

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения курсового проекта
по дисциплине «Газоснабжение»
на тему «Газоснабжение района города»
для студентов специальности 70 04 02
«Теплогазоснабжение, вентиляция
и охрана воздушного бассейна»
дневной и заочной форм обучения
и слушателей ИПКиП 70 04 71

УДК 697.34.001

Методические указания предназначены для студентов, изучающих дисциплину «Газоснабжение» в соответствии с учебной программой специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна».

Настоящие указания содержат общие сведения и методику выполнения курсового проекта «Газоснабжение района города». В работе использованы действующие нормативные документы, изложены объем работы и последовательность выполнения курсового проекта, примеры расчетов.

Составители: Сальникова С.Р., старший преподаватель кафедры ТГВ
Сопин Ю.Ю., старший преподаватель кафедры ТГВ

Рецензент: Ведущий специалист сектора отопления и вентиляции проектно-конструкторского отдела государственного предприятия «Госстройэкспертиза по Брестской области» Новик Ю.Н.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Введение.....	4
Общие требования к оформлению курсового проекта.....	4
Общие методические указания	4
Задание к курсовому проекту.....	4
Состав курсового проекта	5
Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «ГАЗОСНАБЖЕНИЕ»	6
1. Определение свойств газообразного топлива.....	6
2. Определение расхода газа районом города	7
2.1. Определение количества жителей	8
2.2. Определение расчетных расходов газа	9
2.3. Определение расхода газа по заданной плотности и площади кварталов с учетом коммунально-бытовых предприятий	9
2.3.1. Годовой расход газа в жилых домах	9
2.3.2. Годовой расход газа на предприятиях бытового обслуживания населения.....	9
2.3.3. Годовой расход газа предприятиями общественного питания	10
2.3.4. Годовой расход газа учреждениями здравоохранениями	10
2.3.5. Годовой расход газа предприятиями по производству хлеба	11
2.3.6. Расчетный часовой расход газа на бытовые и коммунально-бытовые цели	11
2.3.7. Расчетный расход газа на отопление.....	12
2.3.8. Расчетный расход газа на вентиляции	13
2.3.9. Расчетный расход газа на горячее водоснабжение.....	13
2.3.10. Расчетный расход газа районной котельной	14
2.3.11. Суммарный часовой расход газа потребителями низкого давления	14
2.3.12. Часовой расход газа сетями высокого (среднего) давления	15
2.3.13. Общий часовой расход газа для нужд района города	15
2.3.14. Годовой расход газа на отопление	15
2.3.15. Годовой расход газа на централизованное горячее водоснабжение.....	16
2.3.16. Годовой расход газа на принудительную вентиляцию общественных зданий	16
3. Определение удельных часовых расходов газа.....	17
4. Системы газоснабжения населенных пунктов.....	17
4.1. Выбор и обоснование систем газоснабжения	18
4.2. Трассировка газовых сетей.....	20
4.3. Определение количества сетевых ГРП	22
5. Трубы, применяемые для систем газоснабжения	22
6. Гидравлический расчет газопроводов	24
6.1. Гидравлический расчет кольцевых сетей низкого давления.....	25
6.2. Гидравлический расчет тупиковой дворовой сети низкого давления	34
6.3. Гидравлический расчет внутридомовых газопроводов.....	35
Литература	39
Приложения	40

Введение

Настоящие методические указания подготовлены для студентов специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» в соответствии с учебной программой дисциплины «Газоснабжение».

Основным назначением данных методических указаний является разъяснение физической сущности изучаемых процессов, ознакомление студентов с методикой проведения работ, а также закрепление теоретического материала по изучаемой дисциплине.

Краткое изложение теории изучаемого явления с подробным описанием методики выполнения работы облегчит самостоятельную подготовку и последовательность выполнения курсового проекта.

Общие требования к оформлению курсового проекта

Курсовой проект должен содержать расчетно-пояснительную записку объемом 50-55 страниц и графический материал. Оформление расчетно-пояснительной записки осуществляется на одной стороне белой писчей бумаги формата А4 (210х297 мм). Графический материал выполняется на одной стороне белой писчей бумаги формата А1 (594х841 мм).

Общие требования и правила оформления изложены в стандарте университета СТ БГТУ 01 – 2002.

Общие методические указания

Курсовой проект по дисциплине "ГАЗОСНАБЖЕНИЕ" выполняется студентами специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна».

Цель курсового проекта:

а) закрепить и углубить знания, полученные студентами в процессе изучения курса;

б) научить студентов комплексно применять полученные знания при самостоятельном решении технических вопросов, связанных с комплексной механизацией основных производственных процессов;

в) воспитать у студентов чувство ответственности за порученную работу и личной инициативы при решении поставленной задачи;

г) подготовить студентов к самостоятельной работе со справочной литературой, действующими нормативными документами, ведомственными нормативами, инженерными методами расчета, применяемыми в проектных организациях и промышленности и выработать навыки в составлении расчетно-пояснительных записок.

Конечной целью курсового проектирования является подготовка студентов к выполнению дипломного проекта.

Задание к курсовому проекту

Задания по курсовому проекту (индивидуальные для каждого студента) разрабатываются руководителями проектов и утверждаются заведующим кафедрой.

Вариант выполнения графической части курсового проекта определяется руководителем проекта в зависимости от задания и темы курсового проекта.

Все вопросы, возникающие у студентов в процессе проектирования, разрешаются руководителем проекта.

Выполняемый курсовой проект сдается руководителю проекта.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ:

1. Генпланы районов города и квартала. Границы районов указаны на генплане.

2. План секции первого этажа жилого дома.

3. Месторасположение города (область).

4. Этажность застройки кварталов города и рассматриваемого жилого дома.

5. Состав газа, используемого для газоснабжения.

6. Годовые расходы газа на технологические нужды промышленных предприятий (ПП).

7. Охват газоснабжением жилых домов – 100%.

Состав курсового проекта

Курсовой проект «Газоснабжение района города» состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать следующие разделы: исходные данные (задание по курсовому проектированию);

• общие сведения о газоснабжении; определение характеристик газообразного топлива;

• определение количества жителей города;

• определение расчетных расходов газа районом города;

• определение расчетных расходов газа потребителями;

• расчет количества сетевых ГРП (ГРУ);

• описание системы газоснабжения районов города;

• гидравлический расчет газовой сети высокого или среднего давления;

• гидравлический расчет распределительной сети низкого давления;

• разработка внутридомовой системы газоснабжения секции жилого дома и ее расчет.

Все расчеты в пояснительной записке должны сопровождаться соответствующими пояснениями, ссылками на источники.

Графическая часть содержит: генплан района города с газовыми сетями среднего (высокого) давления с нанесением ГРП и всех сосредоточенных потребителей с указанием участков газопровода, на которых показывают длины участков, расходы газа, диаметры газопровода; расчетные схемы сети низкого (СНД) и высокого (среднего) давления (СВД, ССД); план первого или типового этажа жилого здания с нанесением внутридомового газопровода, стояков, газовых приборов, счетчиков, отключающих устройств, футляров, вентиляционных и дымовых каналов; аксонометрическая схема внутридомового газопровода с обозначением расчетных участков, диаметров, сечений, типоразмеров оборудования, отключающих устройств, отметки пола и земли.

Методические указания к выполнению курсового проекта «ГАЗОСНАБЖЕНИЕ РАЙОНА ГОРОДА»

В курсовом 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: предприятий, газорегуляторных пунктов (ГРП), котельной, хлебозавода, больницы. От сети низкого давления проектируется газоснабжение хозяйственно-бытовых и коммунальных потребителей. Районная распределительная сеть низкого давления должна быть запроектирована кольцевой.

Проект выполняется на перспективный план застройки района города.

На генплане района города указаны три микрорайона жилой застройки:

№1 – перспективной многоэтажной застройки (от 6 до 10 этажей);

№2 – существующей малоэтажной застройки (от 2 до 5 этажей);

№3 – существующий район одноэтажной усадебной застройки.

Районы №1 и 2. Отопление и горячее водоснабжение 100% жилых и общественных зданий централизованное – от котельной.

Район №3. Отопление и горячее водоснабжение – децентрализованное от газовых агрегатов или печей периодического действия, работающих на газе.

Котельная сжигает газ для выработки теплоты на нужды:

- Отопления и вентиляции жилых и общественных зданий районов №1 и №2;

- Горячее водоснабжение районов №1 и № 2;

- Отопления и вентиляции промышленных предприятий (ПП), присоединенных к водяной тепловой сети; отопительно-вентиляционная нагрузка ПП в пределах заданной технологической нагрузки составляет не более 30%;

- Фабрики-прачечной, которая имеет отдельный паропровод от котельной;

- Бань, расположенных в жилых кварталах и присоединенных к водяной тепловой сети от котельной;

- Предприятий общественного питания.

К сосредоточенным потребителям газа, имеющим на входе высокое (среднее) давление газа, относятся:

- Хлебозаводы;

- Больницы;

- ГРП сетей низкого давления;

- Промышленные предприятия;

- Котельная.

1. Определение свойств газообразного топлива

Для определения свойств природного газа необходимо рассчитать его низшую теплоту сгорания $Q_{Н}^P$, кДж/м³, и плотность $\rho_{см}$, кг/м³. Низшая объемная теплота сгорания сложных газов рассчитывается по составу газообразного топлива и теплоте сгорания компонентов [1, 8].

Низшая теплота сгорания газообразного топлива на сухую массу определяется по формуле:

$$Q_{\text{Н}}^{\text{P}} = 0.01 \sum (Q_{\text{Н}i}^{\text{P}} \cdot r_i), \quad (1.1)$$

где $Q_{\text{Н}}^{\text{P}}$ – объемная низшая теплота сгорания i -го компонента, входящего в смесь газов (определяется по приложению 2);

r_i – объемная доля i -го компонента газа, % (принимается по приложению 1).

Плотность газового топлива в нормальных условиях определяется по формуле:

$$\rho_{\text{см}} = 0,01 \sum \rho_i \cdot r_i \quad (1.2)$$

где ρ_i – плотность i -го компонента смеси при нормальных условиях, кг/м^3 , (определяется по приложению 2).

Пример 1.

Определить теплофизические характеристики сухого природного газа следующего состава:

CH_4 – 93,0%; C_2H_6 – 4,0%; C_3H_8 – 0,9%; C_4H_{10} – 0,4%; C_5H_{12} – 0,3%;
 C_5H_{12} – 0,3%; CO_2 – 0,1%; N_2 – 1,3%.

Низшая теплота сгорания газообразного топлива по формуле (1.1) равняется

$$Q_{\text{Н}}^{\text{P}} = 0,01 (35760 \cdot 93 + 63650 \cdot 4 + 91140 \cdot 0,9 + 118530 \cdot 0,4 + 146180 \cdot 0,3) = 37536 \text{ кДж/м}^3.$$

Для определения плотности газовой смеси значения плотности отдельных компонентов (приложение 2) подставляют в формулу (1.2):

$$\rho_{\text{см}} = 0,01 (0,717 \cdot 93 + 1,356 \cdot 4 + 2,004 \cdot 0,9 + 2,702 \cdot 0,4 + 3,457 \cdot 0,3 + 1,977 \cdot 0,1 + 1,251 \cdot 1,3) = 0,78 \text{ кг/м}^3$$

2. Определение расхода газа районом города

Городские потребители расходуют газ неравномерно. Для выявления особенностей неравномерности расхода газа городских потребителей условно подразделяют на следующие 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.

Расход газа определяют отдельно на каждого потребителя.

2.1. Определение количества жителей

По заданному генплану района города выполняем нумерацию кварталов с определением площадей квартала. Зная этажность застройки района города, находим плотность населения [7].

Следует учитывать классификацию жилых домов, принятую в СТБ 1154, по этажности: малоэтажные – 1-3 этажа, среднеэтажные – 4-5 этажей, многоэтажные – 6-9 этажей, повышенной этажности – 10 этажей и более.

Количество жителей по кварталам определяется по формуле:

$$N_{\text{кв}} = \frac{\Pi \cdot F_{\text{кв}}}{b}, \quad (2.1)$$

где Π – плотность жилищного фонда, м²/га (таблица 1);

$F_{\text{кв}}$ – площадь кварталов района города, га;

$b = 20$ м²/чел. – норма общей площади в жилых зданиях на 1 человека [7].

Количество жителей, проживающих в районе города, чел., определяется по формуле:

$$N = \sum_{i=1}^n N_{\text{кви}}, \quad (2.2)$$

где $N_{\text{кви}}$ – количество жителей в i -м квартале.

Таблица 1 – Плотность структурно-планировочных модулей жилой застройки

Тип застройки	Плотность жилищного фонда, Π , м ² общ. пл./га, не менее
Многokвартирная повышенной этажности	9000
Многokвартирная многоэтажная	5000
Многokвартирная среднеэтажная и малоэтажная	2500
Усадебная высокоплотная (размеры участка от 0,02 до 0,04 га)	1500
Усадебная среднеплотная (размеры участка от 0,04 до 0,10 га)	1000
Усадебная низкоплотная (размеры участка от 0,10 до 0,15 га)	750
Смешанная высокоплотная	2000
Смешанная среднеплотная	1000

Примечание – Для жилого района необходимо снижать расчетные показатели плотности на 15 %-20 % с учетом размещения на их территории общественных и производственно-деловых объектов районного и городского значения.

Площадь кварталов вычисляют по генплану, не включая площади улиц, проспектов, площадей, парков, территории промышленных предприятий и заносят в таблицу 2.

Таблица 2

№ кварталов	Площадь квартала м ² · 10 ⁴	Количество жителей в квартале, чел.
1	2	3

2.2. Определение расчетных расходов газа

Годовые расходы газа для каждой категории потребителей следует определять на конец расчетного периода с учетом перспективы развития объектов – потребителей газа.

Продолжительность расчетного периода устанавливается на основании плана перспективного развития объектов – потребителей газа, а также в соответствии с разработанным генеральным планом развития города или иного населенного пункта.

Годовые расходы газа для жилых домов, предприятий бытового обслуживания населения, общественного питания, предприятий по производству хлеба и кондитерских изделий, а также для учреждений здравоохранения следует определять по нормам расхода теплоты, приведенным в приложении 4.

Нормы расхода газа для потребителей, не перечисленных в приложении 4, следует принимать по нормам расхода других видов топлива или по данным фактического расхода используемого топлива с учетом КПД при переходе на газовое топливо.

Годовые расходы газа на технологические нужды промышленных предприятий следует определять по данным топливопотребления (с учетом изменения КПД при переходе на газовое топливо) этих предприятий с перспективой их развития или на основе технологических норм расхода топлива (принимаются по заданию, приложение 3).

2.3. Определение расхода газа по заданной плотности населения и площади кварталов с учетом коммунально-бытовых предприятий

2.3.1. Годовой расход газа в **жилых домах**, м³/год, определяется по формуле:

$$V_{ж.зд.}^z = \frac{N \cdot 10^3 \cdot q^z \cdot k}{Q_n^p}, \quad (2.3)$$

где N – количество жителей в районе города;

q^z – годовая норма потребления газа на 1 чел. в год, МДж, определяется по приложению 4;

k – коэффициент охвата населения газоснабжением $k = 1$;

Q_n^p – низшая теплота сгорания газа, кДж/м³.

2.3.2. Годовой расход газа на **предприятиях бытового обслуживания населения**, м³/год, определяется по следующим формулам:

Прачечные

$$V_{np}^z = \frac{q \cdot N \cdot 10^3 \cdot z \cdot k \cdot 100}{Q_n^p \cdot 1000}, \quad (2.4)$$

где V_{np}^z – расход газа прачечными, м³/год;

q – норма расхода газа на 1 т сухого белья, МДж, принимается по приложению 4;

N, k, Q_n^p – то же, что в формуле 2.3;

z – доля населения, которая пользуется услугами прачечных, $z = 0,1 \div 0,3$;

$\frac{100}{1000}$ – норма накопления белья 100 тонн/1000 человек.

Бани

$$V_{бан}^z = \frac{q \cdot N \cdot 10^3 \cdot 52 \cdot k \cdot z}{Q_n^p}, \quad (2.5)$$

где $V_{бан}^z$ – расход газа банями, м³/год;

q – норма расхода газа на одну помывку, МДж, принимается по приложению 4;

N, k, Q_n^p – то же, что в формуле 2.3;

52 – количество помывок на одного человека;

z – доля населения, которая пользуется услугами бань, $z = 0,1 \div 0,3$.

2.3.3. Годовой расход газа **предприятиями общественного питания**, м³/год, определяется по формуле:

$$V_{об.пит.}^z = \frac{360 \cdot q \cdot z \cdot N \cdot 10^3 \cdot k}{Q_n^p}, \quad (2.6)$$

где $V_{об.пит.}^z$ – расход газа предприятием общественного питания, м³/год;

q – норма расхода газа на приготовление одной порции пищи, МДж, (принимается по приложению 4), годовой расход газа на один обед $q=4,2$; годовой расход газа на один завтрак или ужин $q=2,1$;

N, k, Q_n^p – то же, что в формуле 2.3;

360 – количество рабочих дней предприятий общественного питания в году;

z – доля населения, которая пользуется услугами столовых, $z = 0,1 \div 0,3$.

2.3.4. Годовой расход газа **учреждениями здравоохранения**, м³/год, определяется по формуле:

$$V_{здр}^z = \frac{12 \cdot q \cdot k \cdot N \cdot 10^3}{1000 \cdot Q_n^p}, \quad (2.7)$$

где $V_{здр}^z$ – расход газа больницами, м³/год;

q – норма расхода газа на одного пациента, МДж, (принимается по приложению 4); годовой расход газа на приготовление пищи $q=3200$; годовой расход газа на приготовление горячей воды для хозяйственно-бытовых нужд и лечебных процедур $q=9200$;

N, k, Q_n^p – то же, что в формуле 2.3;

$\frac{12}{1000}$ – общая вместимость, определяется из расчёта 12 коек на 1000 жителей.

2.3.5. Годовой расход газа предприятиями по производству хлеба, м³/год, определяется по формуле:

$$V_{xl}^{\varepsilon} = \frac{q \cdot N \cdot z \cdot 365 \cdot k \cdot 10^3}{1000 \cdot Q_n^p}, \quad (2.8)$$

где V_{xl}^{ε} – расход газа предприятиями по производству хлеба, м³/год;

q – норма расхода газа на приготовление тонны хлебобулочных изделий, МДж, (принимается по приложению 4); годовой расход газа на выпечку хлеба формового $q=2500$, годовой расход газа на выпечку хлеба подового, батонов, булок, сдобы $q=5450$, годовой расход газа на выпечку кондитерских изделий (тортов, пирожных, печенья, пряников и т. п.) $q=7750$;

N, k, Q_n^p – то же, что в формуле 2.3;

z – объем суточной выпечки на 1000 жителей, составляет 0,6 – 0,8 т;

365 – количество дней в году.

2.3.6. Расчетный часовой расход газа на бытовые и коммунально-бытовые цели чаще всего определяется как доля суммарного годового расхода газа на эти же цели. Часовые расходы газа, м³/ч, определяются по формуле:

$$V^{\text{ч}} = V_i^{\varepsilon} \cdot K_{\text{max}}^{\text{ч}}, \quad (2.9)$$

где V_i^{ε} – годовой расход газа, м³/год;

$K_{\text{max}}^{\text{ч}}$ – коэффициент часового максимума, принимается для жилых зданий, для предприятий и учреждений по приложению 5 и 6.

Потребление газа в районе города различными потребителями зависит от многих факторов. Каждый потребитель имеет свои особенности и потребляет газ по-своему. Между ними существует определенная неравномерность в потреблении газа. Учет неравномерности потребления газа осуществляется путем введения коэффициента часового максимума $K_{\text{max}}^{\text{ч}}$, который обратно пропорционален периоду, в течение которого расходуется годовой ресурс газа при максимальном его потреблении.

$$K_{\text{max}}^{\text{ч}} = 1 / m, \quad (2.10)$$

где m – количество часов использования максимума нагрузки в году, ч/год [1].

С помощью $K_{\text{max}}^{\text{ч}}$ определяется часовой расход газа для каждого потребителя города (м³/ч):

$$V_i^{\text{ч}} = V_i^{\text{год}} \cdot K_{\text{max}}^{\text{ч}} = V_i^{\text{год}} / m, \quad (\text{м}^3/\text{ч}), \quad (2.11)$$

Где $t_{\text{в}}$, $t_{\text{ср.от}}$, $t_{\text{н}}$ – температуры соответственно внутреннего воздуха отапливаемых помещений, средняя наружного воздуха начала отопительного периода, расчетная наружная для данного района строительства по таблице 5, °С.

$$V_{\text{ж.зд.}}^{\text{ч}} = V_i^{\varepsilon} \cdot K_{\text{max}}^{\text{ч}}, \quad \text{м}^3/\text{ч};$$

$$V_{\text{прач.}}^{\text{ч}} = V_i^{\varepsilon} \cdot 1/2900, \quad \text{м}^3/\text{ч};$$

$$V_{\text{бани}}^{\text{ч}} = V_i^{\varepsilon} \cdot 1/2700, \quad \text{м}^3/\text{ч};$$

$$V_{\text{общ.пит.}}^{\text{ч}} = V_i^{\text{с}} \cdot 1/2000, \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$V_{\text{здр.}}^{\text{ч}} = V_i^{\text{с}} \cdot K_{\text{max}}^{\text{h}}, \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$V_{\text{хл.}}^{\text{ч}} = V_i^{\text{с}} \cdot 1/6000, \text{ м}^3/\text{ч};$$

2.3.7. Расчётный расход газа на отопление жилых зданий микрорайонов № 1, 2 и 3, общественных зданий и коммунально-бытовых предприятий определяется по максимальному часовому расходу тепла:

$$V_o = \frac{\alpha \cdot q_o \cdot V_{\text{зд}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{но}})}{0,28 \cdot h \cdot Q_n^p \cdot \eta}, \quad (2.12)$$

где V_o – расчётный расход газа на отопление жилых, общественных зданий и коммунально-бытовых предприятий, $\text{м}^3/\text{ч}$;

α – коэффициент, учитывающий изменение удельной отопительной характеристики здания q_o в зависимости от расчётной температуры наружного воздуха $t_{\text{но}}$ для проектирования систем отопления (таблица 3) [5];

q_o – удельная отопительная характеристика (таблица 4) [5];

$V_{\text{зд}}$ – наружный строительный объём отапливаемых зданий, м^3 , определяется по формулам

$$V_{\text{зд}}^{\text{жс}} = \gamma_{\text{зд}}^{\text{жс}} \cdot N, \quad (2.13)$$

$$V_{\text{зд}}^{\text{общ}} = \gamma_{\text{зд}}^{\text{общ}} \cdot N, \quad (2.14)$$

N , Q_n^p – то же, что в формуле 2.3;

$\gamma_{\text{зд}}^{\text{жс}}$ – средняя кубатура жилых зданий, $\gamma_{\text{зд}}^{\text{жс}} = 60 \text{ м}^3/\text{чел.}$;

$\gamma_{\text{зд}}^{\text{общ}}$ – средняя кубатура общественных зданий; при количестве жителей до 12 тыс. чел. $\gamma_{\text{зд}}^{\text{общ}} = 15 \text{ м}^3/\text{чел.}$; при количестве жителей более 12 тыс. чел.

$\gamma_{\text{зд}}^{\text{общ}} = 20 \text{ м}^3/\text{чел.}$;

$t_{\text{вн}}$ – расчётная температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, принимается $18 \text{ }^\circ\text{C}$;

$t_{\text{но}}$ – расчётная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления, $^\circ\text{C}$, [5];

η – КПД отопительных установок в долях единицы (для отопительных котельных принимается равным $0,8 - 0,85$).

h – стандартная высота потолка старого образца – $2,5 \text{ м}$, нового $3,2 \text{ м}$ – и выше стандартная высота потолка общественных зданий – $3-3,5 \text{ м}$ [6].

Таблица 3 – Значение поправочного коэффициента α в зависимости от температуры наружного воздуха

$t_{\text{но}}, \text{ }^\circ\text{C}$	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-50
α	1,45	1,20	1,17	1,08	1,00	0,95	0,85	0,82

Таблица 4 – Рекомендуемые значения удельной тепловой характеристики для жилых зданий

Тип здания и ограждающих конструкций	Удельная тепловая характеристика q_0 , Вт/(м ² ·°С)
1 Многоэтажные здания (9 этажей и более) с наружными стенами из:	
панелей	0,49
монолитного бетона	0,53
мелкоштучных материалов	0,55
2 Многоэтажные здания (6–8 этажей) с наружными стенами из:	
панелей	0,50
монолитного бетона	0,54
мелкоштучных материалов	0,56
3 Здания средней этажности (3–5 этажей) с наружными стенами из:	
панелей	0,51
монолитного бетона	0,55
мелкоштучных материалов	0,57
4 Двухэтажные здания с наружными стенами из:	
панелей	0,95
мелкоштучных материалов	1,03
5 Жилые дома усадебного типа и коттеджи	1,15

2.3.8. Расчётный расход газа на вентиляцию общественных зданий и коммунально-бытовых предприятий:

$$V_g = \frac{q_g \cdot V_{зд}^{общ} \cdot (t_{вн} - t_{но})}{Q_n^p \cdot \eta}, \quad (2.15)$$

где V_g – расчетный расход газа на вентиляцию общественных зданий и коммунально-бытовых предприятий, м³/ч;

$V_{зд}^{общ}$ – наружный строительный объем общественных зданий (из формулы 2.14), м³;

q_g – удельная вентиляционная характеристика здания, при отсутствии перечня зданий $q_g = 0,84$ кДж/м³ [5];

$t_{вн}$ – расчётная температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, при отсутствии указаний о назначении общественных зданий, принимается равной +18 °С [5];

$t_{но}$, Q_n^p , η – то же, что формуле 2.12.

2.3.9. Расчетный (среднечасовой) расход газа за сутки наибольшего водопотребления на централизованное горячее водоснабжение от районных котельных определяется по нормам расхода горячей воды на 1 жителя в сутки:

$$V_{гв} = K_c \cdot K_q \cdot \frac{N \cdot (a + b)}{24 \cdot Q_n^p \cdot \eta} \cdot (65 - t_x), \quad (2.16)$$

где $V_{гв}$ – расчетный расход газа на центральное горячее водоснабжение, м³/ч;

K_c, K_q – суточный и часовой коэффициент неравномерности потребления ($K_c = 1,2; K_q = 1,8$);

a – норма расхода горячей воды (при температуре 65°C) для жилых зданий (принимается 140 л на 1 жителя в сутки);

b – норма расхода горячей воды (при температуре 65°C) для всех общественных зданий (принимается 20 л на 1 жителя в сутки);

t_x – температура водопроводной воды (при отсутствии точных данных принимается $t_x = 5^\circ\text{C}$);

Q_n^p, η – то же, что формуле 2.12.

