкого давления (до 5 кПа). Природный газ ρ = 0,73 кг/м^3, ν =14,3 ·10^{-6} м^2/с

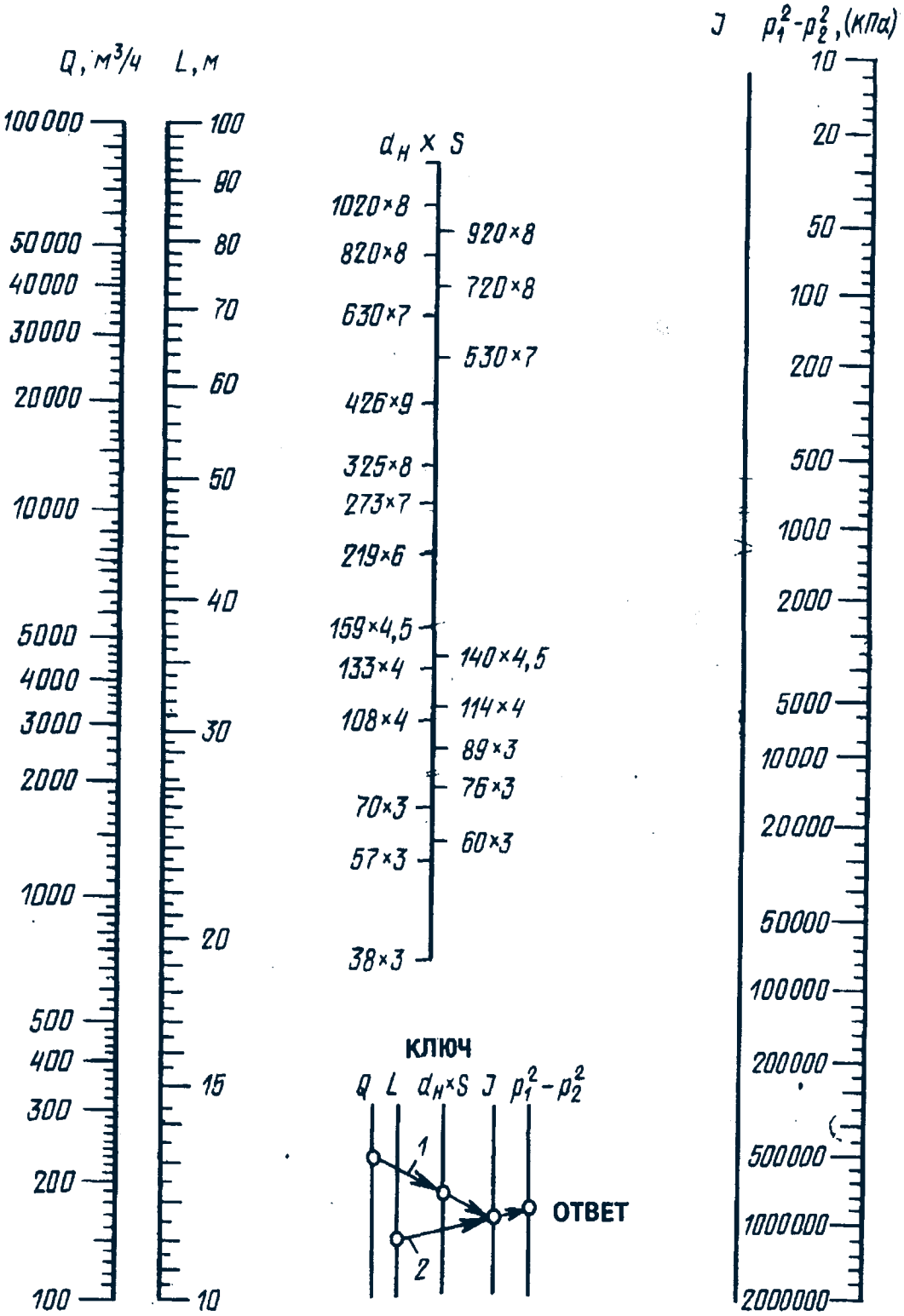


Рис. П2. Номограмма для определения потерь давления в газопроводах среднего и высокого давления (до 1,2 МПа). Природный газ ρ = 0,73 кг/м^3, ν =14,3 ·10^{-6} м^2/с

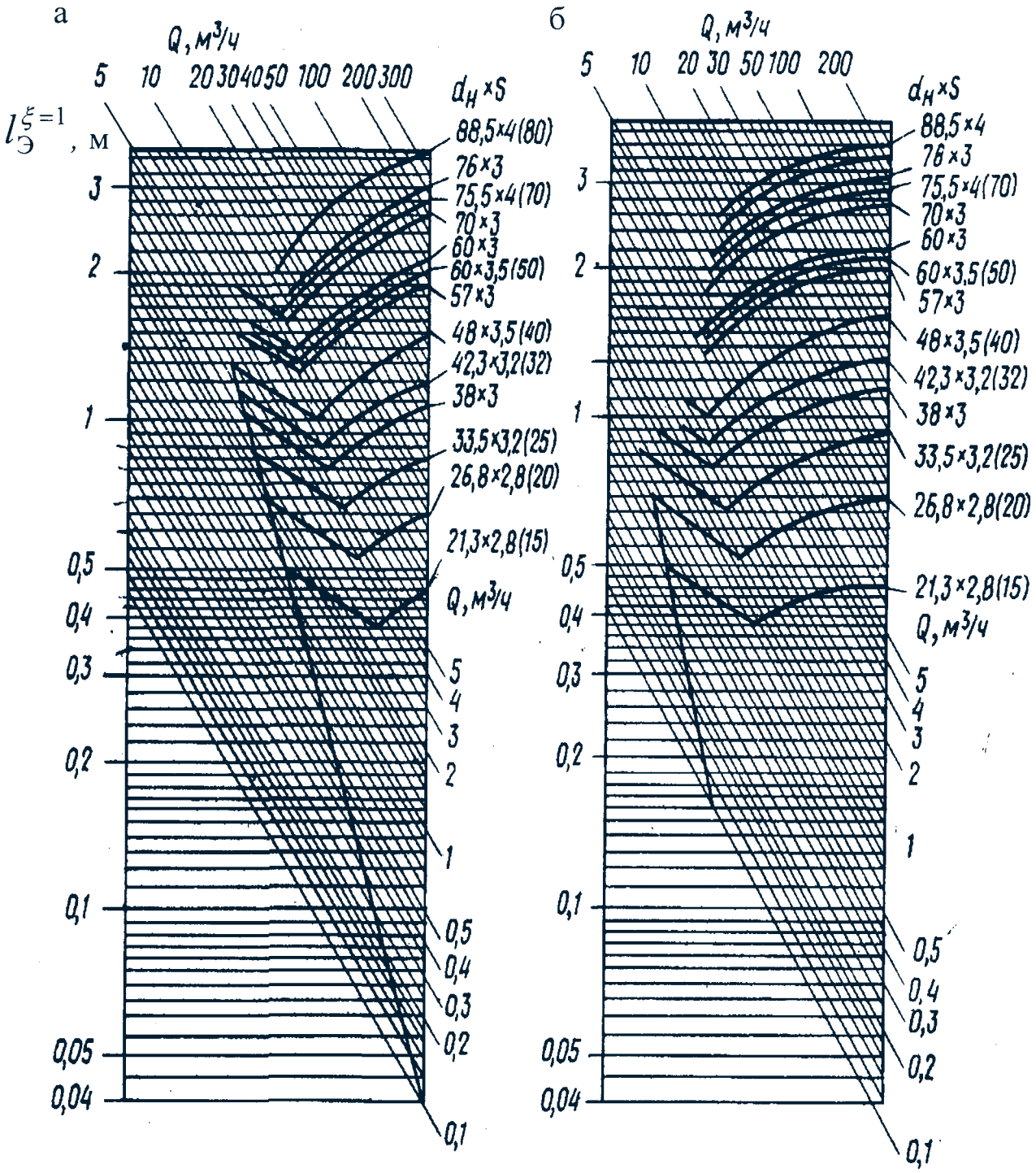


Рис П3. Номограмма для определения эквивалентных длин $l_э^{\xi=1}$, м:

а - природный газ ρ = 0,73 кг/м^3, ν =14,3 ·10^{-6} м^2/с;

б - пропан ρ = 2,0 кг/м^3, ν =3,7 ·10^{-6} м^2/с;

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Ионин А.А.** Газоснабжение. - М.: Стройиздат, 1981. - 415 с.
2. **Енин П.М., Семенов М.Б., Тахтамыш Н.И.** Газоснабжение жилищно-коммунальных объектов / Справочник. - Киев: Будівельник, 1981. - 136 с.
3. **Стаскевич Н.Л., Северинец Г.Н., Вигдарчик Д.Я.** Справочник по газоснабжению и использованию газа. — Л.: Недра, 1990. — 762 с.
4. **СНиП** 2.04.08-87*. Газоснабжение. - М.: Стройиздат, 1995. - 66 с.
5. **СНиП** П-60-75* . Нормы проектирования. Планировка и застройка городов, поселков и сельских населенных пунктов. - М.: Стройиздат, 1981. - 79 с.
6. **СНиП 2.01.01-82.** Строительная климатология и геофизика. - М.: Стройиздат, 1983. - 136 с.
7. **Гордюхин А.И.** Газовые сети и установки. Устройство и проектирование. - М.: Стройиздат, 1978. - 383 с.
8. **Скафтымов Н.А.** Основы газоснабжения. - Л.: Недра, 1975. - 343 с.
9. **Справочник проектировщика:** внутренние санитарно-технические устройства. Вторая часть. Водопровод и канализация / Под ред. И.Г. Староверова и Ю.И. Шиллера. - М.: Стройиздат, 1990. - 247 с.
10. **Гуськов Б.И., Кряжев Б.Г.** Газификация промышленных предприятий. - М.: Стройиздат, 1982. - 368с.

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ РАСЧЕТ

ГАЗОВЫХ СЕТЕЙ

Методические указания к курсовому и дипломному проектированию

Составитель КУДИНОВ Анатолий Александрович Корректоры О. Куклина,

И. Захарова

Подписано в печать 30. 05. 01. Формат 60x84/16. Бумага писчая. Печать трафаретная. Усл. п. л. 2,56. Уч.- изд. л. 2,00. Тираж 150 экз. Заказ 1811

Ульяновский государственный технический университет,
432027, г. Ульяновск, Северный венец, 32.

Типография УлГТУ, 432027, г. Ульяновск, Северный венец, 32.