Для микрорайона №3 применяем норму расхода горячей воды только для общественных зданий – $b=20$ л.

2.3.10. Расчетный расход газа районной котельной определяется по выявленным затратам теплоты на отопление жилых и общественных зданий V_o , вентиляцию общественных зданий V_v , горячее водоснабжение жилых и общественных $V_{гв}$, расход газа на нужды коммунально-бытовых потребителей.

$$V_{кот} = V_o + V_v + V_{гв} + V_{прач.} + V_{бани} + V_{общ.пит.}, \quad (2.17)$$

где $V_{кот}$ – расчетный расход газа районной котельной, $\text{м}^3/\text{ч}$;

V_o – общий расход газа на отопление жилых и общественных зданий микрорайонов №1 и №2 и на отопление общественных зданий микрорайона №3 (из п.2.3.7), $\text{м}^3/\text{ч}$;

V_v – расход газа на вентиляцию общественных зданий микрорайонов №1, №2, №3 (из п.2.3.8), $\text{м}^3/\text{ч}$;

$V_{гв}$ – общий расход газа на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий (из п.2.3.9), $\text{м}^3/\text{ч}$;

$V_{прач.}, V_{бани}, V_{общ.пит.}$ – расход газа на нужды коммунально-бытовых потребителей (из п.2.3.6), $\text{м}^3/\text{ч}$.

Котельную подключают к сети высокого давления, если расход газа в котельной превышает $500 \text{ м}^3/\text{ч}$.

2.3.11. Суммарный часовой расход газа потребителями низкого давления, $\text{м}^3/\text{ч}$. Часовые расходы газа на нужды мелких коммунально-бытовых потребителей (предприятия торговли, бытового обслуживания и т. д.) следует принимать в размере до 5% суммарного расхода на жилые дома.

$$\Sigma V_{снд}^ч = V_{ж.зд.}^ч + 0,05 \cdot V_{ж.зд.}^ч + V_{ж.зд.мк.р-на\ №3}^ч \quad (2.18)$$

$$V_{ГРП} = \Sigma V_{снд}^ч, \quad (2.19)$$

где $\Sigma V_{снд}^ч$ – сумма часовых расходов газа на бытовые и коммунально-бытовые цели, $\text{м}^3/\text{ч}$ (сети низкого давления);

$V_{ГРП}$ – часовой расход газа потребителями низкого давления (жилые здания, коммунально-бытовые предприятия и учреждения), $\text{м}^3/\text{ч}$.

2.3.12. Часовой расход газа сетями высокого (среднего) давления, $\text{м}^3/\text{ч}$. Промышленные предприятия, котельные, больницы, хлебозаводы, присоеди-

няемые к сети высокого (среднего) давления газа через газорегуляторные пункты (ГРП, ШРП), относятся к сосредоточенным потребителям.

$$V_{\text{свд}}^{\text{ч}} = V_{\text{ГРП}} + V_{\text{Ком}} + V_{\text{Хл}} + V_{\text{Б}} + \Sigma V_{\text{ПП}}, \quad (2.20)$$

где $\Sigma V_{\text{ПП}} = \Sigma(V_i \cdot K_{\text{max}}^h)$ – сумма максимальных часовых расходов газа промышленными предприятиями, м³/ч;

V_i – годовые расходы газа на технологические и энергетические нужды промышленных и коммунально-бытовых предприятий определяют по удельным нормам расхода топлива, объему выпускаемой продукции и величине фактического топливопотребления. Расход газа определяют отдельно для каждого предприятия по заданию (приложение 3);

K_{max}^h – коэффициент часового максимума расхода газа на нужды промышленных предприятий (приложение 7).

2.3.13. Общий часовой расход газа для нужд района города, м³/ч:

$$V_{\text{район}}^{\text{ч}} = V_{\text{свд}}^{\text{ч}} \quad (2.21)$$

Общий часовой расход газа на район города складывается из расходов газа на отопление, горячее водоснабжение и принудительную вентиляцию зданий во всем районе города.

2.3.14. Годовой расход газа на отопление $V_{\text{от}}^{\text{год}}$, м³/год, жилых и общественных зданий рассчитывают по формуле [1]:

$$V_{\text{год}}^{\text{от}} = \frac{\alpha \cdot q_o (t_{\text{в}} - t_{\text{ср.от}}) \cdot V_{\text{зд}} \cdot 24 \cdot z_{\text{от}}}{0,28 \cdot h \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \eta} = V_o \cdot 24 \cdot z_{\text{от}}, \quad (2.22)$$

где α – поправочный коэффициент, принимается в зависимости от температуры наружного воздуха $t_{\text{н}}$ по таблице 3;

q_o – удельная отопительная характеристика, принимается в зависимости от этажности зданий по таблице 4;

$V_{\text{зд}}$ – наружный строительный объём отапливаемых зданий, м³, то же, что в формулах 2.13 и 2.14;

$t_{\text{в}}$ – температура внутреннего воздуха, °С;

$t_{\text{ср.от}}$ – средняя температура наружного воздуха начала отопительного периода по таблице 5, °С, [5];

$z_{\text{от}}$ – продолжительность отопительного периода, сут., по таблице 5, [5];

$Q_{\text{н}}^{\text{р}}$, η , h – то же, что в формуле 2.12.

Таблица 5

Область	Средняя температура наружного воздуха $t_{\text{ср.от}}$, °С	Продолжительность отопительного периода $z_{\text{от}}$, сут.
Брестская	0,2	187
Витебская	-0,2	207
Гомельская	-1,6	194
Гродненская	-0,5	194
Минская	-1,6	202
Могилевская	-1,9	204

Примечание – Приведены данные для среднесуточной температуры наружного воздуха начала отопительного периода 8 °С.

2.3.15. Годовой расход газа на централизованное горячее водоснабжение $V_{28}^{\text{год}}$, м³/год, от котельных определяют по формуле [1]:

$$V_{28}^{\text{год}} = \frac{24 \cdot g_{\text{ГВ}} \cdot \left[z_{\text{от}} + (350 - z_{\text{от}}) \cdot \frac{(65 - t_{\text{ХЛ}})}{(65 - t_{\text{ХЗ}})} \cdot \beta \right] \cdot N}{Q_{\text{H}}^{\text{P}} \cdot \eta}, \quad (2.23)$$

где $g_{\text{ГВ}} = 1,47$ (МДж/(чел · ч)) – укрупненный показатель среднечасового расхода теплоты на горячее водоснабжение;

N – число жителей района города, пользующихся горячим водоснабжением от котельной (микрорайоны №1 и №2), чел.;

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

$t_{\text{ХЛ}}$, $t_{\text{ХЗ}}$ – температуры водопроводной воды в летний и зимний периоды, °С (при отсутствии данных принимают $t_{\text{ХЛ}} = +15$, $t_{\text{ХЗ}} = +5$).

2.3.16. Годовой расход газа на принудительную вентиляцию общественных зданий $V_{\text{в}}^{\text{год}}$, м³/год, можно определить из выражения:

$$V_{\text{в}}^{\text{год}} = V_{\text{в}} \cdot 16 \cdot z_{\text{от}}, \quad (2.24)$$

где $V_{\text{в}}$ – расчетный часовой расход газа на вентиляцию, м³/ч, (формула 2.15);

16 – число часов работы системы вентиляции общественных зданий в течение суток, ч;

$z_{\text{от}}$ – продолжительность отопительного периода, сут. (таблица 5).

Пропускную способность газовых сетей необходимо рассчитывать на пиковые, максимально часовые расходы газа. Максимально часовые расходы для газопроводов определяются по годовым расходам и коэффициентам неравномерности потребления. Если бы потребление в течение года было равномерным и равным максимально часовому расходу, тогда весь годовой расход потребил бы m часов, которое равно числу использования максимума. Величину, обратную m , называют **коэффициентом часового максимума** K_{max}^h :

$$K_{\text{max}}^h = \frac{1}{m}. \quad (2.25)$$

Чем больше потребителей присоединено к газопроводу, тем меньше число часов использования максимума m и больше расчетный расход [1].

Число часов использования максимума для бытовых потребителей, коммунальных и промышленных предприятий приводится в нормативных документах [3].

Количество часов использования максимума нагрузки (ч/год) для отопительных котельных определяется по формуле:

$$m_{\text{котельн.}} = 24 \cdot z_{\text{от}} \cdot [(t_{\text{в}} - t_{\text{ср.от}}) / (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})], \quad (2.26)$$

где $t_{\text{в}}$, $t_{\text{ср.от}}$, $t_{\text{н}}$ – температуры соответственно внутреннего воздуха отапливаемых помещений, средняя наружного воздуха за отопительный период, расчетная наружная для данного района строительства (таблица 5), °С.

Результаты расчета сводятся в таблицу 6.

Таблица 6 – Годовые и максимальные часовые расходы газа городом

Характер потребления газа	Годовые расходы газа, V , м ³ /год	Коэффициент часового максимума K^h_{max}	Максимальные часовые расходы газа по микрорайонам, $V \cdot K^h_{max}$, м ³ /ч
1	2	3	4
1. Потребление низкого давления газа: <ul style="list-style-type: none"> • жилые дома – микрорайон №1 – микрорайон №2 – микрорайон №3 • отопление жилых зданий микрорайона №3 			
Всего:			
2. Потребители среднего (высокого) давления газа: <ul style="list-style-type: none"> • Сетевые ГРП • Больницы • Хлебозаводы • Котельная – отопление жилых и общественных зданий в районах №1 и №2 – вентиляция жилых и общественных зданий в районах №1 и №2 – централизованное горячее водоснабжение в районах №1 и №2. • Промышленные предприятия (ПП) 			
Всего:			

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. Удельный часовой расход газа на одного человека, учитывающий потребителей, присоединенных к сетям низкого давления e , м³/(ч·чел), равен:

$$e = V^h_{снд} / N, \quad (3.1)$$

где $V^h_{снд}$ – часовой расход газа, транспортируемый сетями низкого давления, м³/ч; N – число жителей в районе, чел.

4. Системы газоснабжения

Для газоснабжения населенных мест применяются одноступенчатые, двух-, трёх- и многоступенчатые системы газоснабжения.

Согласно [3] газопроводы газораспределительной системы в зависимости от рабочего (избыточного) давления транспортируемого газа подразделяются на:

– газопроводы высокого давления I категории — при рабочем давлении газа: от 0,6 до 1,2 МПа;

– газопроводы высокого давления II категории — при рабочем давлении газа от 0,3 до 0,6 МПа;

– газопроводы среднего давления — при рабочем давлении газа от 5 кПа до 0,3 МПа;

– газопроводы низкого давления — при рабочем давлении газа до 5 кПа.

Газопроводы низкого давления служат для транспортирования газа в жилые, общественные здания и предприятия бытового обслуживания. Газопроводы среднего и высокого давления II категории служат для питания городских распределительных сетей низкого и среднего давления через газорегуляторные пункты (ГРП). Газопроводы высокого давления I категории являются основными артериями, питающими крупный город; по ним газ подают через ГРП в сети среднего и высокого давления, а также промышленным предприятиям, технологические процессы которых нуждаются в газе давлением свыше 0,6 Мпа.

Городские системы газоснабжения присоединяются к магистральным газопроводам через газораспределительную станцию (ГРС). Из ГРС в основное городское кольцо газ поступает по нескольким ниткам. Система газоснабжения многоступенчатая. Газ последовательно проходит по газопроводам высокого давления, поток газа дросселируется клапанами регуляторов, его давление снижается, и газ поступает в газопроводы более низкой степени давления [10].

Связь между газопроводами различных давлений должна осуществляться через ГРП.

4.1. Выбор и обоснование системы газоснабжения

Выбор схемы газоснабжения (количество ступеней давления) производится исходя из следующих соображений: чем больше давление газа в газопроводе, тем меньше его диаметр и стоимость, но зато усложняется прокладка сети – необходимо выдерживать большие размеры до здания и сооружения, не по всем улицам можно проложить сеть высокого давления. С увеличением количества ступеней давления в системе добавляются новые газопроводы и ГРП, но уменьшаются диаметры последующих ступеней давления.

Многоступенчатые системы являются экономичными системами, так как основные потоки газа транспортируют под высоким давлением, что приводит к сокращению материаловложений в газовые сети.

Если по условиям планировки и застройки города нельзя прокладывать сети высокого давления (не позволяют размеры улиц и проездов), то проектируют сеть среднего давления 0,3 МПа. **В трехступенчатой системе высокое давление заменяют средним только в центральной, плотно застроенной и населенной части города. Выбор того или иного варианта определяют технико-экономическим расчетом.**

При проектировании городских сетей должны выдерживаться следующие принципы: кольцевание основных транзитных загородных магистралей, кольцевание транзитных внутригородских линий и питание их из нескольких точек. Для повышения надёжности желательно иметь два или несколько колец. **Распределительные сети должны быть многократно кольцевыми с питанием их из нескольких пунктов и возможностью питания каждого участка с двух сторон.** Только для небольших посёлков можно применять тупиковые сети и питание из одной точки.

Ответвления на кварталы, к отдельным группам зданий и дворовые сети устанавливаются тупиковыми (см. рис. 1). Плотность газопроводов принимают такой, чтобы длина абонентских ответвлений до вводов в здания была 50 – 100 м. Выбор оптимального решения при проектировании систем газоснабжения надёжнее всего производить на основе технико-экономического сравнения вариантов.

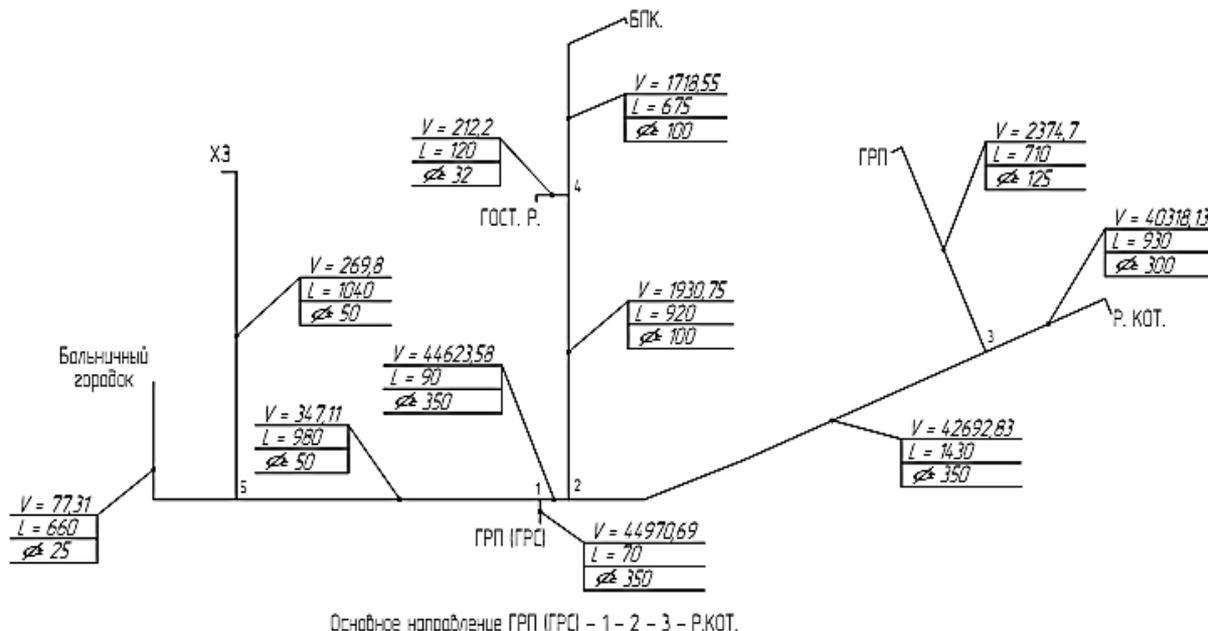
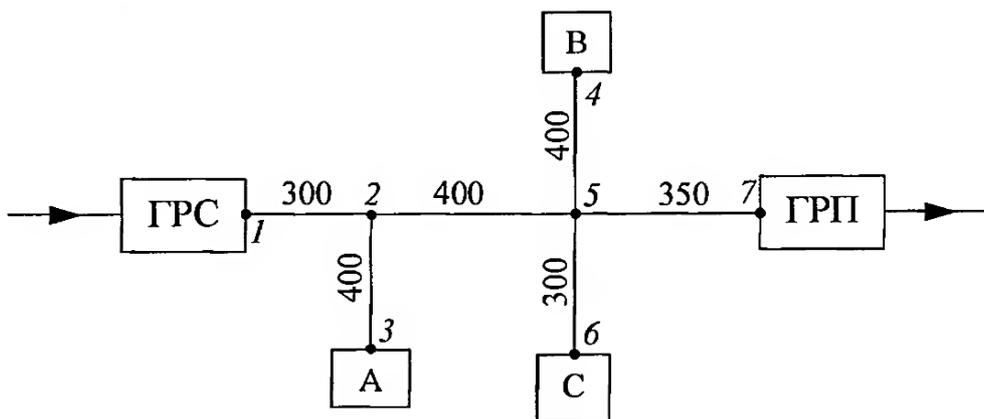


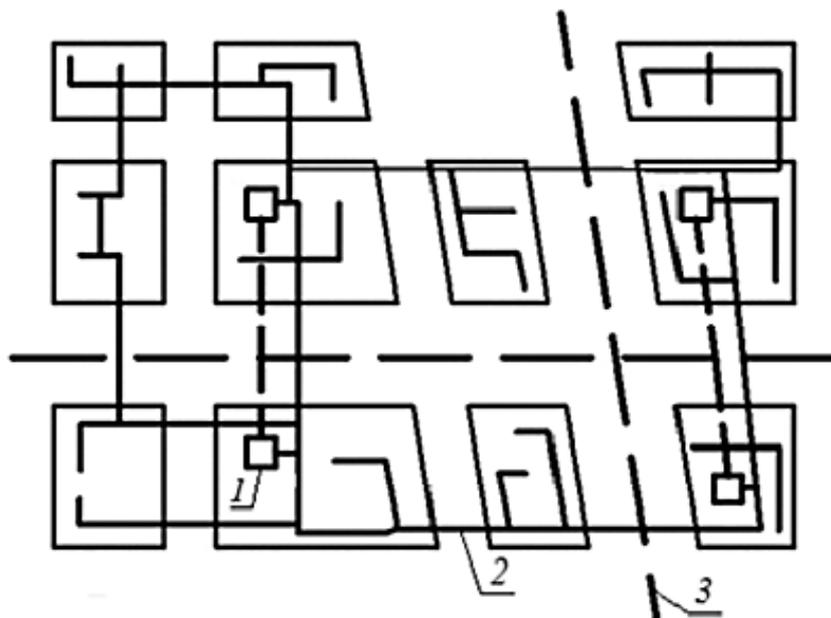
Рисунок 1 – Схема тупиковой сети среднего (высокого) давлений

Для посёлков и небольших городов с населением до 30-50 тыс. жителей рекомендуются одноступенчатые системы газоснабжения. Газ от ГРС или завода поступает в сеть низкого давления и распределяется по территории города (см. рис. 2).



ГРС – газораспределительная станция;
 А, В, С, ГРП – сосредоточенные потребители газа
 Рисунок 2 – Газопровод высокого давления

Для города с населением 50–250 тыс. чел. рекомендуются двухступенчатые системы газоснабжения, в которой газ от ГРС по сети среднего или высокого давления подаётся к ГРП и крупным потребителям, а от ГРП по сети низкого давления распределяется по территории города (см. рис. 3). Давление в первой ступени при природном газе обычно 0,3 МПа, но возможно и 0,6 МПа.



1 – ГРП; 2 – газопровод низкого давления; 3 – газопровод среднего давления
 Рисунок 3 – Схема газораспределительной сети с ГРП

Трёхступенчатую систему в городах можно применять при повышенных требованиях к надежности, при большой территории и неудобной планировке города (например, город вытянут вдоль реки узкой лентой), при наличии промышленных предприятий, требующих газ высокого давления.

Для городов с населением более 250 тыс. чел. рекомендуются трехступенчатые системы газоснабжения. Вокруг города прокладывается магистральный газопровод высокого давления, служащий для подачи газа в отдельные районы города и к крупным промышленным предприятиям. Газ из сетей первой ступени ($P = 1,2$ МПа или $0,6$ МПа) давления через ГРП высокого давления подаётся в сеть второй ступени ($P = 0,3$ МПа), служащую для подачи газа к городским ГРП, мелким, средним промышленным и некоторым коммунальным предприятиям. Из ГРП газ по сети низкого давления распределяется по всей территории застройки.

4.2. 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.

Для повышения надежности газоснабжения сети кольцуют (см. рис. 4). В сетях низкого давления целесообразно кольцевать только распределительные газопроводы, а абонентские ответвления выполнять тупиковыми разветвленными (см. рис. 5).

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

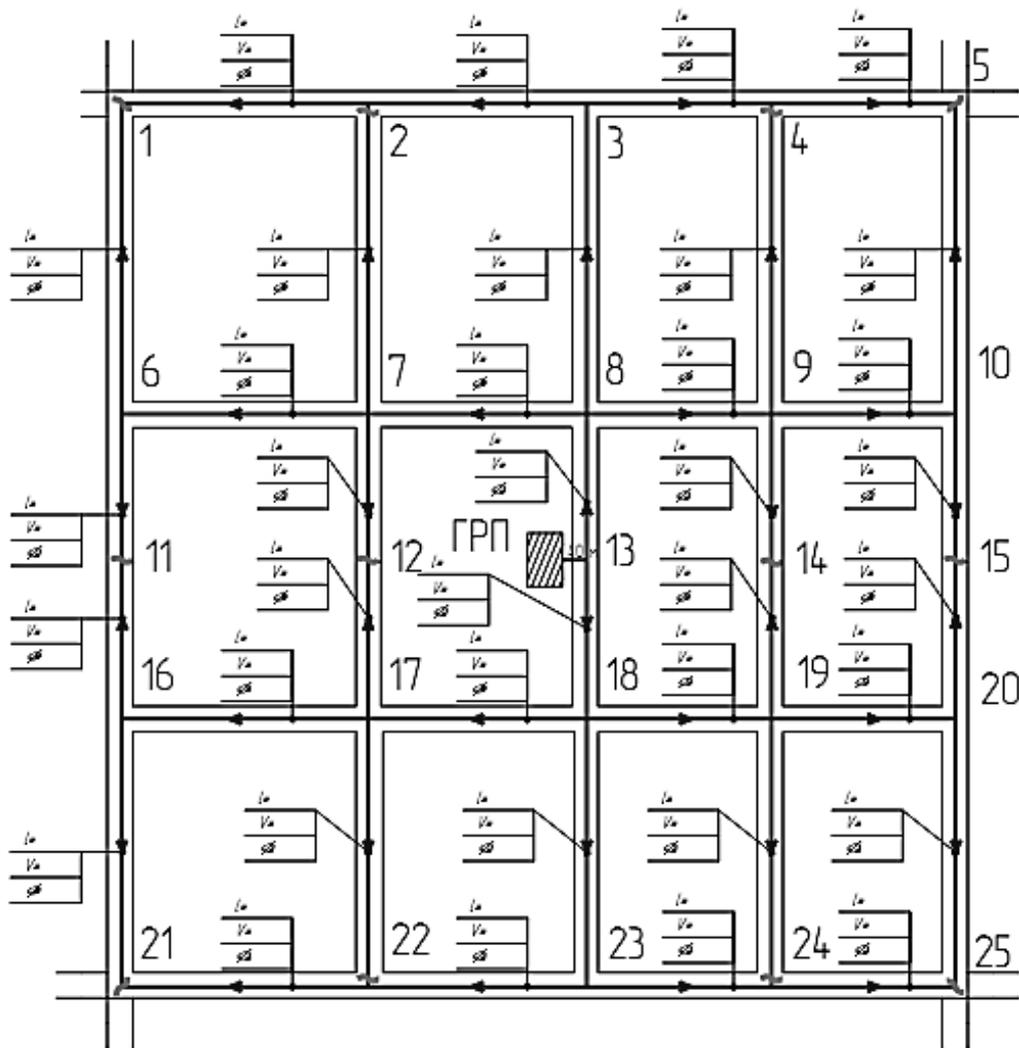


Рисунок 4 – Схема кольцевой сети низкого давления

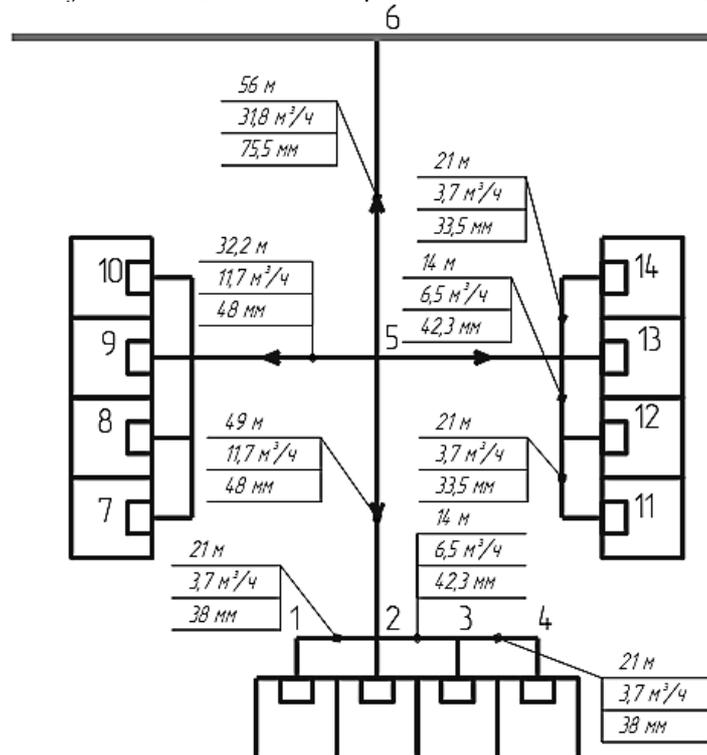


Рисунок 5 – Схема дворовой сети низкого давления

4.3. Определение количества сетевых ГРП

Число газорегуляторных пунктов определяют технико-экономическим расчетом. Их располагают в центрах зон, которые они питают. Зона действия ГРП не должна перекрываться зоной действия другого.

При проектировании газоснабжения городов большое значение имеет правильный выбор количества ГРП, их производительность и размещение.

С увеличением их количества уменьшаются радиусы действия и нагрузки на сеть, а следовательно, диаметры и стоимость сети. Зато увеличивается стоимость ГРП, удорожается и усложняется эксплуатация системы.

Производительность одной ГРП, питающей сеть среднего давления, составляет 25-50 тыс. м³/ч. ГРП размещаются вокруг района города так, чтобы обеспечить подвод газа к сети следующей ступени давления с различных сторон и по кратчайшему пути к центрам нагрузок района.

Количество ГРП, питающих сети низкого давления, может быть определено по формуле:

$$n = \frac{F}{2R_{opt}^2}, \quad (4.1)$$

где F – газифицируемая площадь, включая площадь проездов, м²;

$R_{opt} = 600 \dots 800$ – оптимальный радиус действия ГРП, м.

Газифицируемая площадь равняется общей площади микрорайонов района города, определяемой по генплану, где размещаются больница, хлебозавод, котельная, коммунально-бытовые предприятия.

Полученное по формуле (4.1) количество ГРП, их местоположение уточняется по местным условиям, исходя из планировки района города и расположения отдельных микрорайонов. Необходимо стремиться, чтобы зона действия каждого ГРП приближалась к квадрату. В этом случае протяженность сети от ГРП до самого дальнего потребителя и расходы газа по пути будут наименьшими, а сеть оптимальной.

5. Трубы, применяемые для систем газоснабжения

Трубы, применяемые для систем газоснабжения в настоящее время, изготавливаются из следующих материалов: стали, полиэтилена, меди. Для подземных газопроводов следует применять полиэтиленовые и стальные трубы, для наземных и надземных газопроводов – стальные трубы. Для внутренних газопроводов низкого давления разрешается применять стальные и медные трубы.

Для наружных газопроводов и внутренних среднего и высокого давления используются бесшовные стальные трубы, а для внутренних газопроводов низкого давления могут использоваться шовные водогазопроводные трубы по ГОСТ 3262-75 «Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия». Выбор стальных труб для газопроводов следует выполнять в соответствии с [3].

Полиэтиленовые трубы применяют только при подземной прокладке в соответствии с [4]. Различаются они по значению минимальной длительной прочности MRS. В системах газоснабжения применяют полиэтилен марки ПЭ80 (MRS = 8,0 МПа) и ПЭ100 (MRS = 10,0 МПа) по СТБ ГОСТ Р 50838–97. «Трубы из полиэтилена для газопроводов. Технические условия».

При применении труб с коэффициентом запаса прочности не менее 2,8 разрешается прокладка полиэтиленовых газопроводов давлением свыше 0,3 до 0,6 МПа на территориях поселений с преимущественно одно-, двухэтажной и коттеджной жилой застройкой. На территории малых сельских поселений разрешается прокладка полиэтиленовых газопроводов давлением до 0,6 МПа с коэффициентом запаса прочности не менее 2,5. При этом глубина прокладки должна быть не менее 0,8 м до верха трубы.

Основными преимуществами полиэтиленовых газовых труб по сравнению со стальными являются:

1) высокая коррозионная устойчивость, обеспечивающая значительную долговечность трубопроводных систем и сокращение затрат на капитальные ремонты систем;

2) низкая шероховатость поверхности и незначительное гидравлическое сопротивление;

3) устойчивость к зарастанию;

4) высокое электрическое сопротивление, позволяющее прокладывать трубопроводы в зоне действия сильных электрополей без устройства катодной защиты и усиленной изоляции труб;

5) низкая звукопроводность;

6) эластичность труб. Деформация гибких труб может достигать существенных значений. Противодействие грунта ведет к более равномерному распределению нагрузки. В результате этого эффективная нагрузка на трубу и ее деформация уменьшаются;

7) гибкость труб, позволяющая поставлять длинномерные трубы диаметром до 110 мм (длиной более 100 м) в бухтах, на катушках и барабанах, что снижает количество стыковых соединений и повышает производительность монтажа, а также надежность систем (80 % аварий на пластмассовых трубопроводах происходит в стыковых соединениях);

8) небольшая масса (они легче металлических труб в 3–8 раз), что снижает транспортные и складские расходы;

9) простота монтажа, незначительные трудозатраты на заготовительные работы;

10) пожаробезопасность при монтаже (температура сварочных процессов 200–240 °С), позволяющая вести работы без остановки производственных процессов и в зданиях из стораемых конструкций.

Также нужно учитывать следующие особенности полиэтиленовых газопроводов по сравнению со стальными:

1) низкая прочность (в 20–30 раз меньше, чем у металлов), необходимость защиты труб от механических и тепловых воздействий. Трубы нельзя использовать как несущие конструкции; арматуру и оборудование необходимо жестко крепить на строительных конструкциях, чтобы усилия не передавались на трубопроводы;

2) низкая поверхностная прочность, а поэтому необходимость защищать трубу от случайных наколов, надрезов, задиров, которые являются местными концентраторами напряжения и приводят, следовательно, к старению и местному разрушению стенок трубы;

3) малая продольная жесткость, что требует более частого крепления по сравнению с другими трубами (через каждые 0,5–2,5 м в зависимости от материала, диаметра труб и внешней температуры);

4) высокий коэффициент температурного линейного расширения. При прокладке полиэтиленовых трубопроводов необходимо учитывать изменение длины трубы вследствие теплового расширения материала при изменении температуры. Эти удлинения компенсируются за счет зигзагообразной укладки сваренной плети в траншее.

Основной задачей при расчете любого трубопровода является достоверное определение потерь давления по длине на трение и в местных гидравлических сопротивлениях.

Величина потерь давления на местные сопротивления в распределительных газопроводах принимается в размере 10 % от потерь на трение независимо от материала труб. Есть основания полагать, что величина вклада местных сопротивлений в полиэтиленовых трубах меньше 10 %, так как сами коэффициенты местных сопротивлений полиэтиленовых труб имеют меньшие значения, чем стальных. В результате общие потери давления будут снижены и соответственно будут подобраны меньшие диаметры труб.

6. Гидравлический расчет газопроводов

Основная задача гидравлических расчетов заключается в том, чтобы определить диаметры газопроводов, обеспечивающих пропуск необходимых количеств газа при допустимых перепадах давления. Расчет ведется исходя из максимально возможных расходов газа в часы максимального газопотребления. При этом учитываются часовые расходы газа на нужды производственных (промышленных и сельскохозяйственных), коммунально-бытовых потребителей, а также на индивидуально-бытовые нужды населения (отопление, горячее водоснабжение). Как правило, при гидравлическом расчете газопроводов среднего и высокого давления расчетные расходы газа потребителями принимаются в качестве сосредоточенных нагрузок, для сетей низкого давления учитывается также и равномерно распределенная нагрузка. Отличительной особенностью систем газоснабжения среднего давления с установкой газорегуляторных пунктов у каждого потребителя или небольшой группы потребителей населенного пункта является применимость к ним принципа расчета сетей с равномерно распределенными нагрузками.

С точки зрения методов гидравлические расчеты газопроводов можно разделить на следующие типы:

- расчет кольцевых сетей высокого и среднего давления;
- расчет тупиковых сетей высокого и среднего давления;
- расчет многокольцевых сетей низкого давления;
- расчет тупиковых сетей низкого давления.

Для проведения гидравлических расчётов необходимо иметь следующие исходные данные [11]:

- расчетную схему газопровода с указанием на ней номеров и длин участков;
- часовые расходы газа у всех потребителей, подключенных к данной сети;
- допустимые перепады давления газа в сети.

Расчетная схема газопровода составляется в упрощенном виде по плану газифицируемого района. Все участки газопроводов как бы выпрямляются и указываются их полные длины со всеми изгибами и поворотами.

6.1. Гидравлический расчет кольцевых сетей низкого давления

Газопроводы низкого давления служат для транспортирования газа в жилые, общественные здания и предприятия бытового обслуживания. В газопроводах жилых зданий разрешается давление до 3 кПа; в газопроводах предприятий бытового обслуживания непроизводственного характера и общественных зданий до 5 кПа.

Прокладку распределительных газопроводов по улицам рекомендуется предусматривать на разделительных полосах, избегая по возможности прокладки газопроводов под усовершенствованными дорожными покрытиями.

Городские сети низкого давления, распределяющие газ по всей территории застройки к бытовым и мелким коммунальным предприятиям, представляют собой сложную по конфигурации систему сопряженных колец, которые получают газ от нескольких ГРП и снабжают газом многочисленные ответвления на кварталы и отводы к отдельным зданиям (см. рис. 6). При расчете такую сеть разбивают на отдельные районы по количеству точек питания (ГРП), и сеть каждого района рассчитывают отдельно. Расчет сети производится в две стадии. Вначале рассчитывают распределительную (уличную) сеть, затем внутриквартальную разводку.

Рисунок 6 – Схема кольцевой сети низкого давления

Направления движения потоков газа выбирают так, чтобы газ от точки питания подавался ко всем потребителям по кратчайшему пути. При этом диаметры сети будут наименьшими. Направления движения газа выбираются, начиная от точки питания к периферии. При таком порядке выбора легче избежать возможности ошибок. В результате выявляются нулевые точки - конечные точки встречи потоков газа, идущих по разным направлениям (т.3, 14 на рис.6). При этом в сложных схемах имеются спорные участки, на которых движение газа можно принять как в одном, так и обратном направлении (в обоих случаях расстояние подачи газа будет одинаково): участки 2 - 4, 13 – 12 и т. д.

Пути движения транзитных потоков газа выбирают так, чтобы, соблюдая первое условие, одновременно добиваться как можно более равномерного распределения потоков газа по всем направлениям. На расчетной схеме показывают “отсечки” - точки, через которые транзитные расходы газа не проходят. Необходимо также учитывать возможность увязки сети. Например, на схеме (см. рис. 6) на участках 2-4, 13-12 давления с каждой стороны участка при любом направлении движения газа оказываются почти одинаковыми, поэтому эти участки пришлось разбить на две части с отсечкой в середине участков. Таким образом, происходит окончательное разделение кольцевой сети на несколько тупиковых. При расчете каждой такой сети вначале рассчитываются самые длинные направления от ГРП к нулевым точкам.

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.

Пример 2.

Проведем гидравлический расчет кольцевых газопроводов низкого давления на примере жилого района. На территории микрорайона имеются сосредоточенные потребители газа: фабрика с расходом газа низкого давления $V_{\text{ф}} = 130 \text{ м}^3/\text{ч}$ и котельная с расходом газа $V_{\text{котел.}} = 500 \text{ м}^3/\text{ч}$. Расход газа на бытовые и коммунальные цели принять из расчета. Общий расчетный часовой расход газа на бытовые и коммунальные нужды с учетом отопления $V_{\text{микрор-н}}^{\text{ч}} = 2355 \text{ м}^3/\text{ч}$

1. Наносим на генплан микрорайона схему газовых сетей и замеряем длины расчетных участков $l_{\text{расч.}}$, м.

Длины участков газопроводов, м: $l_{1-2} - 300$, $l_{2-3} - 200$, $l_{3-4} - 350$, $l_{4-5} - 300$, $l_{5-6} - 500$, $l_{6-7} - 500$, $l_{7-8} - 300$, $l_{8-9} - 150$, $l_{9-1} - 150$, $l_{2-10} - 100$, $l_{10-11} - 150$, $l_{11-6} - 500$, $l_{10-5} - 350$, $l_{8-11} - 150$.

Площади участков, га: А – 4, Б – 3, I – 7, II – 10, III – 5, IV – 8.

2. Принимаем для микрорайона кольцевую сеть низкого давления.

3. На расчетной схеме нумеруем все узлы разветвления сети слева направо и сверху вниз (рис.7).

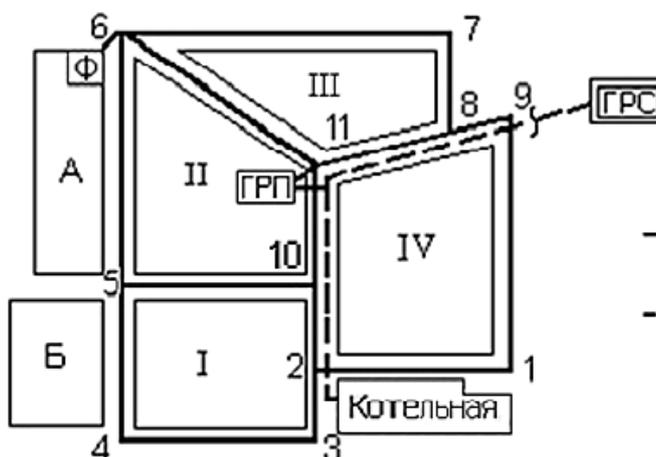


Рисунок 7 – Схема кольцевой сети низкого давления

4. К сети низкого давления подключаем сосредоточенную нагрузку бани, прачечной и столовой. Площади А и Б промышленных предприятий, больницы, хлебозавода и котельной рассматриваем как прилегающие к газопроводу низкого давления и не окольцовываем (рис. 7).

5. Расход газа по отдельным кольцам находим по формуле:

$$V_k = F_{\text{кв I}} \cdot V_{\text{уд.f}}, \quad (6.1)$$

где $F_{\text{кв I}}$ – площадь I квартала, м^2 ; $V_{\text{уд.f}} = 63,65$ – удельный расход газа на единицу площади застройки, $\text{м}^3/(\text{ч} \cdot \text{га})$.

$$V_{\text{уд.f}} = V_{\text{I}}^{\text{ч}} / F_{\text{кв I}}, \quad (6.2)$$

где $V_{\text{I}}^{\text{ч}}$ – общий расчетный часовой расход газа на бытовые и коммунальные нужды с учетом отопления.

Для кольца I – $V_{\text{I}} = F_{\text{I}} \cdot V_{\text{уд.f}} = 7 \cdot 63,65 = 446 \text{ м}^3/\text{ч}$; для кольца II – $V_{\text{II}} = 10 \cdot 63,65 = 636 \text{ м}^3/\text{ч}$; для площади А – $V_{\text{А}} = 4 \cdot 63,65 = 255 \text{ м}^3/\text{ч}$ и т.д.

Таблица 7 – Расход газа по отдельным кольцам

Кольца и площади вне колец	I	II	III	IV	А	Б
Расход газа, $\text{м}^3/\text{ч}$	446	636	318	509	255	191
Общий расход газа по микрорайону, $\text{м}^3/\text{ч}$	$\Sigma V_k = 2355 = V_{\text{микрор-н}}^{\text{ч}}$					

6. Определяем удельные расходы газа $V_{\text{уд.к}}$ на единицу длины периметра каждого кольца от равномерно распределенной нагрузки, $\text{м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м})$.

$$V_{\text{уд.к}} = V_k / l_k, \quad (6.3)$$

где l_k – длина периметра кольца.

Для кольца I – $V_{\text{уд.I}} = V_{\text{I}} / l_{\text{I}} = 446 / 1300 = 0,343 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м})$; для кольца II – $V_{\text{уд.II}} = V_{\text{II}} / l_{\text{II}} = 636 / 1500 = 0,424 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м})$ и т.д.

Удельные расходы газа по длине газопроводов представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Удельные расходы газа

Кольца	I	II	III	IV
Удельный расход, $\text{м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м})$	0,343	0,424	0,219	0,424

7. Определяем путевые расходы газа на участках сети $V_{\text{пут.}}$. При этом необходимо учитывать односторонний и двухсторонний разбор газа на участках сети. Для окольцованных кварталов этот расход определяется по удельным расходам в кольцах, в которые заключены кварталы, а расход газа на прилегающие площади прибавляется целиком к путевому расходу газа на участке сети, к которому прилегает данная площадь.

$$V_{\text{пут.}} = l_{\text{расч.}} \cdot V_{\text{уд.к}} \quad (6.4)$$

Для участка 1-2 $V_{\text{пут.1-2}} = l_{\text{расч.1-2}} \cdot V_{\text{уд.IV}} = 300 \cdot 0,424 = 127,2 \text{ м}^3/\text{ч}$; для участка 2-10 $V_{\text{пут.2-10}} = l_{\text{расч.2-10}} \cdot (V_{\text{уд.IV}} + V_{\text{уд.I}}) = 100 \cdot (0,424 + 0,343) = 76,7 \text{ м}^3/\text{ч}$; для участка 5-6 $V_{\text{пут.5-6}} = l_{\text{расч.5-6}} \cdot V_{\text{уд.II}} + V_{\text{А}} = 500 \cdot 0,424 + 255 = 467 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Путевые расходы занести в таблицу 10.

Таблица 9 – Путьевые расходы

Участок	Путьевой расход, м ³ /ч	Участок	Путьевой расход, м ³ /ч
1 – 2	127,2	8 – 9	63,6
2 – 3	68,6	9 – 1	148,4
3 – 4	120,1	2 – 10	76,7
4 – 5	293,9	10 – 5	268,5
5 – 6	467,0	10 – 11	127,2
6 – 7	109,5	11 – 8	96,5
7 – 8	65,7	11 – 6	321,5
Сумма путьевых расходов по всем участкам $\Sigma V_{\text{путь.}} = 2354 \text{ м}^3/\text{ч}$			

Сумма путьевых расходов по всем участкам должна быть приблизительно равна общему расходу газа по микрорайону:

$$\Sigma V_{\text{путь.}} \approx \Sigma V_{\text{к.}} \quad (6.5)$$

Погрешность в расчетах допустима не более 5%: $\delta = \Sigma V_{\text{к.}} - \Sigma V_{\text{путь.}}$; $\delta/100 < 5\%$. При погрешности более 5% следует устранить неточности в расчетах. Поскольку $V_{\text{микрор-н}}^{\text{н}} = 2355 \text{ м}^3/\text{ч}$, то погрешность в расчетах $\delta = 2355 - 2354 = 1 \text{ м}^3/\text{ч}$, или около 0,04, что допустимо.

8. Определяем узловыые расходы газа $V_{\text{узл.и}}$. Узловая нагрузка в конце участка включает и нагрузку потребителей, присоединенных к этому узлу, и расход газа, подаваемого в соседний участок. При этом необходимо учитывать следующее:

- транзитный расход на предыдущем участке равен сумме путьевых расходов всех последующих до точки встречи потоков участков;

- для случая слияния потоков транзитный расход на каждом из предыдущих участков равен путьевому расходу последующего участка, взятому с коэффициентом 0,5;

- при разделении потока транзитный расход на предыдущем участке равен сумме путьевых расходов всех последующих (за точкой разделения до точек встречи) участков. Для узла 1 $V_{\text{узл.1}} = 0,5 (V_{\text{путь.1-2}} + V_{\text{путь.1-9}}) = 0,5(127,2 + 148,4) = 137,8 \text{ м}^3/\text{ч}$;

для узла 2 $V_{\text{узл.2}} = 0,5(V_{\text{путь.1-2}} + V_{\text{путь.2-3}} + V_{\text{путь.2-10}}) = 0,5(127,2 + 68,6 + 76,7) = 136,3 \text{ м}^3/\text{ч}$;

для узла 6 $V_{\text{узл.6}} = 0,5(V_{\text{путь.5-6}} + V_{\text{путь.7-6}} + V_{\text{путь.11-6}}) + V_{\text{ф}} = 0,5(467 + 109,5 + 321,5) + 130 = 579 \text{ м}^3/\text{ч}$ и т.д.

Результаты вычислений заносим в таблицу 10.

Таблица 10 – Узловыые расходы

Узел	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Узловой расход, м ³ /ч	137,8	136,3	94,4	207,0	514,7	579,0	87,6	112,9	106,0	236,2	272,7
Сумма узловых расходов, м ³ /ч	$\Sigma V_{\text{узл.}} = 2484,6$										

За вычетом сосредоточенного расхода $V_{\phi} = 130 \text{ м}^3/\text{ч}$ сумма расходов равномерно распределенных нагрузок равна $2354,6 \text{ м}^3/\text{ч}$, т. е. по отношению к $V_{\text{микрор-н}}^{\text{ч}} = 2355 \text{ м}^3/\text{ч}$ погрешность составила $0,4 \text{ м}^3/\text{ч}$, или менее 1%, что допустимо.

9. Вычерчиваем расчетную схему газопроводов и намечаем желаемые направления потоков газа (рис. 8).

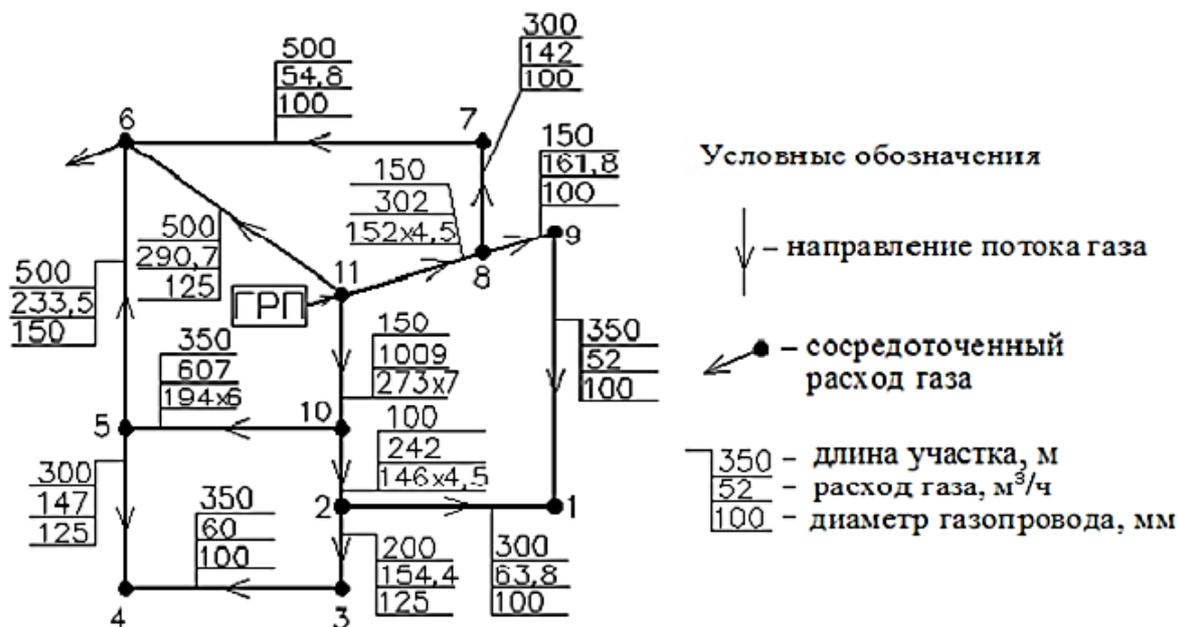


Рисунок 8 – Расчетная схема газовой сети низкого давления

На схеме намечаем сначала главные направления потоков газа от ГРП к наиболее удаленным точкам поселка и обозначаем их стрелками. При этом следует стремиться обеспечить подвод газа к потребителям в дальних точках минимум по двум наикратчайшим направлениям. Затем намечаем вспомогательные направления потоков газа, чтобы обеспечить продвижение газа от ГРП к периферии. Далее на схеме отмечаем так называемые нулевые точки, или точки схода потоков, т. е. узлы, в которых потоки газа сходятся, а выходящих расходов нет (узел 1, узел 4), кроме сосредоточенных, если они имеются в узле (узел 6). Желательно, чтобы в кольцах длина участков с «положительными» (по часовой стрелке) направлениями потоков газа была примерно равна длине участков с «отрицательными» (против часовой стрелки) направлениями потоков газа, т. е. чтобы кольца были «равноплечные». Этим условиям наиболее отвечают направления потоков газа, показанные на рис. 8.

10. Вычисляем **расчетные расходы газа на участках** V_{pi} , составляя для этого уравнения равновесия каждого узла. Если в уравнении равновесия узла неизвестны несколько расходов, то неизвестными расходами, за исключением одного, задаются, а один вычисляют.

Величины расходов, которыми задаются, могут быть приняты произвольно, но они должны быть не менее половины путевых расходов для соответствующих участков. Если же расход, которым задаются, помимо путевого включает и транзитный расход, то он должен быть учтен, т. е. в таком случае надо задаваться расходом

$$V_{pi} \geq 0,5 V_{\text{пут.}} + V_{\text{т.}} \quad (6.6)$$

Для удобства вычислений расчетных расходов по участкам на расчетную схему следует нанести узловые расходы. Вычисления начинаем с дальних точек схода, которыми будут узлы 4, 6 и 1. Для узла 4 условие равновесия выражается уравнением $V_{p3-4} + V_{p5-4} = V_{y34}$.

Принимаем $V_{p3-4} = 0,5V_{\text{пут.3-4}} = 0,5 \cdot 120,1 = 60 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Тогда $V_{p5-4} = V_{y34} - V_{p3-4} = 207 - 60 = 147 \text{ м}^3/\text{ч}$. Вычисление расчетных расходов ведем в табличной форме (таблица 11).

Таблица 11 – Определение расчетных расходов

Узел	Уравнение равновесия узла	Принятый расход газа $V_{pi}, \text{ м}^3/\text{ч}$	Искомый расход газа на участке, $\text{ м}^3/\text{ч}$
4	$V_{p3-4} + V_{p5-4} = V_{y34}$	$V_{p3-4} = 60$	$V_{p5-4} = 207 - 60 = 147$
5	$V_{p5-10} - V_{p5-6} - V_{p5-4} = V_{y35}$	$V_{p5-6} = 233,5$	$V_{p5-10} = 514,7 + 233,5 + 147 = 895,2$
6	$V_{p5-6} + V_{p11-6} + V_{p6-7} = V_{y36}$	$V_{p6-7} = 54,8$	$V_{p11-6} = 579 - 54,8 - 233,5 = 290,7$
7	$V_{p7-8} - V_{p7-6} = V_{y37}$	-	$V_{p7-8} = 87,6 + 54,8 = 142,4$
9	$V_{p8-9} - V_{p9-1} = V_{y39}$	$V_{p9-1} = 74,2$	$V_{p8-9} = 87,6 + 74,2 = 161,8$
1	$V_{p2-1} - V_{p9-1} = V_{y31}$	-	$V_{p2-1} = 137,8 - 74,2 = 63,6$
3	$V_{p2-3} - V_{p3-4} = V_{y33}$	-	$V_{p2-3} = 94,4 + 60 = 154,4$
2	$V_{p10-2} - V_{p2-1} - V_{p2-3} = V_{y32}$	-	$V_{p10-2} = 136,3 + 63,6 + 154,4 = 354,3$
10	$V_{p11-10} - V_{p10-5} - V_{p10-2} = V_{y310}$	-	$V_{p11-10} = 236,2 + 895,2 + 354,3 = 1485,7$
8	$V_{p11-8} - V_{p8-7} - V_{p8-9} = V_{y38}$	-	$V_{p11-8} = 112,9 + 142,4 + 161,8 = 417,1$
11	$V_{pГРП} - V_{p11-6} - V_{p11-8} - V_{p11-10} = V_{y311}$	-	$V_{pГРП} = 272,7 + 290,7 + 417,1 + 1485,7 = 2466,2$

По балансу в узле 11, т. е. у ГРП, проверяем правильность расчета:

$\Delta V = V_{pГРП} - (V_{\text{микрор-н}} + V_{\phi}) = 2466,2 - (2355 + 130) = 18,8 \text{ м}^3/\text{ч}$, т.е. погрешность менее 1%, что допустимо.

Расчетные расходы газа на участках нанесем на расчетную схему, а также запишем в виде таблицы 12.

Таблица 12 – Расчетные расходы газа на участках сети

Участок	Расчетный расход, $\text{ м}^3/\text{ч}$	Участок	Расчетный расход, $\text{ м}^3/\text{ч}$
1 – 2	63,6	8 – 9	161,8
2 – 3	154,4	9 – 1	74,2
3 – 4	60,0	2 – 10	354,3
4 – 5	147,0	10 – 5	895,2
5 – 6	233,5	10 – 11	1485,7
6 – 7	54,8	11 – 8	417,1
7 – 8	142,4	11 – 6	290,7

11. Для гидравлического расчета сети вычисляем **удельные потери давления на единицу длины газопроводов** в различных направлениях от ГРП до самых удаленных точек – точек схода.

Принимаем согласно [3] давление газа на выходе из ГРП равным 300 даПа, а перепад давления в наружных распределительных газопроводах – 120 даПа. Перепад давления в газопроводах от ГРП до дальних точек схода должен максимально приближаться к 120 даПа, но не превышать этой величины.

Удельные потери давления по направлению ГРП-11-10-2-3-4:

$$\begin{aligned} \Delta P_{11-3-4} &= H/\Sigma l_i = H/(l_{11-10} + l_{10-2} + l_{2-3} + l_{3-4}) = \\ &= 120/(150+100+200+350) = 0,15 \text{ даПа/м}. \end{aligned} \quad (6.7)$$

Потери давления на участках этого направления:

$$\begin{aligned}H_{11-10} &= \Delta P_{11-3-4} \cdot l_{11-10} = 0,15 \cdot 150 = 22,5 \text{ даПа}; \\H_{10-2} &= \Delta P_{11-3-4} \cdot l_{10-2} = 0,15 \cdot 100 = 15 \text{ даПа}; \\H_{2-3} &= \Delta P_{11-3-4} \cdot l_{2-3} = 0,15 \cdot 200 = 30 \text{ даПа}; \\H_{3-4} &= \Delta P_{11-3-4} \cdot l_{3-4} = 0,15 \cdot 350 = 52,5 \text{ даПа};\end{aligned}$$

Потерю давления на тех участках, которые при расчете попадают повторно, надо принимать по направлению с меньшим значением H , так как эти участки обслуживают несколько колец, являются ответственными и должны выполняться из труб большего диаметра. При определении удельных потерь давления на последующих направлениях из общего располагаемого перепада давления необходимо вычесть потери давления на участках, вошедших в одно из предыдущих направлений, т. е. для таких участков удельные потери давления составляют:

$$\Delta P = (H - \Sigma H_i) / (\Sigma l - \Sigma l_i), \quad (6.8)$$

где H – общий перепад давления (120 даПа); ΣH_i – сумма потерь давления на участках, рассчитанных по предыдущим направлениям; Σl – сумма длин участков рассчитываемого направления; Σl_i – сумма длин участков, рассчитанных по предыдущим направлениям.

Удельные потери давления по направлению ГРП-11-10-5-4:

$$\begin{aligned}\Delta P_{11-10-5-4} &= (H - H_{11-10}) / (l_{10-5} + l_{5-4}) = \\&= (120 - 22,5) / (350 + 300) = 0,15 \text{ даПа}.\end{aligned}$$

Потери давления на участках этого направления:

$$\begin{aligned}H_{11-10} &= 22,5 \text{ (определено ранее);} \\H_{10-5} &= \Delta P_{10-5-4} \cdot l_{10-5} = 0,15 \cdot 350 = 52,5; \\H_{5-4} &= \Delta P_{11-5-4} \cdot l_{5-4} = 0,15 \cdot 300 = 45.\end{aligned}$$

Удельные потери давления по направлению ГРП-11-10-5-6:

$$\begin{aligned}\Delta P_{11-10-5-6} &= (H - (H_{11-10} + H_{10-5})) / l_{5-6} = \\&= (120 - 22,5 - 52,5) / 500 = 0,09 \text{ даПа}.\end{aligned}$$

Потери давления на участках этого направления:

$$\begin{aligned}H_{11-10} &= 22,5 \text{ (определено ранее);} \\H_{10-5} &= 52,5 \text{ (определено ранее);} \\H_{5-6} &= \Delta P_{11-10-5-6} \cdot l_{5-6} = 0,09 \cdot 500 = 45.\end{aligned}$$

Удельные потери давления по направлению ГРП-11-6:

$$\Delta P_{11-6} = H / l_{11-6} = 120 / 500 = 0,24 \text{ даПа}$$

Потери давления на участке 11-6:

$$H_{11-6} = \Delta P_{11-6} \cdot l_{11-6} = 0,24 \cdot 500 = 120.$$

Удельные потери давления по направлению ГРП-11-8-7-6:

$$\Delta P_{11-8-7-6} = H / (l_{11-8} + l_{8-7} + l_{7-6}) = 120 / (150 + 300 + 500) = 0,127 \text{ даПа}.$$

Потери давления на участках этого направления:

$$\begin{aligned}H_{11-8} &= \Delta P_{11-8-7-6} \cdot l_{11-8} = 0,127 \cdot 150 = 19; \\H_{8-7} &= \Delta P_{11-8-7-6} \cdot l_{8-7} = 0,127 \cdot 300 = 38; \\H_{7-6} &= \Delta P_{11-8-7-6} \cdot l_{7-6} = 0,127 \cdot 500 = 63,5.\end{aligned}$$

Удельные потери давления по направлению ГРП-11-8-9-1:

$$\Delta P_{11-8-9-1} = (H - H_{11-8}) / (l_{11-8} + l_{9-1}) = (120 - 19) / (150 + 350) = 0,20 \text{ даПа.}$$

Потери давления на участках этого направления:

$$\begin{aligned} H_{11-8} &= 19 \text{ (определено ранее);} \\ H_{8-9} &= \Delta P_{11-8-9-1} \cdot l_{8-9} = 0,20 \cdot 150 = 30; \\ H_{9-1} &= \Delta P_{11-8-9-1} \cdot l_{9-1} = 0,20 \cdot 350 = 70. \end{aligned}$$

Удельные потери давления по направлению ГРП-11-10-2-1:

$$\begin{aligned} \Delta P_{11-10-2-1} &= (H - (H_{11-10} + H_{10-2})) / l_{2-1} = \\ &= (120 - 22,5 - 15) / 300 = 0,275 \text{ даПа.} \end{aligned}$$

Потери давления на участках этого направления:

$$\begin{aligned} H_{11-10} &= 22,5 \text{ (определено ранее);} \\ H_{10-2} &= 15 \text{ (определено ранее);} \\ H_{2-1} &= \Delta P_{11-10-2-1} \cdot l_{2-1} = 0,275 \cdot 300 = 82,5. \end{aligned}$$

Результаты вычислений удельных потерь давления на участках газовой сети запишем в виде табл. 13.

Таблица 13 – Удельные потери давления

Участок	Удельные потери давления, даПа/м	Участок	Удельные потери давления, даПа/м
1 – 2	0,275	8 – 9	0,2
2 – 3	0,15	9 – 1	0,2
3 – 4	0,15	2 – 10	0,15
4 – 5	0,15	10 – 5	0,15
5 – 6	0,09	10 – 11	0,15
6 – 7	0,127	11 – 8	0,127
7 – 9	0,127	11 – 6	0,24

12. Далее по величинам удельных потерь напора и расчетных расходов на участках по приложению 8 или приложению 9 определяем предварительные диаметры участков газопроводной сети. По найденным диаметрам газопроводов на участках по тем же таблицам уточняем соответствующие им действительные удельные потери давления на трение. Умножая действительные удельные потери давления на длину участков, определяем действительные линейные потери давления на трение на каждом участке в целом. К линейным потерям давления на трение прибавляем потери давления в местных сопротивлениях, принимая их величину равной 10 % от линейных потерь на трение.

Суммируя потери давления на участках полукольца, следим, чтобы невязка между суммарными потерями давления в полукольцах не превышала 10% от наименьших потерь давления в полукольце. При невязке потерь давления более 10% необходимо внести коррективы в ранее принятые расчеты и сделать увязку сети. Эта увязка может быть достигнута либо за счет переброски так называемых поправочных расходов с одного полукольца на другое, либо за счет изменения первоначально принятых диаметров на одном или нескольких участках полукольца.

Таблица 14 – Гидравлический расчет кольцевой сети низкого давления

№ участка	Длина участка, м		Среднее удельное падение давления, h_{CP} , даПа/м	V_p , м ³ /ч	D_y , мм	Падение давления, даПа		$P_{уд}$, даПа
	L	L_p				$h_{уд}$ на 1 м	на участке $h_{CP}L_p$	
Кольцо I								
10 – 2	100	110	0,150	354,3	150	0,175	19,25	280,75
2 – 3	200	220	0,150	154,4	125	0,100	22,00	278,00
3 – 4	350	385	0,150	60,0	80	0,150	57,75	242,25
10 – 5	350	385	0,150	895,2	200	0,180	69,30	230,70
5 – 4	300	330	0,150	147,0	125	0,094	31,02	288,98
Невязка по полукольцам $\delta = \frac{(69,3 + 31,02) - (19,25 + 22 + 57,75)}{69,3 + 31,02} 100 = 1,3\% < 10$								
Кольцо II								
11 – 10	150	165	0,150	1485,7	250	0,180	29,70	270,30
10 – 5	350	385	0,150	895,2	200	0,220	84,70	215,30
5 – 6	500	550	0,090	233,5	150	0,084	46,20	253,80
11 – 6	500	550	0,240	290,7	125	0,300	165,00	135,00
Невязка по полукольцам $\delta = \frac{165 - 160,6}{165} 100 = 2,6\% < 10$								
Кольцо III								
11 – 6	500	550	0,240	290,7	125	0,300	165,00	135,00
11 – 8	150	165	0,127	417,1	150	0,225	37,13	262,87
8 – 7	300	330	0,127	142,4	100	0,240	79,20	271,29
7 – 6	500	550	0,127	54,8	80	0,110	60,50	231,25
Невязка по полукольцам $\delta = \frac{176,83 - 165}{176,83} 100 = 6,5\% < 10$								
Кольцо IV								
11 – 8	150	165	0,127	417,1	150	0,225	37,13	262,87
8 – 9	150	165	0,200	161,8	100	0,290	47,85	250,50
9 – 1	150	165	0,200	74,2	80	0,160	26,40	271,12
11 – 10	150	165	0,150	1485,7	250	0,180	29,70	270,30
10 – 2	100	110	0,150	354,3	150	0,175	19,25	280,75
2 – 1	300	330	0,275	63,6	80	0,160	52,80	250,50
Невязка по полукольцам $\delta = \frac{111,38101,75}{111,38} 100 = 8,6\% < 10$								

Если участки полукольца, для которых изменены расходы или диаметры, являются общими и для смежных колец, то надо пересчитать все кольца.

После пересчета сумма приходов и расходов газа в каждом узле должна быть равна нулю. Метод изменения диаметров участков газопроводов обеспечивает ранее принятые желаемые распределения потоков газа, и поэтому воспользуемся им. Дальнейшие расчеты удобнее вести по форме таблицы 15. Составлением таблицы и внесением в нее результатов расчетов увязка сети будет закончена и будут определены расчетом диаметры участков газопроводов. Их следует нанести на расчетную схему (см. рис. 8).

6.2. Гидравлический расчет тупиковой дворовой сети низкого давления

Гидравлический расчет внутридворовых газопроводов проводят в следующей последовательности:

- 1) на генплане квартала проектируют газовые сети по тупиковой схеме;
- 2) намечают расчетные участки от точки подключения к распределительному уличному газопроводу до отключающего устройства на вводе в здание;
- 3) расчёт дворовых газопроводов сводится к определению наиболее выгодных с технико-экономической точки зрения диаметров труб, обеспечивающих подачу заданного количества газа при принятом перепаде давления.

Расчётный (часовой) расход газа для дворовых газопроводов V_p^d , м³/ч, равен сумме номинальных расходов газа, установленных газовых приборов с расчётом коэффициента одновременности их действия.

$$V_p^d = (\Sigma n \cdot q_i \cdot K_0) / Q_p^H, \quad (6.9)$$

где Σn – количество газовых приборов;

q_i – расход теплоты на прибор (для 4-конфорочных плит 42000 кДж/ч или 11,3 кВт);

K_0 – коэффициент одновременности работы (таблица 15);

Q_p^H – низшая теплота сгорания газа, кДж/м³.

Таблица 15 – Коэффициент одновременности действия приборов K_0 в зависимости от установки в жилых домах газового оборудования

Число квартир	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
Плита 4-конфорочная	1,000	0,650	0,450	0,350	0,290	0,280	0,280	0,265	0,258	0,254	0,240
Число квартир	20	30	40	50	60	70	80	90	100	400	-
Плита 4-конфорочная	0,235	0,231	0,227	0,223	0,220	0,217	0,214	0,212	0,210	0,180	-

Расчеты сводим в таблицу 16.

Таблица 16 – Расчет расходов газа дворовой сети газоснабжения

№ участка	Приборы в квартирах	Количество квартир	Коэффициент одновременности K_0	Расчетный расход газа V_p^d , м ³ /ч
1	2	3	4	5

Определяются **средние удельные потери давления $\Delta P_{уд}^{cp}$** , приходящиеся на один метр длины внутриквартального газопровода на расчетной ветке от точки подключения к распределительному газопроводу до наиболее удаленного газифицированного здания:

$$\Delta P_{уд}^{cp} = \Delta P_p / 1,1 \cdot \Sigma l, \quad (6.10)$$

где $\Delta P_p = 25$ – нормативный перепад давления (общий допустимый перепад давления), даПа;

1,1 – 10% на местные сопротивления;

Σl – суммарная длина расчетной ветки (расстояние от точки подключения внутриквартального газопровода к уличной кольцевой сети до самого удаленного расчетного здания, например Σl_{6-4} (см. рис.9)), м;

Диаметры участков газопроводов определяют по расчетному расходу газа V_p^d , м³/ч, и значению удельных ориентировочных потерь давления $\Delta P_{уд}^{cp}$, даПа/м по приложению 8.

Для выбранных диаметров газопроводов на участках по приложению 9 определяем **действительные удельные потери давления** $\Delta P_{уд}$.

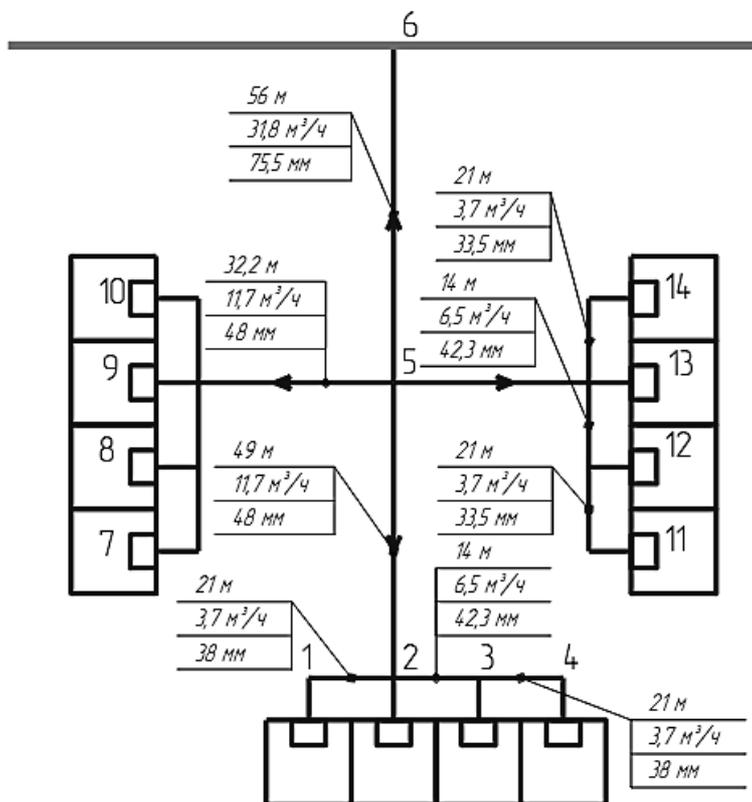


Рисунок 9 – Схема дворовой сети низкого давления

Определяем **суммарные потери давления** $\Sigma \Delta P_{уд}$, по каждому направлению движения газа и сравнивают их с общими допустимыми потерями давления $\Delta P_p = 25$ даПа:

$$\delta = ((\Delta P_p - \Sigma \Delta P_{уд}) \cdot 100\%) / \Delta P_p. \quad (6.11)$$

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

6.3. Гидравлический расчет внутридомового газопровода

В систему газоснабжения жилого дома входят следующие элементы: газопровод - ввод, распределительный газопровод, стояки, поэтажные подводки, запорная арматура, газовые приборы.

При выборе схемы газоснабжения необходимо учитывать:

- прокладка газопровода должна производиться открыто из стальных труб на сварке, с разъемными, резьбовыми и фланцевыми соединениями в местах установки запорной арматуры, газовых приборов, регуляторов давления и счетчиков;
- запорную арматуру следует устанавливать на вводе, в ответвлении к стоякам, газовым приборам, а также в продувочных трубопроводах зданий пяти и более этажей;
- распределительный газопровод крепят к стенам зданий с помощью хомутов, кронштейнов-крючьев, на расстоянии, обеспечивающем монтаж, ремонт и

осмотр трубопровода. На вводе вблизи распределительного трубопровода устанавливают главную отключающую запорную арматуру. От главного запорного устройства прокладывают распределительный трубопровод и от него делают вводы в каждую секцию;

- газопроводы внутри помещений состоят из вводов, стояков и квартирных разводов. Стояки представляют собой вертикально расположенный газопровод, проходящий через все этажи. От него идут ответвления в расположенные рядом квартиры;

- при прохождении через перекрытие газопроводы прокладывают в металлических футлярах с кольцевым зазором 5-10 мм и с возвышением над уровнем пола на 30 мм. Зазор между трубой и футляром заделывают просмоленной паклей, резиновыми втулками или другими эластичными материалами;

- все газопроводы внутри здания окрашивают водостойкой масляной краской;

- стояки проходят в основном в кухнях, коридорах, лестничных клетках и других нежилых помещениях.

Прокладку газопровода в жилых домах осуществляют по нежилым помещениям.

Категорически запрещается прокладывать газопроводы в сантехнических узлах и ванных комнатах. Все горизонтальные прокладки газопроводов выполняются на высоте не менее 2,2 метра с помощью кронштейнов, хомутов и крючьев. Газопроводы не должны пересекать дверные и оконные проемы.

Отключающие краны ставят перед каждым газовым прибором, их следует размещать на расстоянии не менее 0,5 м от открывающихся оконных проемов.

Газопроводы прокладывают без уклона. Трубы соединяют сваркой при тщательном контроле качества. Резьбовые и фланцевые соединения допустимы только в местах установки отключающих устройств, арматуры и приборов. Газовые счетчики устанавливают в сухих и теплых помещениях, доступных для снятия показаний.

Прокладка внутридомовых газопроводов, установка отключающих устройств и подключение газовых приборов должна производиться согласно [3].

Схема установки газовых приборов на кухне показана на рис. 10.

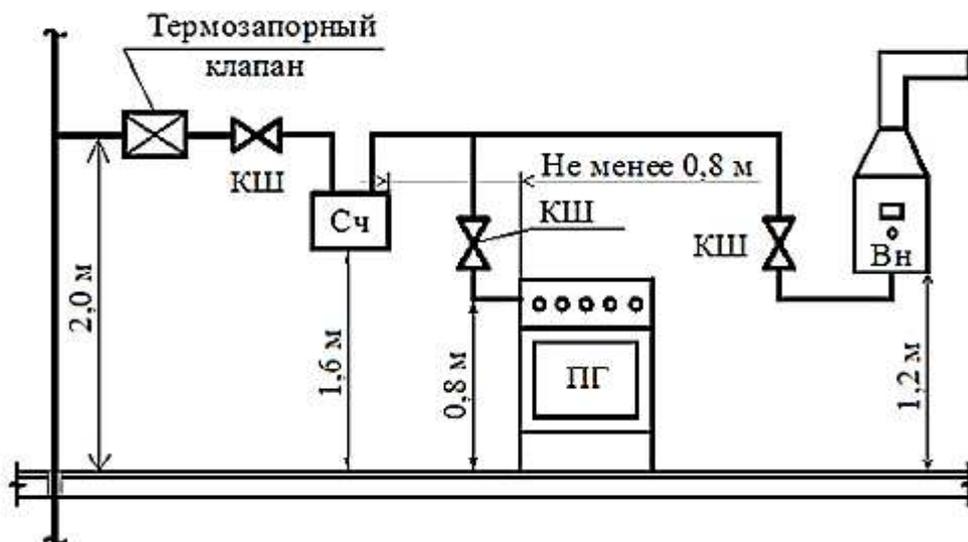


Рисунок 10 – Установка газовых приборов

Гидравлический расчет внутридомового газопровода производят для наиболее удаленного газового стояка и газоиспользующего прибора (газовой плиты или водонагревателя) с соблюдением заданного перепада давления газа 60 даПа [3]. Диаметр газопровода-подводки к газовым плитам и водонагревателям типа АГВ и АОГВ мощностью 7 кВт равен 15 мм, а к проточным водонагревателям типа ВПГ, «Нева», «Vailend» и др. мощностью 11 кВт и более – 20 мм.

Гидравлический расчет внутридомового газопровода производится в два этапа. Сначала определяются **расчетные расходы газа по участкам сети** по формуле:

$$V_i = \sum \frac{q_i}{Q_n^p} K_o n_i \cdot 3600, \quad (6.12)$$

где V_i – расход газа, м³/ч;

Q_n^p – низшая теплота сгорания газа, кДж/м³;

q_i – номинальная тепловая нагрузка i -го прибора или группы однотипных приборов, принимаемая по паспортным данным или техническим характеристикам приборов, кВт;

K_o – коэффициент одновременности действия для однотипных приборов или группы приборов (таблица 16);

n_i – количество однотипных приборов или групп приборов.

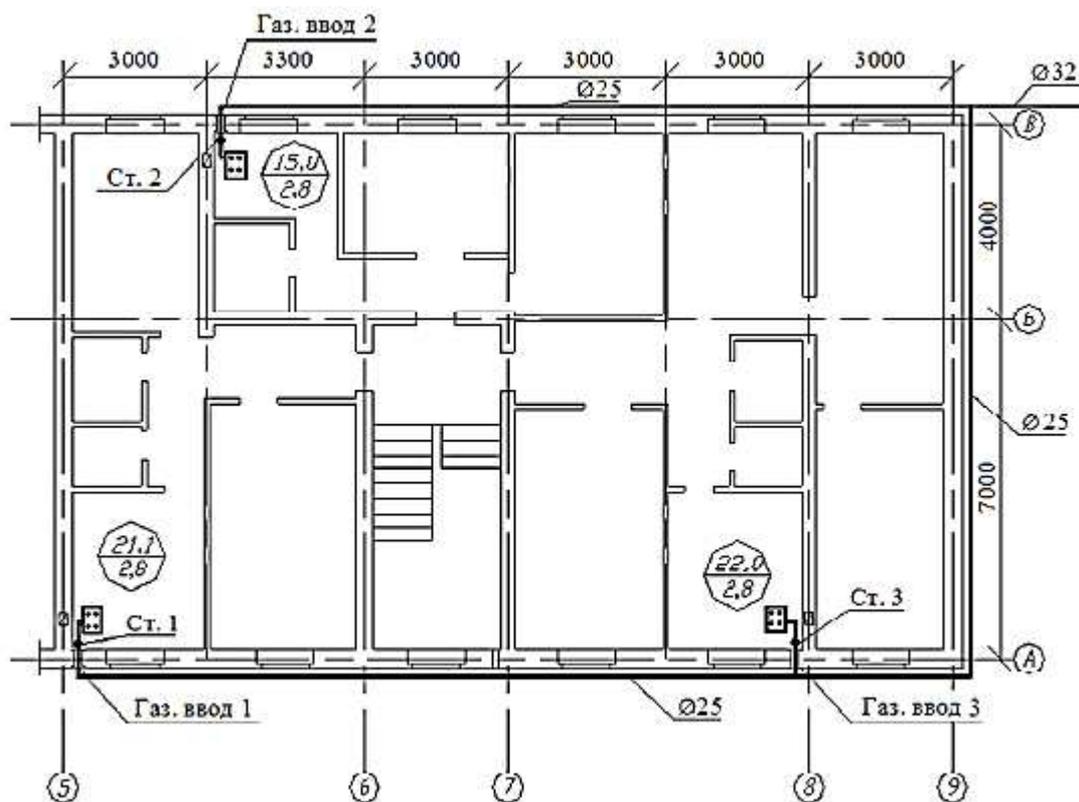


Рисунок 11 – План секции жилого дома

После определения расчетных расходов газа на каждом участке внутридомового газопровода приступаем ко второму этапу – гидравлическому расчету. Задаемся диаметром внутридомового газопровода ($d = 15$ мм).

По известным V_i и d по таблице приложения 9 для гидравлического расчета газопроводов низкого давления определяем **удельные потери давления**

$\Delta P_{уд}$, даПа/м, на участке газопровода в зависимости от расчетного расхода газа (можно воспользоваться номограммой приложения 10).

Нормативные потери давления газа в бытовых газовых плитах можно принять $\Delta P_p^{пл} = 5$ даПа, в счётчике – $\Delta P_p^{сч} = 10$ даПа.

Рассчитываем **действительные потери давления** на участке ΔP_d , даПа:

$$\Delta P_d = \Delta P_{уд} \cdot l_p, \quad (6.13)$$

где l_p – расчетная длина участка газопровода, определяется как сумма фактической и эквивалентной длины $l_{экр}$, которая учитывает потери давления в местных сопротивлениях. Фактическую длину $l_{ф}$ определяют по чертежу плана здания. **Расчетная длина участка газопровода** определяется по формуле:

$$l_p = l_{ф} + l_{экр}. \quad (6.14)$$

Эквивалентная длина участка $l_{экр}$ внутридомового газопровода определяется как произведение удельной эквивалентной длины $l_{уд}^p$ и суммы коэффициентов местных сопротивлений участка газопровода.

Удельная эквивалентная длина $l_{уд}^p$ определяется по номограмме приложения 11 для определения эквивалентных длин в зависимости от расчетного расхода газа V_i и принятого диаметра газопровода d .

Эквивалентная длина участка внутридомового газопровода $l_{экр}$ определяется как произведение удельной эквивалентной длины и суммы коэффициентов местных сопротивлений участка газопровода.

$$l_{экр} = l_{уд}^p \cdot \Sigma \xi, \quad (6.15)$$

где $l_{уд}^p$ – удельная эквивалентная длина, м;

$\Sigma \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений.

Местные сопротивления определяются для расчетного участка газопровода по приложению 12.

В гидравлическом расчете внутридомового газопровода необходимо учитывать **гидростатическое давление** из-за большой разницы отметок начала и конца участка газопровода по формуле:

$$H_{г} = \pm h \cdot g (\rho_{в} - \rho_{г}), \quad (6.16)$$

где $H_{г}$ – гидростатическое давление, даПа;

h – разность геометрических отметок начала и конца участка внутридомового газопровода (высота стояка – длина вертикального участка газопровода), м;

$\rho_{в} = 1,21$ – плотность воздуха при нормальных условиях, кг/м³;

$\rho_{г}$ – плотность газообразного топлива, кг/м³, (формула 1.2).

Знак (+) принимается в случае, если газ легче воздуха и направление потока газа сверху вниз, и знак (–) – при подаче газа снизу вверх и наоборот.

Рассчитываем потери давления $\Delta P_{дом}$ в расчетной ветви внутридомового газопровода и производим сравнение этих потерь с расчетным перепадом давления во внутридомовом газопровode:

$$\Delta P_{дом} = \Sigma \Delta P_d + \Delta P_p^{пл} + \Delta P_p^{сч} \pm H_{г}. \quad (6.17)$$

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

Диаметры участков газопроводов 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 расчетов сводятся в таблицу 17.

Таблица 17 – Гидравлический расчет внутридомового газопровода

№ участка	Фактическая длина участка, $l_{ф}$, м	Число приборов, n	Номинальная тепловая нагрузка прибора q_i , кВт	Коэффициент одновременности K_0	Расчетный расход газа V_i , м ³ /ч	Диаметр d трубопровода, мм	Эквивалентная длина $l_{экв}$, м	Расчетная длина участка l_p , м	Удельные потери давления $\Delta P_{уд}$, даПа/м	Действительные потери давления ΔP_n , даПа	Гидростатическое давление H_g , даПа	Внутридомовые потери давления $\Delta P_{дом}$, даПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ИТОГО:												$\Sigma \Delta P_{дом}$

ЛИТЕРАТУРА

1. Ионин, А.А. Газоснабжение / А.А. Ионин, В.А. Жила, В.В. Артихович, М.Г. Пшоник. – М.: АСВ, 2012. – 472 с.
2. Хрусталёв Б.М. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Под ред. проф. Б.М. Хрусталёва – М.: Издательство АСВ, 2007. – 784 с.
3. Газораспределение и газопотребление. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.03-267-2012. – Минск, 2012. – 87 с.
4. Газопроводы из полиэтиленовых труб. Правила проектирования и монтажа: ТКП 45-4.03-157-2012. – Минск, 2012. – 40 с.
5. Строительная теплотехника: ТКП 45-2.04-43-2006 (02250). – Минск, 2007.
6. Дома жилые одноквартирные и блокированные. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-3.02-230-2010. – Минск, 2010.
7. Градостроительство. Населенные пункты. Нормы планировки и застройки: ТКП 45-3.01-116-2008. – Минск, 2008.
8. Стаскевич, Н.Л. Справочник по газоснабжению и использованию газа / Н.Л. Стаскевич, Г.Н. Северинец, Д.Я. Видгорчик. – Л.: Недра, 1990. – 762 с.
9. Скафтымов, Н.А. Основы газоснабжения. – Л.: Недра, 1975. – 343 с.
10. Могилат, Г.А. Примеры расчетов к курсовой работе «Газоснабжение района города»: методические указания. – Минск: ГАЗ-ИНСТИТУТ, 2014. – 36 с.
11. Распределительные газопроводы. Порядок гидравлического расчета: ТКП 45-4.03-68-2007. – Минск, 2008. – 54 с.
12. Комина, Г.П. Гидравлический расчет и проектирование газопроводов: учебное пособие по дисциплине «Газоснабжение» для студентов специальности 270109 – теплогазоснабжение и вентиляция / Г.П. Комина, А.О. Прошутинский; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 148 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Состав природных газов, % по объему

Номер варианта	СН ₄	С ₂ Н ₆	С ₃ Н ₈	С ₄ Н ₁₀	С ₅ Н ₁₂	СО ₂	Редкие газы и N ₂
1	95,1	2,3	0,7	0,4	0,8	0,2	0,5
2	89,9	3,0	1,6	1,0	0,5	1,2	2,8
3	98,7	0,33	0,13	0,04	-	0,1	0,7
4	88,1	0,11	0,6	0,34	0,35	8,5	2,0
5	99,0	0,1	0,005	-	-	0,095	0,8
6	91,0	1,9	0,6	0,75	0,85	1,6	3,3
7	94,5	0,8	0,9	1,8	1,4	-	0,6
8	98,3	0,45	0,25	0,3	-	0,1	0,6
9	93,3	4,0	0,6	0,4	0,3	0,1	1,3
10	93,0	3,1	0,7	0,6	-	0,1	2,5
11	97,2	0,8	0,5	0,4	0,3	-	0,8
12	95,8	1,8	1,3	0,3	-	0,4	0,4
13	88,9	2,9	1,0	0,8	0,5	0,4	5,5
14	92,6	3,5	2,2	0,6	0,3	-	0,8
15	93,8	2,8	1,8	0,5	0,3	0,2	0,6
16	96,7	2,0	0,5	0,2	0,1	-	0,4
17	90,3	3,9	2,1	0,8	0,2	0,7	2,0
18	91,4	3,5	2,0	0,4	-	0,9	1,8
19	89,3	4,1	1,9	0,6	0,2	0,8	3,1
20	90,8	3,2	1,2	0,6	0,3	1,2	2,5
21	90,8	2,0	2,0	1,5	1,2	0,6	1,9
22	93,3	3,5	1,1	0,4	0,1	0,8	0,8
23	94,1	0,5	1,0	2,5	0,3	0,5	1,1
24	94,0	0,6	1,1	2,4	0,4	0,6	0,9
25	93,9	0,7	1,5	2,3	0,1	0,7	0,8
26	91,8	2,8	1,9	1,6	1,3	0,5	0,1
27	91,8	2,4	0,8	1,3	1,2	0,8	1,7
28	91,9	2,5	1,0	1,2	0,9	0,9	1,6
29	93,3	3,6	1,2	0,3	0	0,9	0,7
30	91,1	4,2	1,8	0,3	1,7	0,6	0,3

Основные характеристики газов, входящих в состав природных газов

Показатель	Метан	Этан	Пропан	н-Бутан	Пентан	Углекислый газ	Азот
Химическая формула	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	CO ₂	N ₂
Теплота сгорания низшая Q _н , кДж/м ³	35760	63650	91140	118530	146180	—	—
Плотность при нормальных условиях ρ, кг/м ³	0,717	1,356	2,004	2,702	3,457	1,977	1,251
Пределы воспламенения в смеси с воздухом, об. %:							
нижний	5,0	3,0	2,0	1,7	1,35	—	—
верхний	15,0	12,5	9,5	8,5	8,0	—	—

Годовые расходы газа, тыс. м³, промышленными предприятиями

№ варианта	ПП №1		ПП №2		ПП №3	
	Расход газа	Отрасль промышленности	Расход газа	Отрасль промышленности	Расход газа	Отрасль промышленности
1	350	М	135	П	480	Т
2	430	Х	280	М	185	П
3	560	ЧМ	120	В	350	Э
4	340	Ф	215	Т	420	Р
5	320	О	190	ЦМ	280	Д
6	280	Ф	620	С	105	Т
7	510	М	635	Р	115	СИ
8	405	Ф	440	М	670	Э
9	150	Т	480	Ш	320	Д
10	580	С	180	П	150	Т
11	215	Т	320	М	440	Э
12	340	Э	155	В	510	М
13	385	М	215	Ф	605	С
14	510	В	325	Д	105	П
15	410	Э	115	П	255	Ф
16	310	М	615	ЦБ	140	Т
17	290	П	380	М	110	П
18	440	Э	290	П	180	Д
19	225	Т	325	М	485	Э
20	185	П	315	Э	565	М
21	320	Р	475	О	365	Д
22	710	М	360	Э	450	П
23	125	Т	820	ЧМ	520	Р
24	570	О	345	Т	645	М
25	190	П	450	С	390	Т
26	340	Ф	180	Д	645	П
27	258	СИ	432	ЦМ	246	Ш
28	560	Х	290	Р	700	Д
29	780	ЦМ	165	О	505	Ф
30	250	Ш	570	М	380	П

Примечание. Отрасли промышленности: М – машиностроение; Т – текстильная; С – строительных материалов; Д – деревообрабатывающая; П – пищевая; Э – электротехническая; Ф – фарфорофаянсовая; ЦБ – целлюлозно-бумажная; О – обувная; Ш – швейная; Х – химическая; В – винодельческая; ЧМ – черная металлургия; ЦМ – цветная металлургия; Р – радиопромышленность; СИ – станкостроительная и инструментальная.

Нормы расхода теплоты потребителей газа

Потребители газа	Показатель потребления газа	Нормы расхода теплоты, МДж
<i>1 Жилые дома</i>		
При наличии в квартире газовой плиты и централизованного горячего водоснабжения при газоснабжении природным газом СУГ	На 1 чел. в год	2800
	То же	2540
При наличии в квартире газовой плиты и газового водонагревателя (при отсутствии централизованного горячего водоснабжения) при газоснабжении природным газом СУГ	„	8000
	„	73000
При наличии в квартире газовой плиты и отсутствии централизованного горячего водоснабжения и газового водонагревателя при газоснабжении природным газом СУГ	„	4600
	„	4240
<i>2 Предприятия бытового обслуживания населения</i>		
Фабрики-прачечные на стирку белья в механизированных прачечных на стирку белья в немеханизированных прачечных с сушильными шкафами	На 1 т сухого белья	8800
	То же	12600
на стирку белья в механизированных прачечных, включая сушку и глажение	„	18800
Дезкамеры на дезинфекцию белья и одежды в паровых камерах	„	2240
	„	1260
Бани мытьё без ванн мытьё в ваннах	На 1 помывку	40
	То же	50
<i>3 Предприятия общественного питания</i>		
Столовые, рестораны, кафе на приготовление обедов (вне зависимости от пропускной способности предприятия)	На 1 обед	4,2
	На 1 завтрак или ужин	2,1
<i>4 Учреждения здравоохранения</i>		
Больницы, родильные дома на приготовление пищи на приготовление горячей воды для хозяйственно-бытовых нужд и лечебных процедур (без стирки белья)	На 1 койку в год	3200
	То же	9200
<i>5 Предприятия по производству хлеба и кондитерских изделий</i>		
Хлебозаводы, комбинаты, пекарни на выпечку хлеба формового на выпечку хлеба подового, батончиков, булок, сдобы на выпечку кондитерских изделий (тортов, пирожных, печенья, пряников и т.п.)	На 1 т изделий	2500
	То же	5450
	То же	7750
<i>Примечания</i>		
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 в год на одного учащегося		

Приложение 5

Коэффициент часового максимума расхода газа на нужды бытовых потребителей

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

Приложение 6

Коэффициент часового максимума для коммунально-бытовых предприятий

Предприятия	Коэффициент часового максимума расхода газа, K_{hmax}
Бани	1/2700
Прачечные	1/2900
Общественного питания	1/2000
По производству хлеба и кондитерских изделий	1/6000

Приложение 7

Коэффициент часового максимума для различных отраслей промышленности

Отрасль промышленности	Коэффициент часового максимума расхода газа K_{max}^h		
	В целом по предприятию	По котельным	По промышленным печам
1	2	3	4
Черная металлургия	1/6100	1/5200	1/7500
Судостроительная	1/3200	1/3100	1/3400
Резиноасбестовая	1/5200	1/5200	-
Химическая	1/5900	1/5600	1/7300
Строительных материалов	1/5900	1/5500	1/6200
Радиопромышленность	1/3600	1/3300	1/5500
Электротехническая	1/3800	1/3600	1/5500
Цветная металлургия	1/3800	1/3100	1/5400
Станкостроительная и инструментальная	1/2700	1/2900	1/2600

Продолжение таблицы

1	2	3	4
Машиностроение	1/2700	1/2600	1/3200
Текстильная	1/4500	1/4500	-
Целлюлозно-бумажная	1/6100	1/6100	-
Деревообрабатывающая	1/5400	1/5400	-
Пищевая	1/5700	1/5900	1/4500
Пивоваренная	1/5400	1/5200	1/6900
Винодельческая	1/5700	1/5700	-
Обувная	1/3500	1/3500	-
Фарфоро-фаянсовая	1/5200	1/3900	1/6500
Кожевенно-галантерейная	1/4800	1/4800	-
Полиграфическая	1/4000	1/3900	1/4200
Швейная	1/4900	1/4900	-
Мукомольно-крупяная	1/3500	1/3600	1/3200
Табачная	1/3850	1/3500	-

Приложение 8

Номограммы для гидравлического расчета стальных и полиэтиленовых газопроводов низкого, среднего и высокого давления с учетом срока их эксплуатации

Абсолютная шероховатость внутренней поверхности газопроводов принята из стальных труб $n = 0,01$ см; из полиэтиленовых труб – $n = 0,0007$ см. Природный газ с $\rho = 0,73$ кг/м³ и $\nu = 14 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Наружные диаметры и толщины стенок стальных и полиэтиленовых газопроводов, использованные при построении номограмм, приведены в табл. А.

Таблица А

Газопроводы из стальных труб низкого, среднего и высокого давления																	
Диаметр, D, мм	32	38	45	57	76	89	108	133	159	194	219	273	325	375	426	530	630
Толщина стенки Δ, мм	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5	5,0	5,5	5,5	6,0	7,0	9,0	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Газопроводы из полиэтиленовых труб низкого и среднего давления (SDR11 ≤ 63 мм и SDR 17,6 ≥ 75 мм)																	
Диаметр, D, мм	32	40	50	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225				
Толщина стенки Δ, мм	3,0	3,7	4,6	5,8	4,3	5,2	6,3	7,1	8,0	9,1	10,3	11,4	12,8				
Газопроводы из полиэтиленовых труб высокого давления (SDR11)																	
Диаметр, D, мм	32	40	50	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225				
Толщина стенки Δ, мм	3,0	3,7	4,6	5,8	6,8	8,2	10,0	11,4	12,7	14,6	16,4	18,2	20,5				

В номограммах приняты следующие условные обозначения:

- 1) СТ108 – газопровод из стальных труб диаметром D = 108 мм;
- 2) ПЭ110 – газопровод из полиэтиленовых труб диаметром D = 110 мм;

3) сплошная линия – для новых труб;

4) штриховая линия (экс) – для труб после годичной эксплуатации с учетом увеличения эквивалентной абсолютной шероховатости до 0,02 см для стальных труб и увеличения диаметра до 5 % под воздействием внутреннего давления для полиэтиленовых труб;

5) штриховая линия (экс 10) – для стальных труб после 10-летней эксплуатации с учетом увеличения эквивалентной абсолютной шероховатости до 0,1 см.

Пример. Определить диаметр газопровода по номограмме (рис. 8.1) при $V = 170 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($V = Q$) и среднем значении удельных потерь давления по длине $\Delta P = P^2_{\text{н}} - P^2_{\text{к}} = 450 \text{ кПа}^2/100 \text{ м}$.

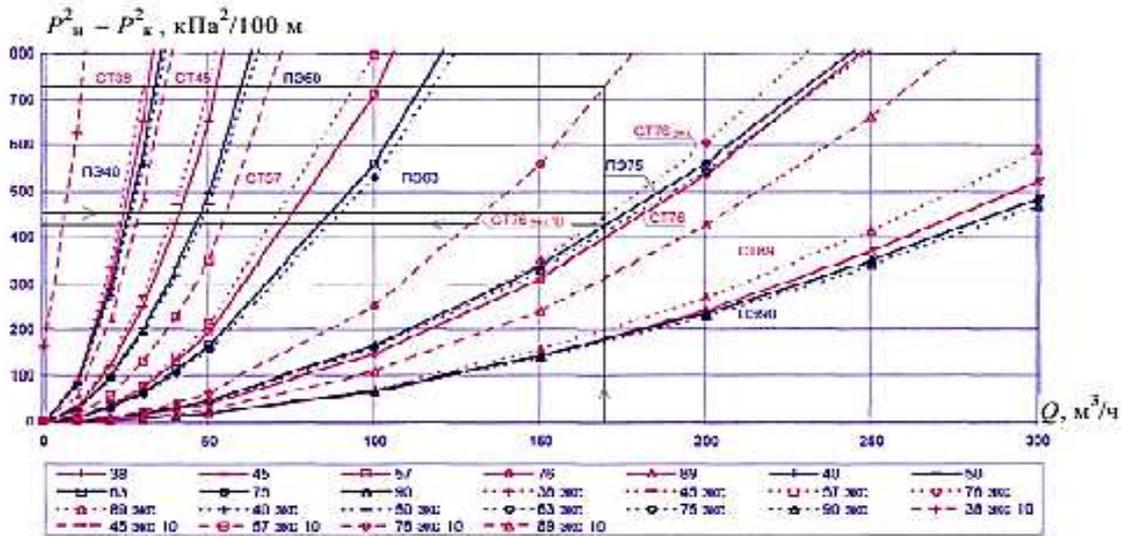


Рисунок 8.1 – Удельные потери давления для стальных и полиэтиленовых труб (новых и бывших в эксплуатации) среднего давления ($Q = 0-300 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\rho = 0,73 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\nu = 14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$)

Найдем точку пересечения линий ΔP и V ; она находится вблизи $D_{\text{н}} = 76 \text{ мм}$ (сталь) и $D_{\text{н}} = 75 \text{ мм}$ (полиэтилен), по пропускной способности данные трубы в начале срока эксплуатации практически эквивалентны, что видно на графике. После года эксплуатации гидравлическое сопротивление стальной трубы возрастает и удельные потери давления повышаются с 400 до 440 $\text{кПа}^2/100 \text{ м}$ (кривая ст 76 экс), а через 10 лет эксплуатации достигает величины 730 $\text{кПа}^2/100 \text{ м}$ (кривая ст 76 экс 10). В расчетах следует принимать худший вариант, т. е. 730 $\text{кПа}^2/100 \text{ м}$. Это происходит из-за увеличения абсолютной шероховатости стальных труб в процессе эксплуатации.

Полиэтиленовая труба не подвержена коррозии, и ее гидравлические характеристики со временем не ухудшаются, а за счет ползучести пропускная способность даже увеличивается. Значение ΔP для полиэтиленовой трубы при том же расходе составит 420 $\text{кПа}^2/100 \text{ м}$ (кривая ПЭ75).

Следовательно, если мы не хотим через 10 лет производить замену стального газопровода либо повышать давление в сети, то надо использовать стальную трубу завышенного диаметра или полиэтиленовую трубу диаметром, эквивалентным диаметру новой стальной трубы. Очевидно, что единственным экономически целесообразным вариантом будет применение полиэтиленовой трубы $D_{\text{н}} = 75 \text{ мм}$.

Номограммы для гидравлического расчета стальных и полиэтиленовых газопроводов низкого, среднего и высокого давления с учетом срока их эксплуатации

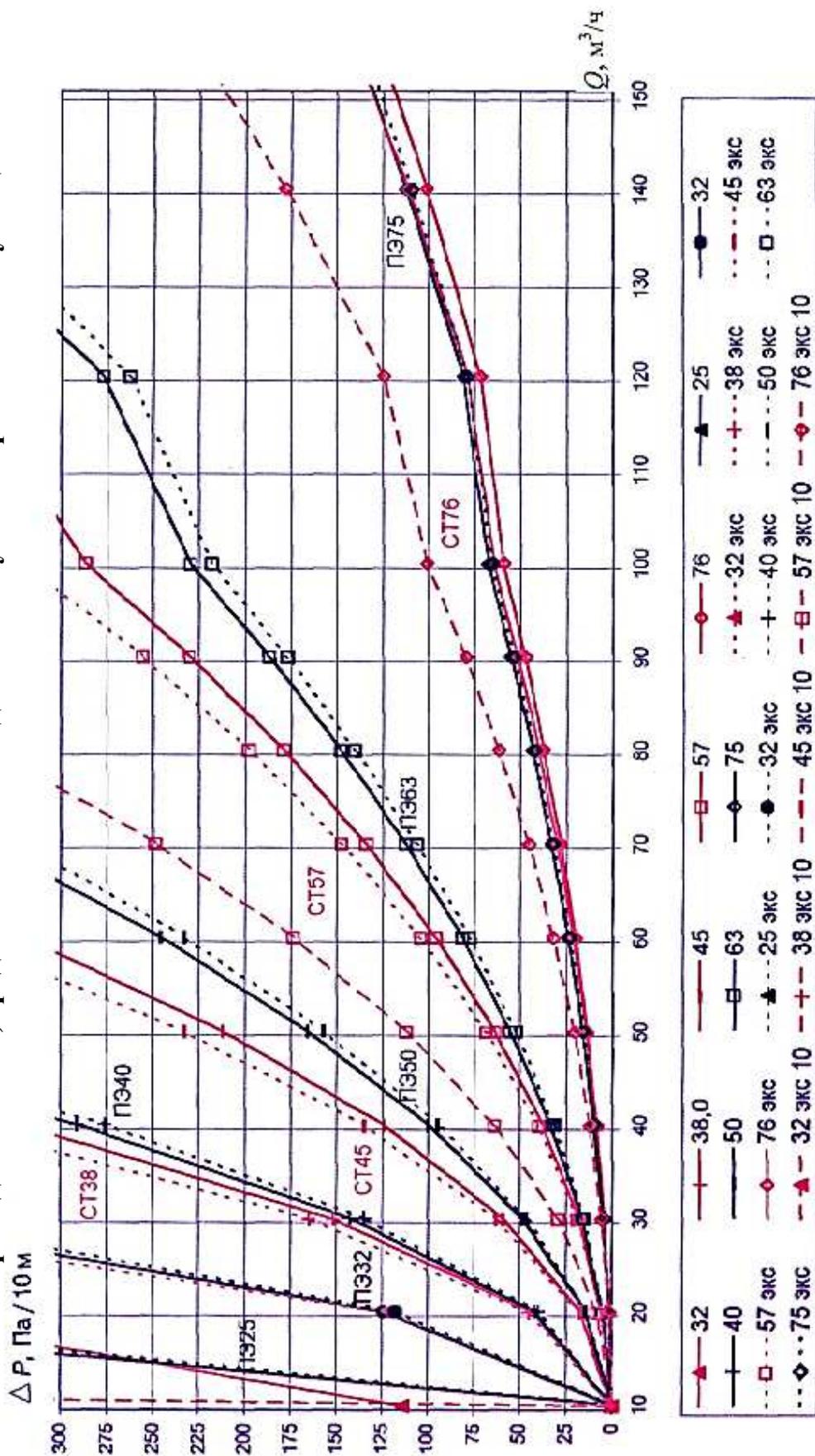


Рисунок 8.2 – Удельные потери давления для стальных и полиэтиленовых труб (новых и бывших в эксплуатации) низкого давления ($Q = 10-150 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$, $\nu = 14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$)

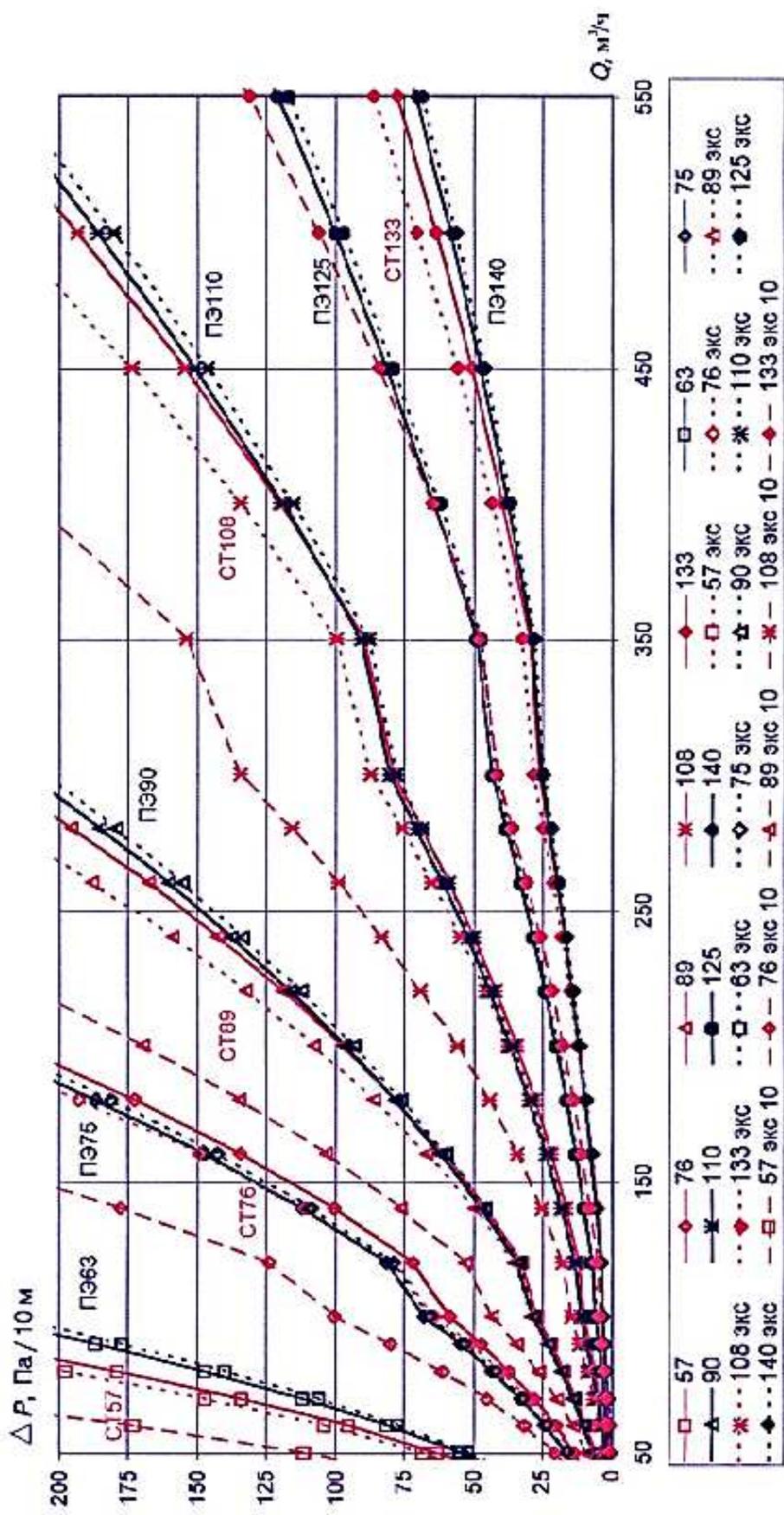


Рисунок 8.3 – Удельные потери давления для стальных и полиэтиленовых труб (новых и бывших в эксплуатации) низкого давления ($Q = 50-500$ м³/ч, $\rho = 0,73$ кг/м³, $\nu = 14 \cdot 10^{-6}$ м²/с)

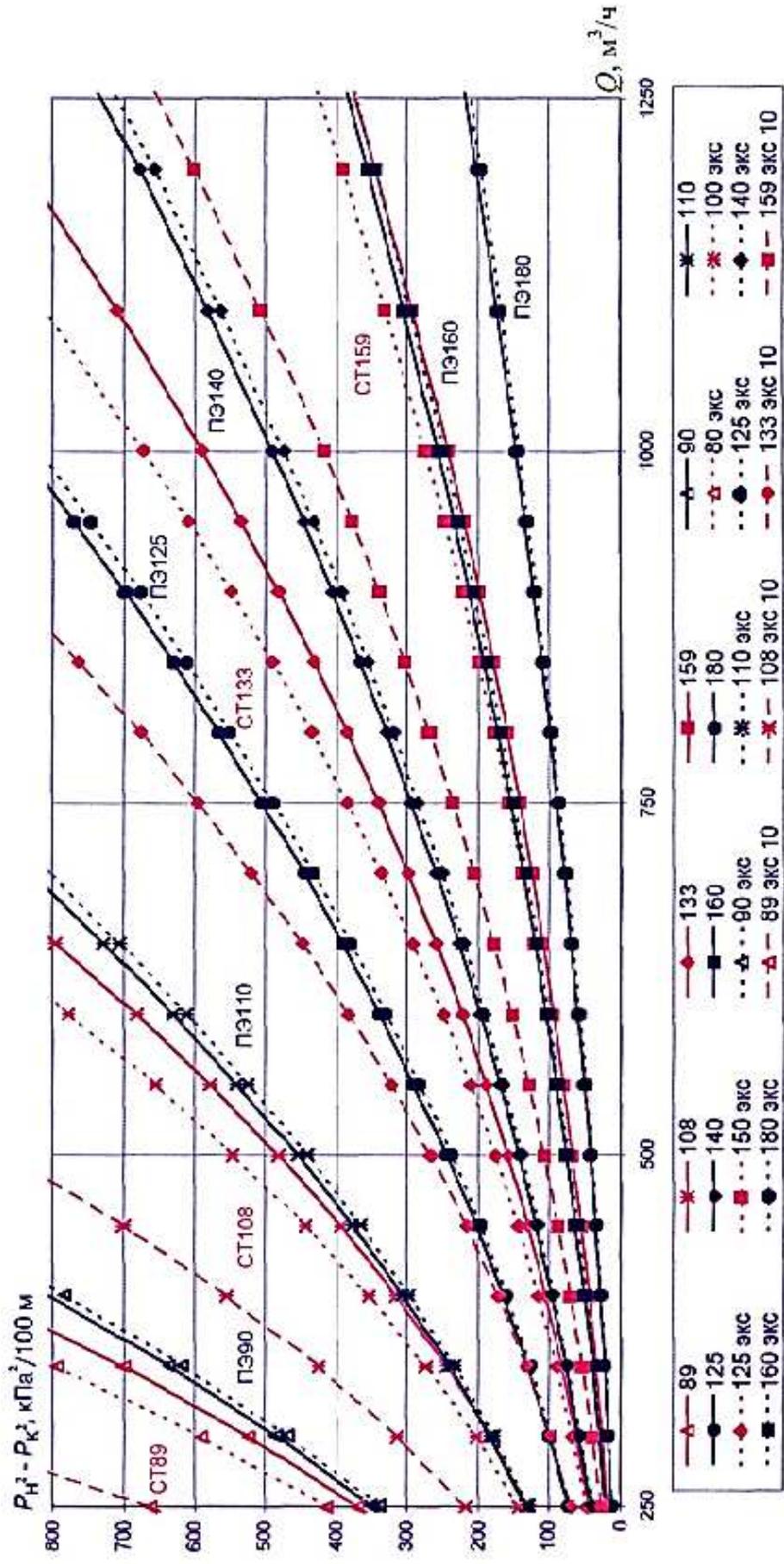


Рисунок 8.4 – Удельные потери давления для стальных и полиэтиленовых труб (новых и бывших в эксплуатации) низкого давления ($Q = 250-1250 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$, $\nu = 14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$)

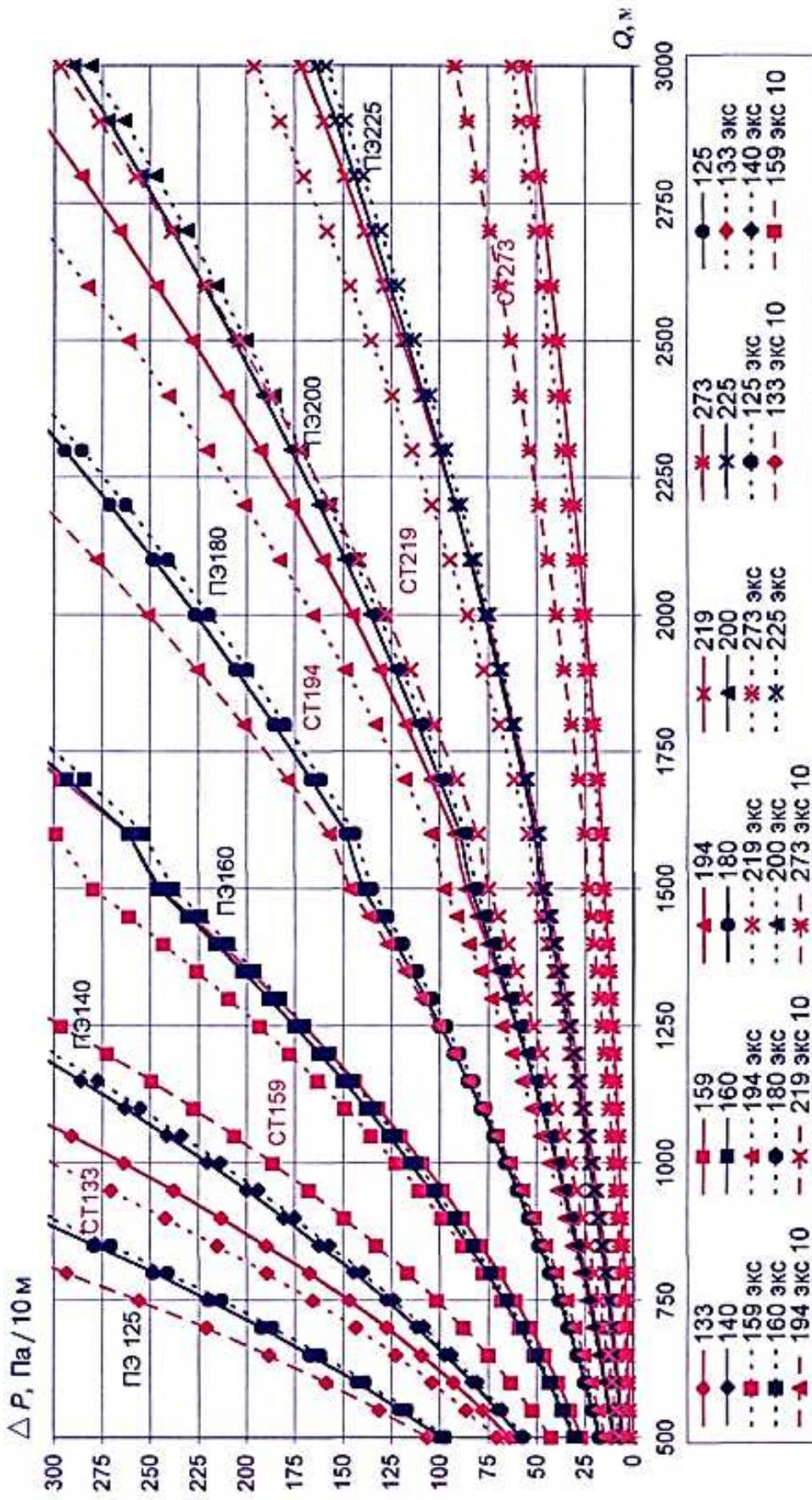


Рисунок 8.5 – Удельные потери давления для стальных и полиэтиленовых труб (новых и бывших в эксплуатации) низкого давления ($Q = 500\text{--}3000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\rho = 0,73 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\nu = 14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$)

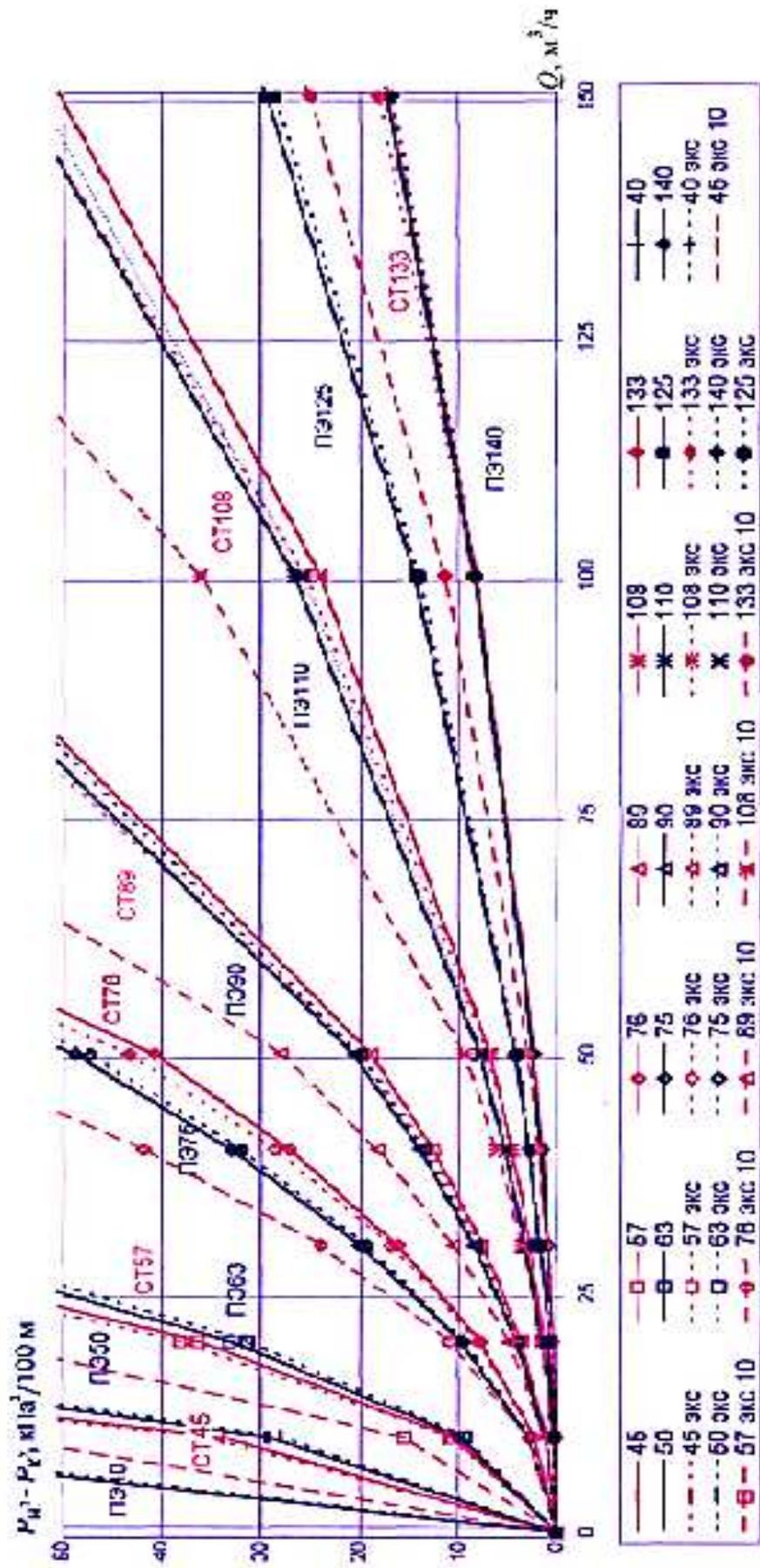


Рисунок 8.6 — Удельные потери давления для стальных и полиэтиленовых труб (новых и бывших в эксплуатации) среднего давления ($Q = 0 - 150 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$, $\nu = 14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$)

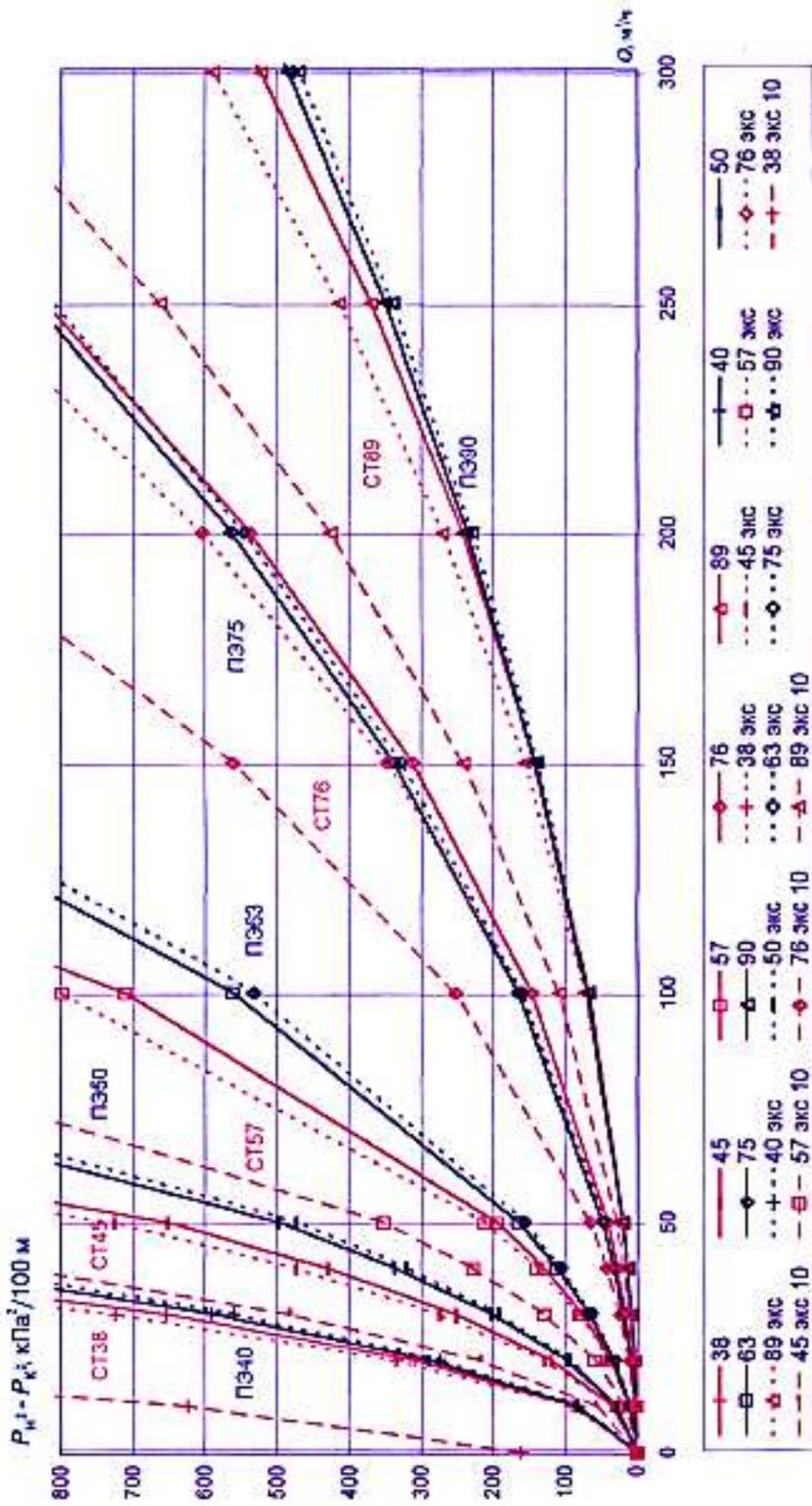


Рисунок 8.7 – Удельные потери давления для стальных и полиэтиленовых труб (новых и бывших в эксплуатации) среднего давления ($Q = 0 - 300 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$, $\nu = 14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$)

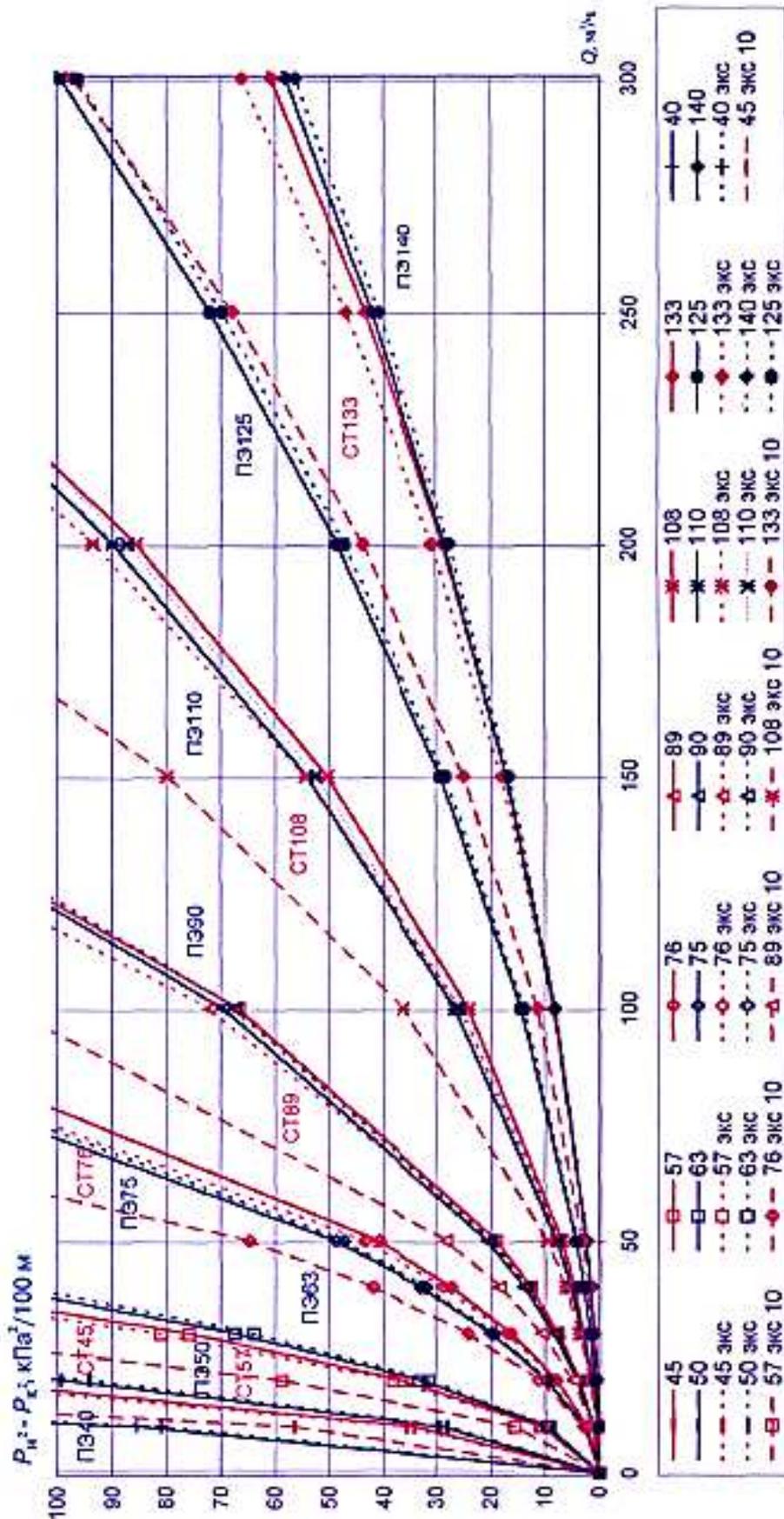


Рисунок 8.8 – Удельные потери давления для стальных и полиэтиленовых труб (новых и бывших в эксплуатации) среднего давления ($Q = 0 - 300 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$, $\nu = 14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$)

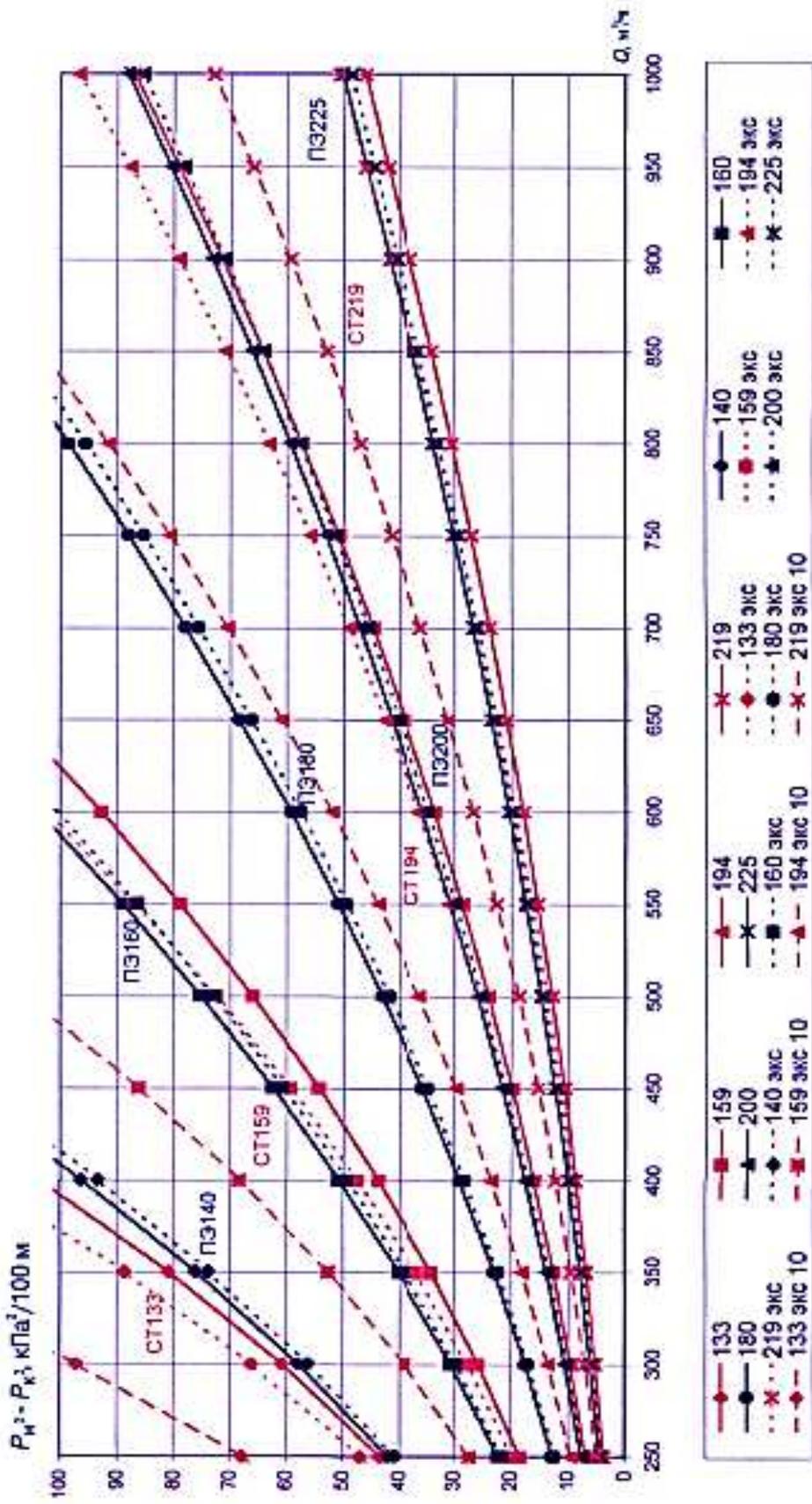


Рисунок 8.9 – Удельные потери давления для стальных и полиэтиленовых труб (новых и бывших в эксплуатации) среднего давления ($Q = 250 - 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$, $\nu = 14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$)

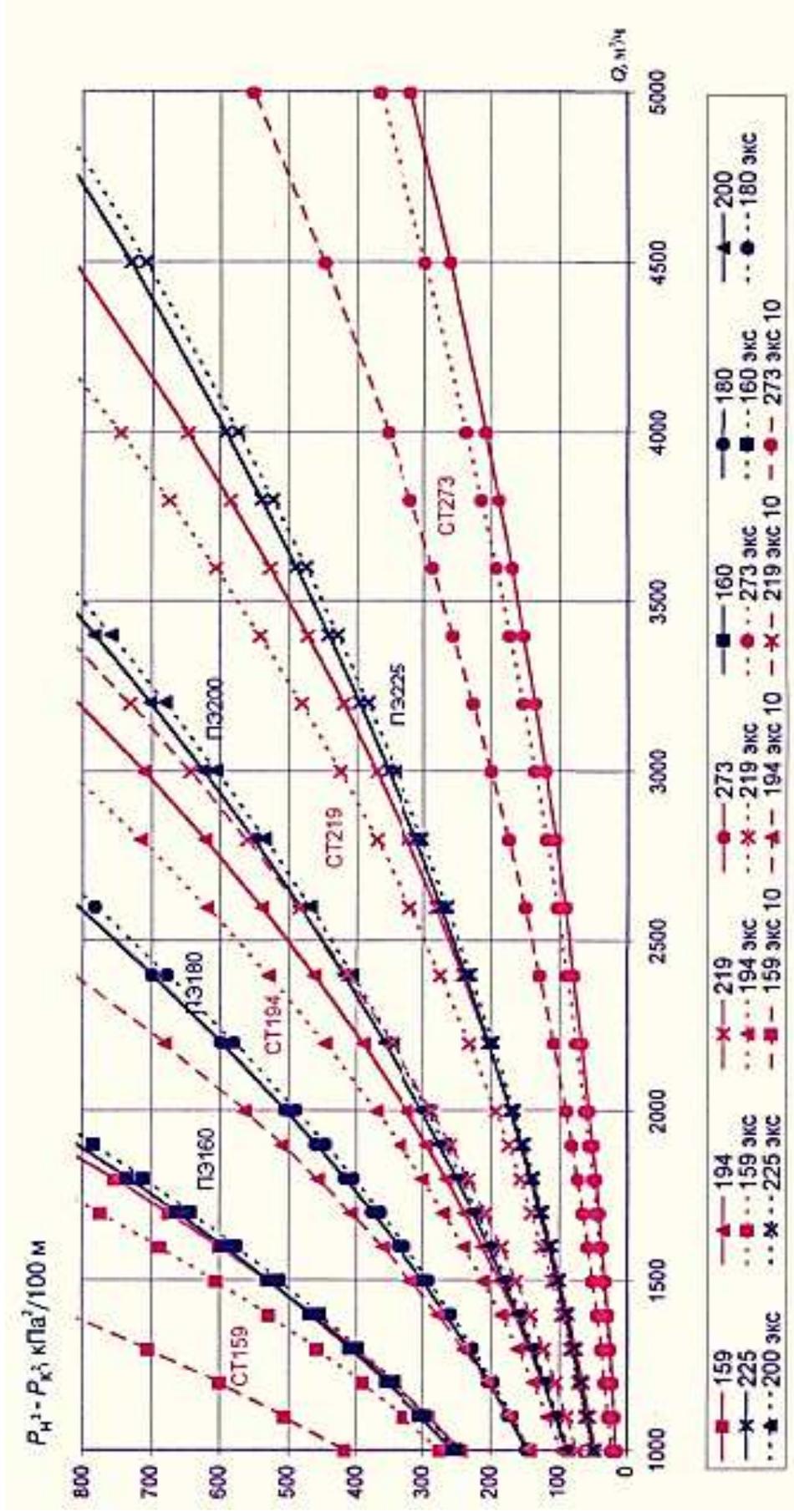


Рисунок 8.10 – Удельные потери давления для стальных и полиэтиленовых труб (новых и бывших в эксплуатации) среднего давления ($Q = 250 - 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\rho = 0,73 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\nu = 14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$)

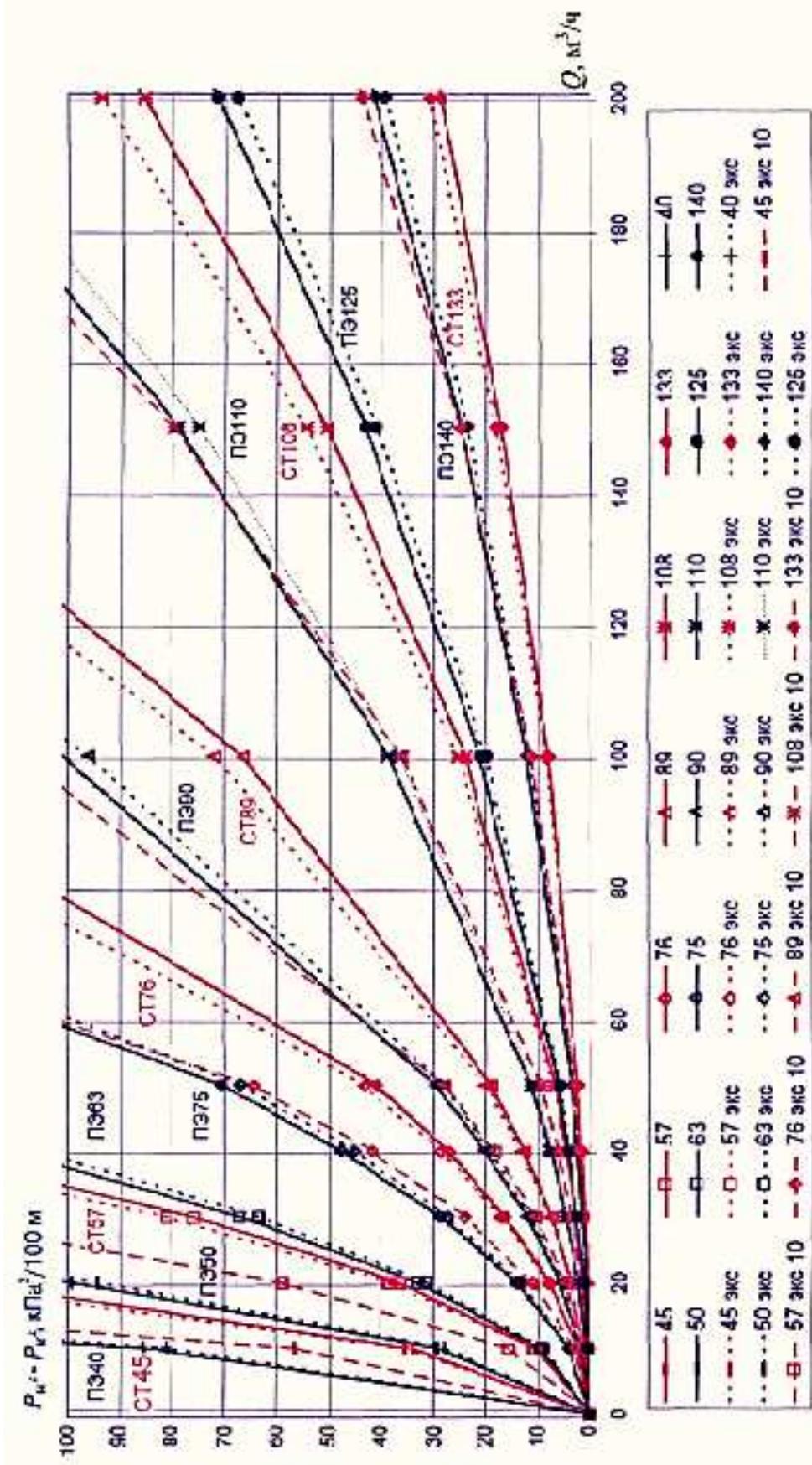


Рисунок 8.11 – Удельные потери давления для стальных и полиэтиленовых труб (новых и бывших в эксплуатации) высокого давления ($Q = 0 - 200 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$, $\nu = 14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$)

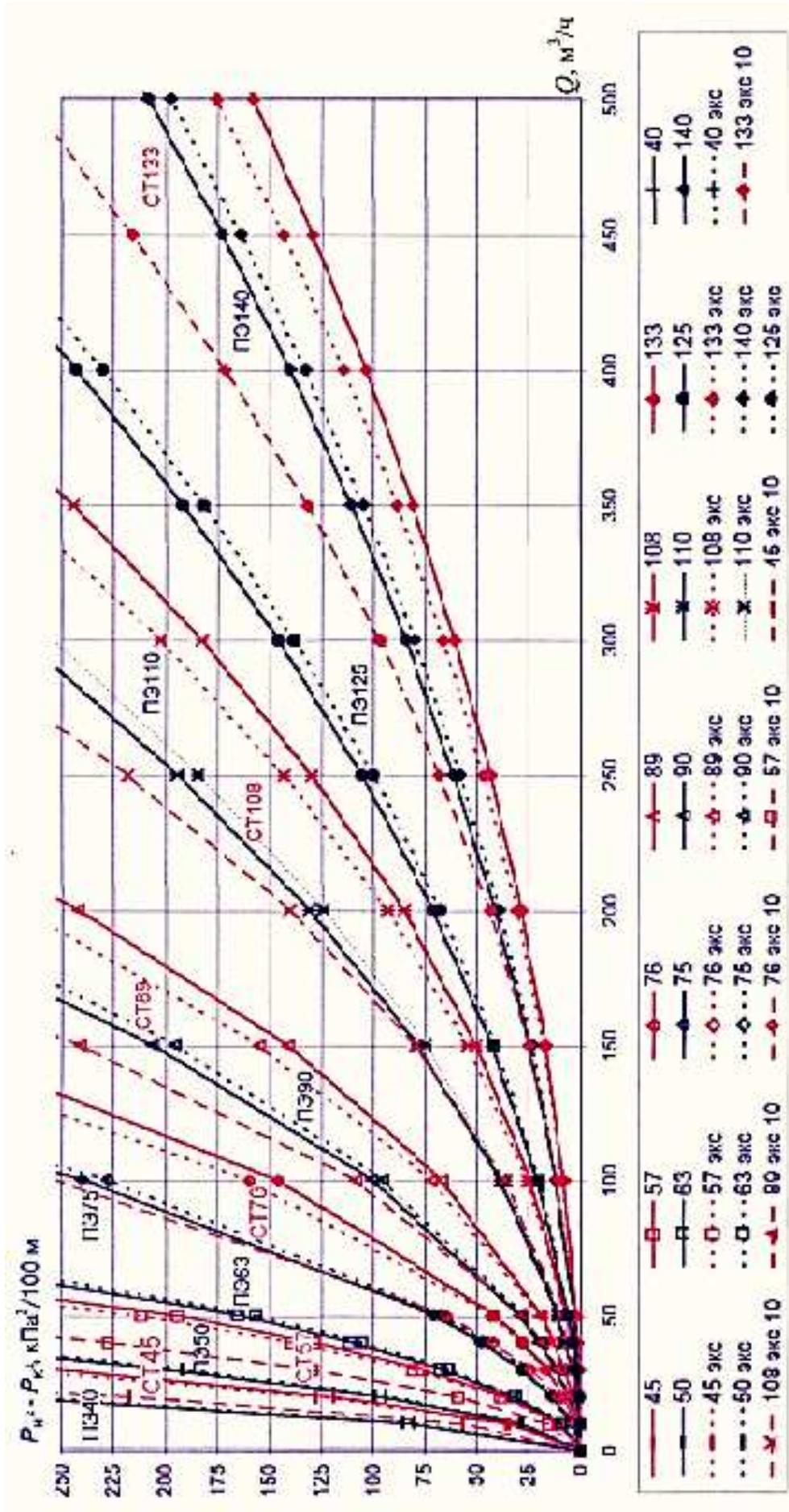


Рисунок 8.12 – Удельные потери давления для стальных и полиэтиленовых труб (новых и бывших в эксплуатации) высокого давления ($Q = 0 - 500 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\rho = 0,73 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\nu = 14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$)

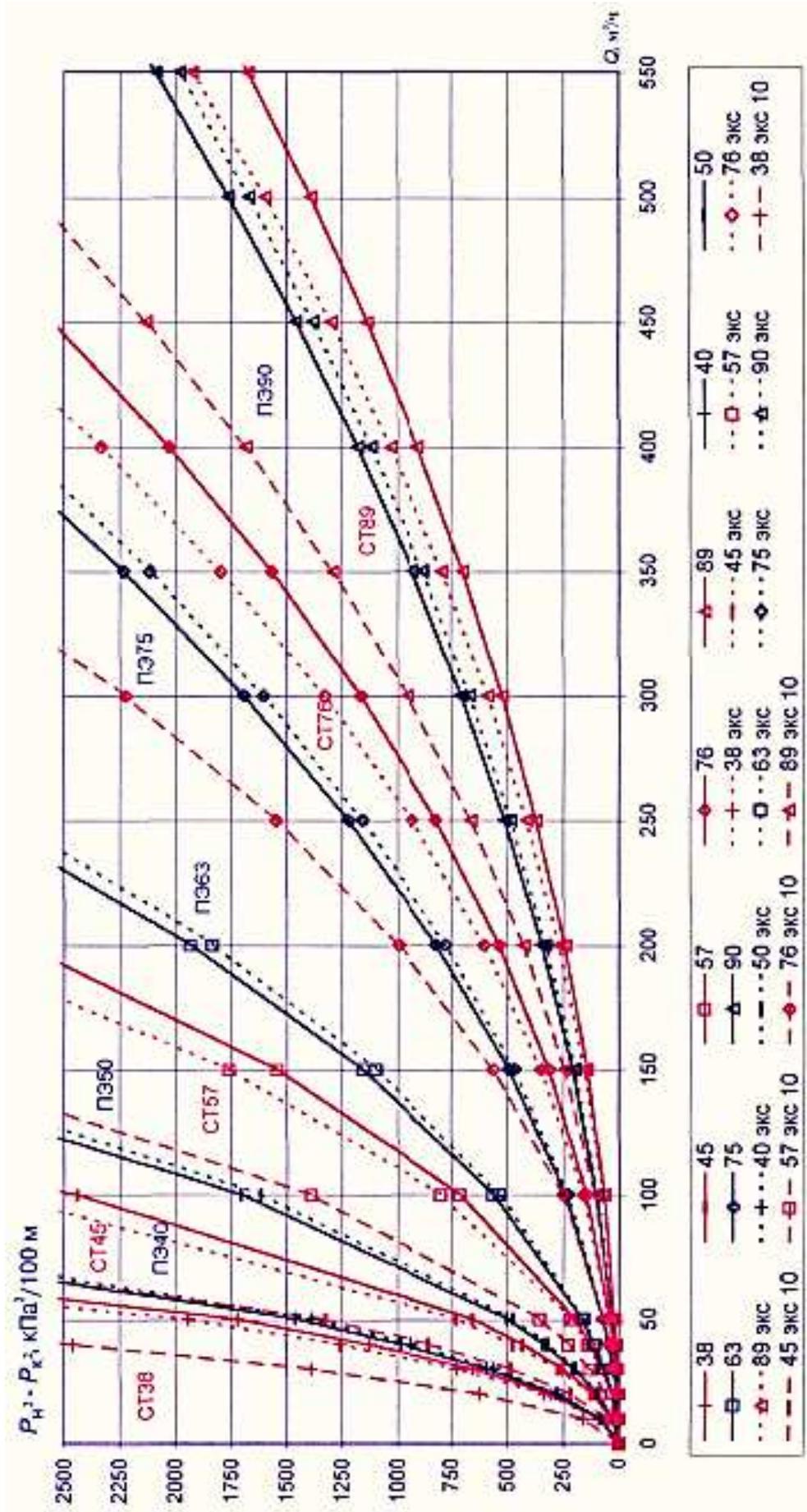


Рисунок 8.13 – Удельные потери давления для стальных и полиэтиленовых труб (новых и бывших в эксплуатации) высокого давления ($Q = 0 - 550 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$, $\nu = 14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$)

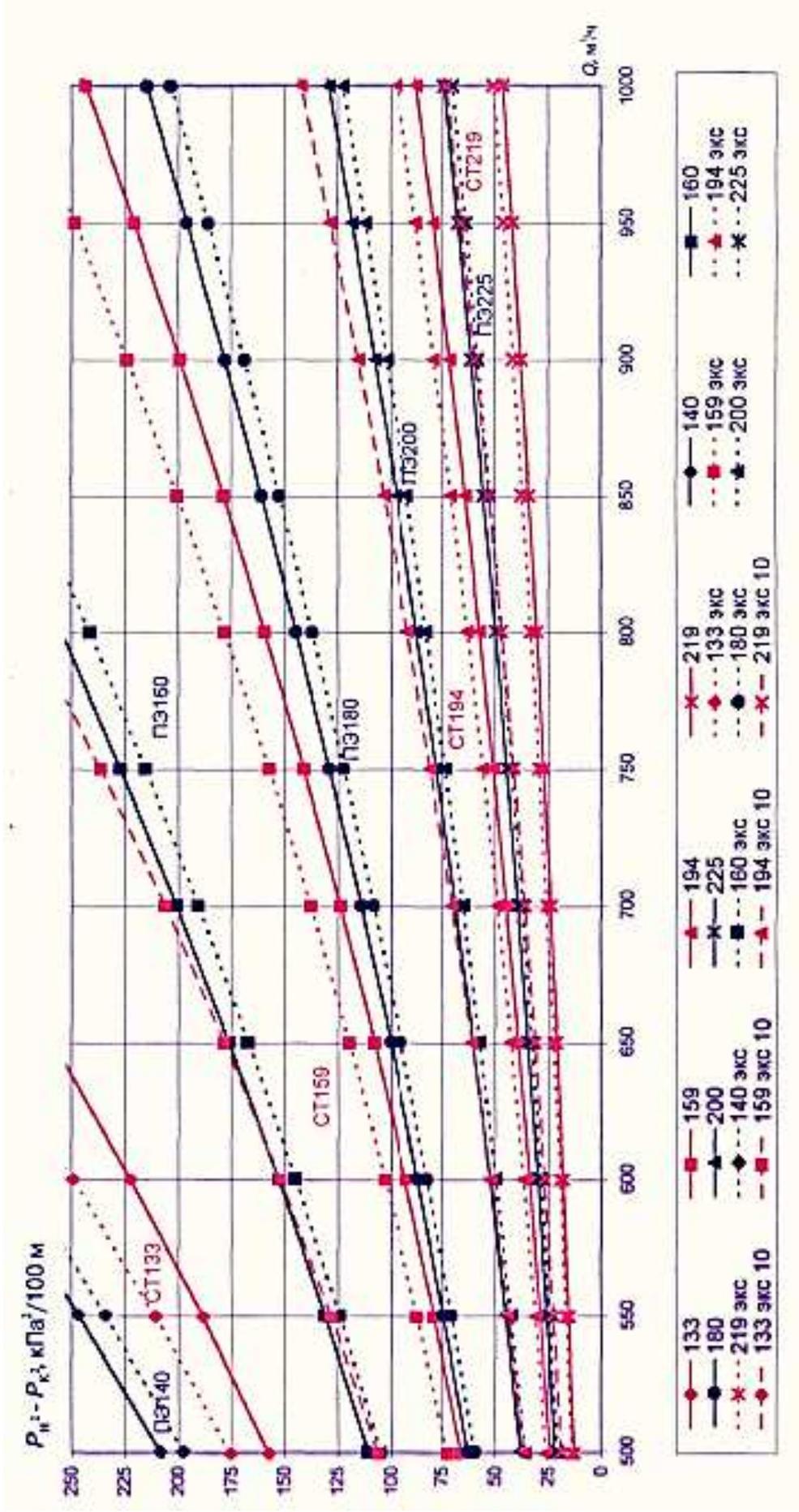


Рисунок 8.14 – Удельные потери давления для стальных и полиэтиленовых труб (новых и бывших в эксплуатации) высокого давления ($Q = 500 - 1000 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$, $\nu = 14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$)

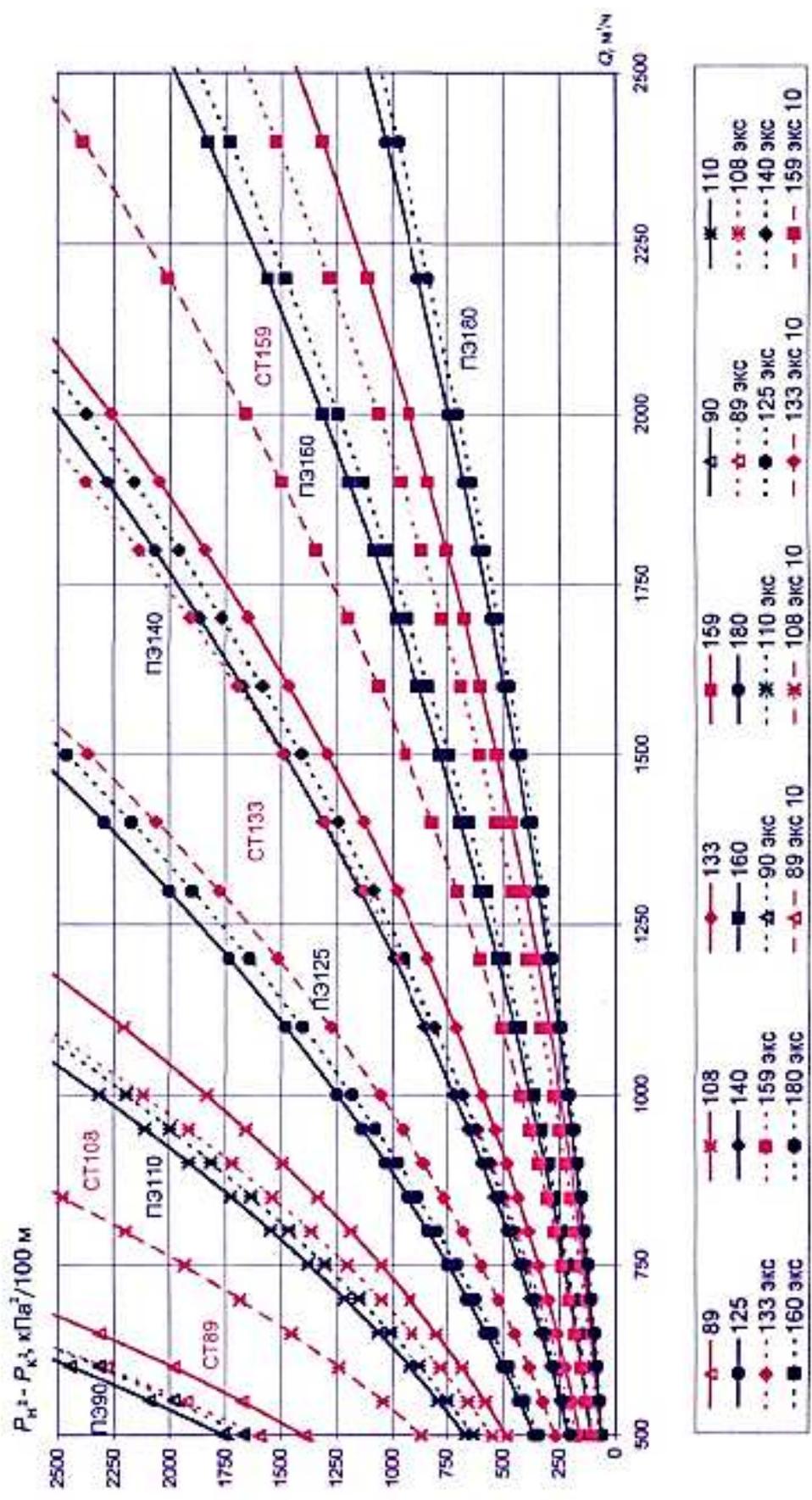


Рисунок 8.15 – Удельные потери давления для стальных и полиэтиленовых труб (новых и бывших в эксплуатации) высокого давления ($Q = 500 - 2500 \text{ м}^3/\text{ч}$, $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$, $\nu = 14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$)

Таблицы для гидравлического расчета стальных газопроводов низкого давления

Таблица для расчета газопроводов низкого давления
[трубы стальные водогазопроводные (газовые) ГОСТ 3262–75*]

Удельные потери давления, Па/м	Условный проход, дюймы; наружный и внутренний диаметры, мм							
	1/2; 21,26 и 15,75	3/4; 26,75 и 21,25	1; 33,5 и 27	1 1/4; 42,25 и 35,75	1 1/2; 48 и 41	2; 60 и 53	2 1/2; 75 и 68	3; 88,5 и 80,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Природный газ ($\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$; $\nu = 15 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$)								
0,1	0,049/0,018	0,16/0,059	0,42/0,155	1,23/0,46	2,15/0,76	4,32/1,1	8,50/1,6	13,4/2,0
0,11	0,053/0,020	0,18/0,067	0,47/0,174	1,41/0,52	2,27/0,80	4,55/1,2	9,97/1,6	14,1/2,1
0,12	0,058/0,021	0,19/0,070	0,51/0,189	1,55/0,57	2,39/0,81	4,78/1,2	9,42/1,6	14,8/2,1
0,15	0,073/0,027	0,24/0,089	0,63/0,23	1,85/0,65	2,71/0,84	5,43/1,2	10,7/1,7	16,8/2,1
0,17	0,082/0,030	0,27/0,099	0,71/0,26	2,01/0,70	2,91/0,86	5,83/1,2	11,4/1,7	18,1/2,2
0,20	0,097/0,036	0,32/0,118	0,84/0,31	2,20/0,72	3,19/0,88	6,39/1,3	12,5/1,8	19,9/2,3
0,22	0,11/0,041	0,36/0,133	0,92/0,34	2,31/0,73	3,36/0,89	6,73/1,3	13,3/1,8	20,9/2,3
0,25	0,12/0,044	0,40/0,148	1,05/0,39	2,49/0,75	3,61/0,91	7,25/1,3	14,2/1,8	22,5/2,3
0,27	0,13/0,048	0,43/0,159	1,13/0,42	2,72/0,76	3,78/0,92	7,59/1,3	14,9/1,9	23,5/2,4
0,30	0,14/0,052	0,48/0,178	1,26/0,47	2,76/0,77	4,0/0,93	8,06/1,3	15,9/1,9	25,0/2,4
0,33	0,16/0,059	0,53/0,196	1,34/0,47	2,91/0,78	4,24/0,94	8,50/1,4	16,7/1,9	26,3/2,4
0,35	0,17/0,063	0,56/0,20	1,42/0,50	3,03/0,78	4,38/0,95	8,81/1,4	17,3/1,9	27,4/2,4
0,37	0,18/0,067	0,60/0,22	1,46/0,53	3,13/0,78	4,51/0,95	9,08/1,4	17,9/2,0	28,2/2,5
0,44	0,22/0,081	0,69/0,25	1,61/0,54	3,42/0,81	4,96/0,97	9,98/1,4	19,7/2,0	31,1/2,5
0,50	0,24/0,089	0,86/0,32	1,73/0,55	3,69/0,82	5,36/1,0	10,8/1,4	21,2/2,0	33,5/2,6
0,56	0,27/0,1	0,90/0,33	1,85/0,56	3,96/0,83	5,73/1,0	11,5/1,5	22,7/2,1	35,8/2,6
0,62	0,29/0,107	1,0/0,37	1,97/0,57	4,21/0,84	6,09/1,0	12,2/1,5	24,1/2,1	38,1/2,6
0,69	0,34/0,126	1,07/0,38	2,07/0,58	4,45/0,86	6,45/1,0	12,9/1,5	25,5/2,2	40,3/2,7

В числителе указан расход газа, м³/ч, в знаменателе — удельная эквивалентная длина $l^э$ уд

Продолжение таблицы А

1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,75	0,36/0,133	1,13/0,41	2,18/0,59	4,67/0,87	6,76/1,0	13,6/1,5	26,8/2,2	42,3/2,7
0,81	0,39/0,144	1,18/0,42	2,28/0,59	4,89/0,89	7,07/1,1	14,2/1,5	28,0/2,2	44,2/2,8
0,87	0,42/0,155	1,23/0,42	2,38/0,60	5,12/0,90	7,39/1,1	14,8/1,6	29,3/2,2	46,2/2,8
0,94	0,45/0,167	1,28/0,43	2,47/0,60	5,32/0,90	7,70/1,1	15,4/1,6	30,4/2,2	48,1/2,8
1,00	0,48/0,178	1,35/0,43	2,58/0,61	5,53/0,91	8,0/1,1	16,1/1,6	31,7/2,2	50,1/2,8
1,25	0,61/0,23	1,53/0,45	2,92/0,62	6,25/0,93	9,05/1,1	18,2/1,6	35,8/2,3	56,6/2,9
1,50	0,72/0,27	1,71/0,46	3,24/0,64	6,97/0,96	10,1/1,2	20,3/1,7	39,9/2,4	63,1/3,0
1,75	0,82/0,29	1,85/0,47	3,54/0,65	7,60/1,0	11,1/1,2	22,2/1,7	43,6/2,4	68,8/3,1
2,0	0,88/0,32	2,0/0,48	3,83/0,67	8,22/1,0	11,9/1,2	23,9/1,7	47,2/2,5	74,5/3,1
2,25	0,94/0,32	2,13/0,48	4,1/0,68	8,79/1,0	12,7/1,2	25,6/1,8	50,5/2,6	79,7/3,2
2,50	1,0/0,32	2,26/0,49	4,35/0,69	9,34/1,0	13,5/1,2	27,2/1,8	53,6/2,6	84,6/3,2
2,75	1,06/0,32	2,40/0,50	4,60/0,70	9,89/1	14,2/1,3	28,8/1,8	56,7/2,6	89,5/3,2
3,0	1,11/0,33	2,51/0,51	4,84/0,71	10,37/1	14,9/1,3	30,2/1,8	59,5/2,6	94,1/3,3
3,25	1,16/0,33	2,64/0,51	5,07/0,72	10,88/1	15,7/1,3	31,7/1,9	62,5/2,7	98,6/3,3
3,50	1,21/0,34	2,75/0,52	5,30/0,72	11,30/1	16,4/1,3	33,1/1,9	65,1/2,7	102/3,4
3,75	1,27/0,34	2,85/0,52	5,54/0,73	11,72/1	17,1/1,3	34,3/1,9	67,6/2,7	107/3,4
4,0	1,31/0,34	2,96/0,53	5,69/0,74	12,24/1	17,7/1,3	35,6/1,9	70,1/2,7	111/3,4
4,25	1,35/0,35	3,07/0,53	5,89/0,74	12,66/1	18,3/1,3	36,8/1,9	72,53/2,8	114/3,5
4,50	1,40/0,35	3,17/0,53	6,09/0,75	13,08/1	18,9/1,4	38,1/2,0	75,0/2,8	118/3,5
4,75	1,44/0,35	3,28/0,54	6,29/0,76	13,51/1	19,6/1,4	39,3/2,0	77,4/2,8	122/3,5
5,0	1,49/0,36	3,43/0,55	6,48/0,77	13,92/1	20,1/1,4	40,5/2,0	79,7/2,8	125/3,6
5,25	1,52/0,36	3,46/0,55	6,67/0,77	14,34/1	20,62/1,4	41,6/2,0	82,0/2,8	129/3,6
5,50	1,57/0,36	3,56/0,55	6,84/0,77	14,65/1	21,2/1,4	42,8/2,0	84,3/2,9	132/3,6
5,75	1,61/0,36	3,65/0,56	7,01/0,78	15,07/1	21,8/1,4	43,8/2,1	86,3/2,9	136/3,6
6,0	1,65/0,36	3,74/0,56	7,18/0,78	15,39/1	22,3/1,4	44,9/2,1	88,4/2,9	139/3,7
6,25	1,69/0,36	3,82/0,56	7,35/0,78	15,7/1,0	22,8/1,4	45,9/2,1	90,5/2,9	142/3,7
7,50	1,87/0,37	4,25/0,57	8,16/0,81	17,48/1,0	25,3/1,5	51,1/2,1	100,5/2,9	158/3,8
8,75	2,05/0,38	4,64/0,59	8,92/0,83	19,25/1,0	27,7/1,5	55,8/2,2	109,9/3,0	173/3,8
10,0	2,2/0,39	5,0/0,60	9,63/0,84	20,6/1,0	29,9/1,5	60,2/2,2	118,3/3,1	186/3,9

12,50	2,5/0,40	5,68/0,62	10,93/0,87	23,4/1,0	33,9/1,6	68,3/2,3	133/3,2	208/3,9
15,00	2,78/0,41	6,27/0,63	12,04/0,89	24,7/1,0	37,6/1,6	76,4/2,3	147/3,2	227/3,9
17,50	3,05/0,42	6,82/0,65	13,08/0,91	28,2/1,0	41,1/1,6	82,4/2,3	158/3,2	246/3,9
20,0	3,29/0,43	7,38/0,66	14,13/0,93	30,5/1,0	44,5/1,6	88,3/2,3	169/3,2	262/3,9
25,0	3,77/0,44	8,48/0,68	16,2/0,96	34,9/1,0	49,9/1,6	98,5/2,3	189/3,2	294/3,9
30,0	4,18/0,45	9,37/0,69	18,2/1,0	38,2/1,0	54,7/1,6	107,2/2,3	207/3,2	323/3,9
35,0	4,56/0,46	10,26/0,70	19,7/1,0	41,3/1,0	59,1/1,6	116,0/2,3	224/3,2	349/3,9
40,0	4,92/0,47	11,1/0,70	21,0/1,0	43,9/1,0	63,3/1,6	125/2,3	239/3,2	372/3,9
45,0	5,27/0,49	11,9/0,70	22,3/1,0	46,8/1,0	67,1/1,6	132/2,3	254/3,2	395/3,9
50,0	5,62/0,50	12,4/0,70	23,5/1,0	48,9/1,0	70,7/1,6	139/2,3	267/3,2	416/3,9

Таблица для расчета газопроводов низкого давления (трубы стальные бесшовные ГОСТ 8732–85)

Удельные потери давления, Па/м	Условный проход, дюймы; наружный и внутренний диаметры, мм								
	100; 108×5 и 98	125; 133×5,5 и 122	150; 159×5,5 и 148	200; 219×7 и 205	250; 273×9 и 255	300; 325×10 и 305	350; 377×10 и 357	400; 426×11 и 404	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Природный газ ($\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$; $\nu = 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$)									
0,1	22,9/2,7	41,4/3,7	70,0/4,9	169/8,0	307/10,9	498/14,1	767/17,8	1071/19,6	
0,11	24,2/2,8	43,6/3,8	73,8/5,0	179/8,1	323/11,0	525/14,3	808/18,0	1127/21,3	
0,12	25,3/2,8	45,8/3,8	77,4/5,1	187/8,2	340/11,2	555/14,5	849/18,2	1185/21,6	
0,15	28,8/2,9	52,0/3,9	88,0/5,2	213/8,5	386/11,5	626/14,9	963/18,8	1345/22,3	
0,17	30,9/3,0	55,9/4,0	94,0/5,3	229/8,6	414/11,7	672/15,2	1034/19,1	1444/22,7	
0,20	33,9/3,0	61,3/4,1	104,5/5	251/8,8	454/12,0	737/15,6	1136/19,6	1583/23,2	
0,22	35,7/3,1	64,5/4,2	109,5/5	265/8,9	498/12,2	776/15,8	1193/19,8	1666/23,6	
0,25	38,4/3,1	69,5/4,2	117,5/6	285/9,1	515/12,4	836/16,0	1286/20,2	1796/24,0	
0,27	40,2/3,2	72,7/4,3	122,5/7	298/9,2	539/12,5	875/16,2	1346/20,4	1879/24,3	
0,3	42,7/3,2	77,2/4,3	131,5/8	317/9,3	572/12,7	929/16,4	1430/20,7	1995/24,6	
0,33	45,0/3,3	81,5/4,4	138/6,0	334/9,4	604/12,9	980/16,7	1507/21,0	2104/25,0	
0,35	46,7/3,3	84,5/4,5	143/6,0	346/9,5	626/13,0	1016/16,8	1564/21,2	2182/25,2	
0,37	48,1/3,4	87,0/4,5	146/6,1	358/9,6	646/13,1	1047/17,0	1612/21,3	2250/25,4	
0,44	53,0/3,4	95,6/4,6	162/6,2	392/9,8	710/13,4	1150/17,4	1771/21,5	2472/26,0	
0,5	57,1/3,5	103/4,7	175/6,3	424/10,0	766/13,7	1243/17,7	1912/22,3	2669/26,5	
0,56	61,0/3,5	110/4,8	186/6,4	452/10,2	817/13,9	1327/18,0	2042/22,6	2851/26,9	
0,62	64,9/3,6	118/4,8	199/6,5	481/10,3	870/14,1	1412/18,3	2172/23,1	3032/27,3	
0,69	68,8/3,6	124/4,9	210/6,6	511/10,4	921/14,4	1497/18,5	2302/23,3	3233/27,7	
0,75	72,1/3,7	130/5,0	221/6,7	535/10,5	966/14,6	1569/18,7	2413/23,7	3369/28,1	

Продолжение таблицы Б

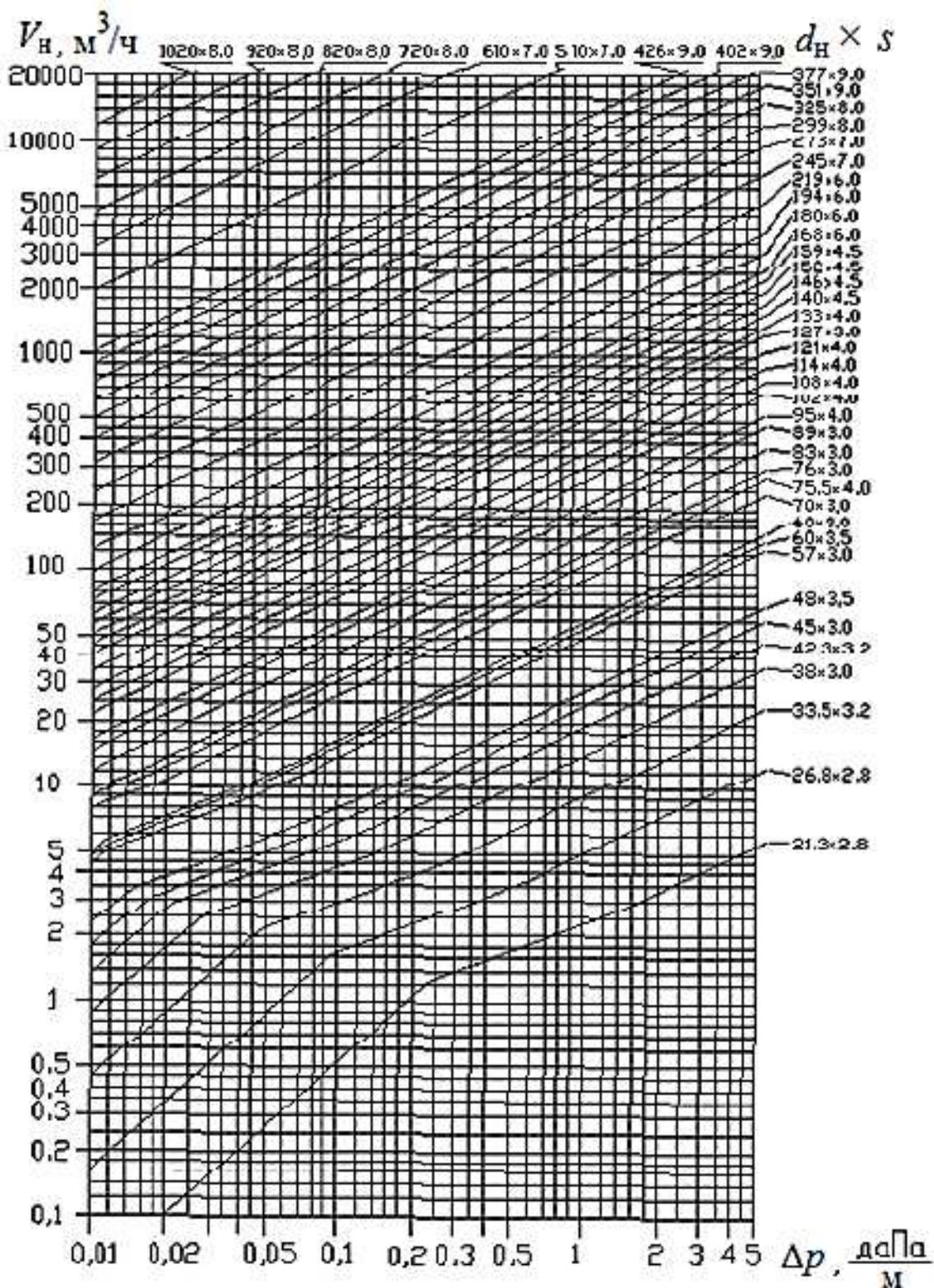
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,81	75,4/3,7	137/5,0	230/6,8	560/10,7	1011/14,7	1641/19,0	2525/24,0	3524/28,4
0,87	78,7/3,7	143/5,2	241/6,9	585/10,8	1056/14,8	1734/19,2	2637/24,1	3680/28,6
0,94	82,0/3,7	148/5,2	251/6,9	609/10,8	1100/14,9	1785/19,3	2748/24,3	3836/28,8
1,0	85,4/3,8	153/5,3	261/7,0	634/11,0	1144/15,2	1858/19,5	2859/24,7	3991/29,2
1,25	96,5/3,9	174/5,4	295/7,2	717/11,3	1293/15,6	2099/20,6	3231/25,4	4509/30,1
1,50	108/4,1	194/5,6	320/7,4	799/11,7	1443/16,1	2340/20,7	3601/26,1	5027/31,6
1,75	117/4,2	212/5,7	359/7,6	874/11,9	1575/16,4	2564/21,0	3883/26,6	5362/31,6
2,0	127/4,2	229/5,8	388/7,7	943/12,1	1701/16,7	2763/21,5	4147/26,8	5660/31,6
2,25	136/4,3	246/5,9	415/7,8	1009/12,4	1821/17,0	2957/21,8	4347/26,8	6004/31,6
2,50	144/4,3	261/6,0	441/7,9	1071/12,5	1932/17,2	3189/22,0	4661/26,8	6331/31,6
2,75	153/4,4	275/6,1	466/8,0	1132/12,7	2043/17,4	3192/22,0	4807/26,8	6618/31,6
3,00	160/4,4	290/6,1	489/8,1	1190/12,8	2104/17,4	3330/22,0	5027/26,8	6940/31,6
3,25	167/4,5	303/6,3	514/8,2	1247/13,0	2179/17,4	3472/22,0	5228/26,8	7221/31,6
3,50	175/4,6	317/6,3	536/8,3	1493/13,0	2258/17,4	3606/22,0	5430/26,8	7492/31,6
3,77	182/4,6	329/6,3	556/8,4	1343/13,0	2337/17,4	3730/22,0	5613/26,8	7752/31,6
4,0	188/4,7	341/6,4	577/8,5	1365/13,0	2414/17,4	3852/22,0	5798/26,8	8012/31,6
4,25	196/4,7	353/6,5	597/8,5	1408/13,0	2488/17,4	3972/22,0	5981/26,8	8251/31,6
4,50	202/4,7	364/6,5	617/8,6	1449/13,0	2560/17,4	4087/22,0	6155/26,8	8501/31,6
4,75	208/4,8	377/6,6	637/8,6	1488/13,0	2677/17,4	4192/22,0	6320/26,8	8725/31,6
5,0	215/4,8	388/6,6	652/8,6	1526/13,0	2698/17,4	4307/22,0	6484/26,8	8948/31,6
5,25	221/4,8	399/6,7	671/8,7	1564/13,0	2762/17,4	4410/22,0	6640/26,8	9167/31,6
5,50	227/4,9	410/6,7	683/8,7	1602/13,0	2832/17,4	4520/22,0	6806/26,8	9396/31,6
5,75	232/4,9	420/6,7	698/8,7	1637/13,0	2893/17,4	4620/22,0	6952/26,8	9593/31,6
6,0	237/4,9	430/6,7	714/8,7	1674/13,0	2957/17,4	4721/22,0	7110/26,8	9832/31,6
6,25	243/4,9	440/6,7	728/8,7	1706/13,0	3018/17,4	4819/22,0	7255/26,8	10004/31,6
7,50	270/5,0	481/6,7	797/8,7	1871/13,0	3305/17,4	5275/22,0	7944/26,8	10967/31,6
8,75	291/5,0	519/6,7	862/5,7	2020/13,0	3569/17,4	5675/22,0	8574/26,8	11830/31,6
10,0	312/5,0	556/6,7	921/8,7	2160/13,0	3817/17,4	6092/22,0	9177/26,8	12663/31,6
12,5	348/5,0	621/6,7	1029/8,7	2414/13,0	4257/17,4	6810/22,0	10255/26,8	14151/31,6
15,0	382/5,0	680/6,7	1128/8,7	2646/13,0	4675/17,4	7462/22,0	11237/26,8	15503/31,6

Продолжение таблицы Б

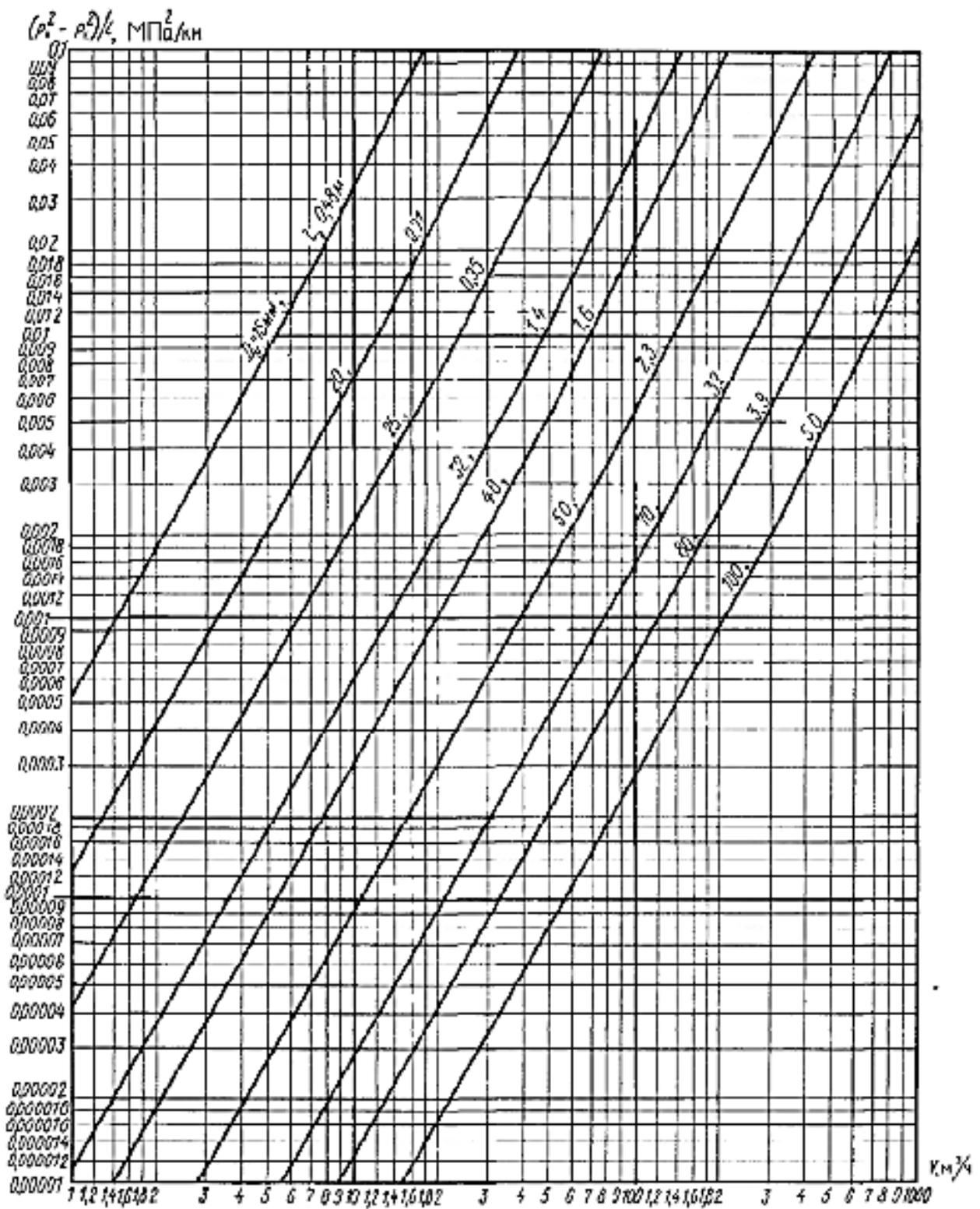
1	2	3	4	5	6	7	8	9
17,0	413/5,0	735/6,7	1218/8,7	2857/13,0	5049/17,4	8060/22,0	12 132/26,8	16 752/31,6
20,0	440/5,0	783/6,7	1298/8,7	3046/13,0	5396/17,4	8613/22,0	12 965/26,8	17 897/31,6
25,0	490/5,0	878/6,7	1456/8,7	3414/13,0	6034/17,4	9631/22,0	14 505/26,8	20 019/31,6
30,0	540/5,0	962/6,7	1594/8,7	3741/13,0	6609/17,4	10 551/22,0	15 888/26,8	21 923/31,6
35,0	584/5,0	1039/6,7	1722/8,7	4052/13,0	7140/17,4	11 393/22,0	17 168/26,8	23 692/31,6
40,0	624/5,0	1111/6,7	1842/8,7	4320/13,0	7633/17,4	12 184/22,0	18 344/26,8	25 326/31,6
45,0	662/5,0	1179/6,7	1953/8,7	4581/13,0	8095/17,4	12 923/22,0	19 457/26,8	26 855/31,6
50,0	698/5,0	1242/6,7	2059/8,7	4830/13,0	8534/17,4	13 620/22,0	20 508/26,8	28 312/31,6

Номограммы для гидравлического расчета стальных
и полиэтиленовых газопроводов.

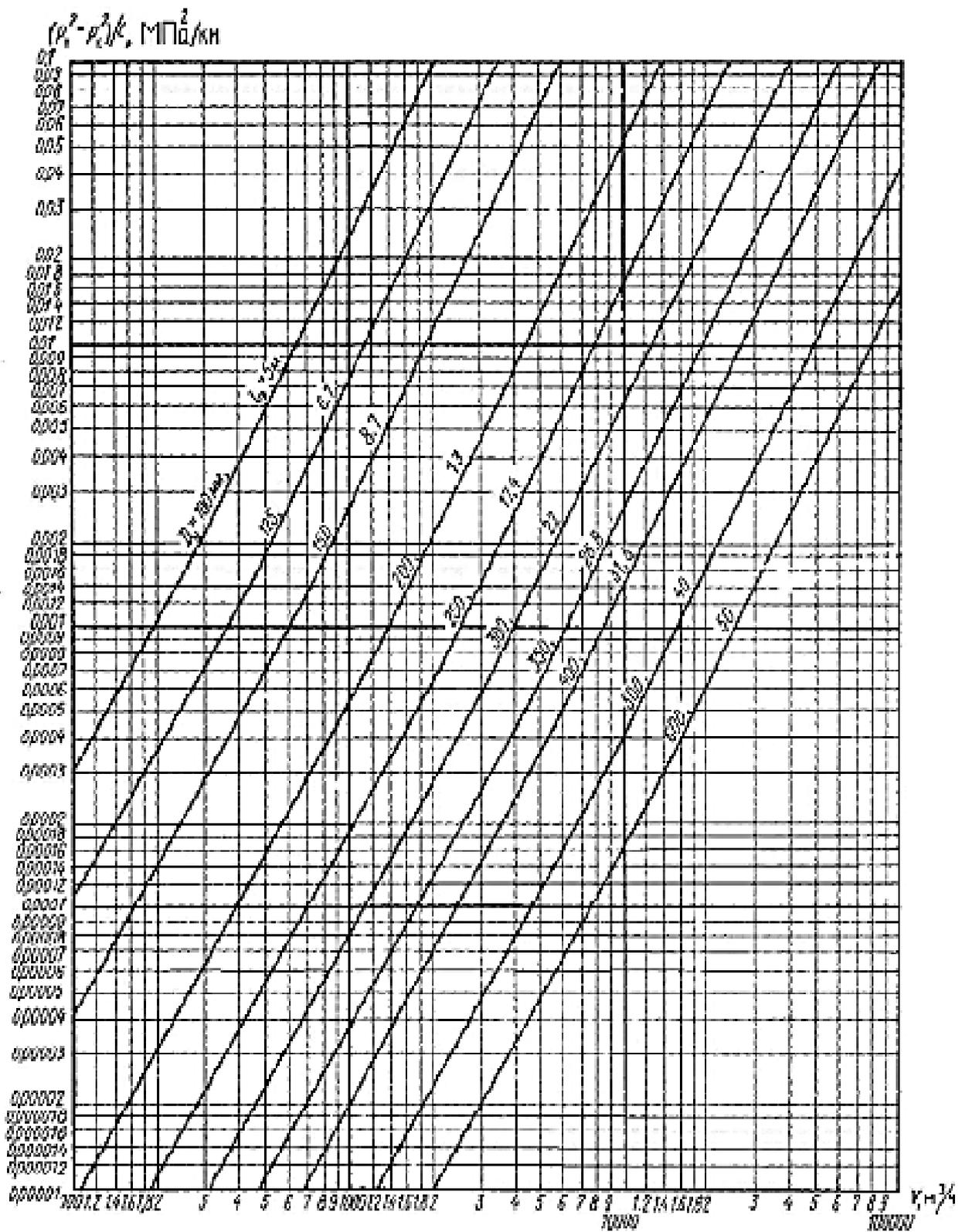
Природный газ $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$, $\nu = 14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$



Номограмма для расчета стальных газопроводов **низкого** давления

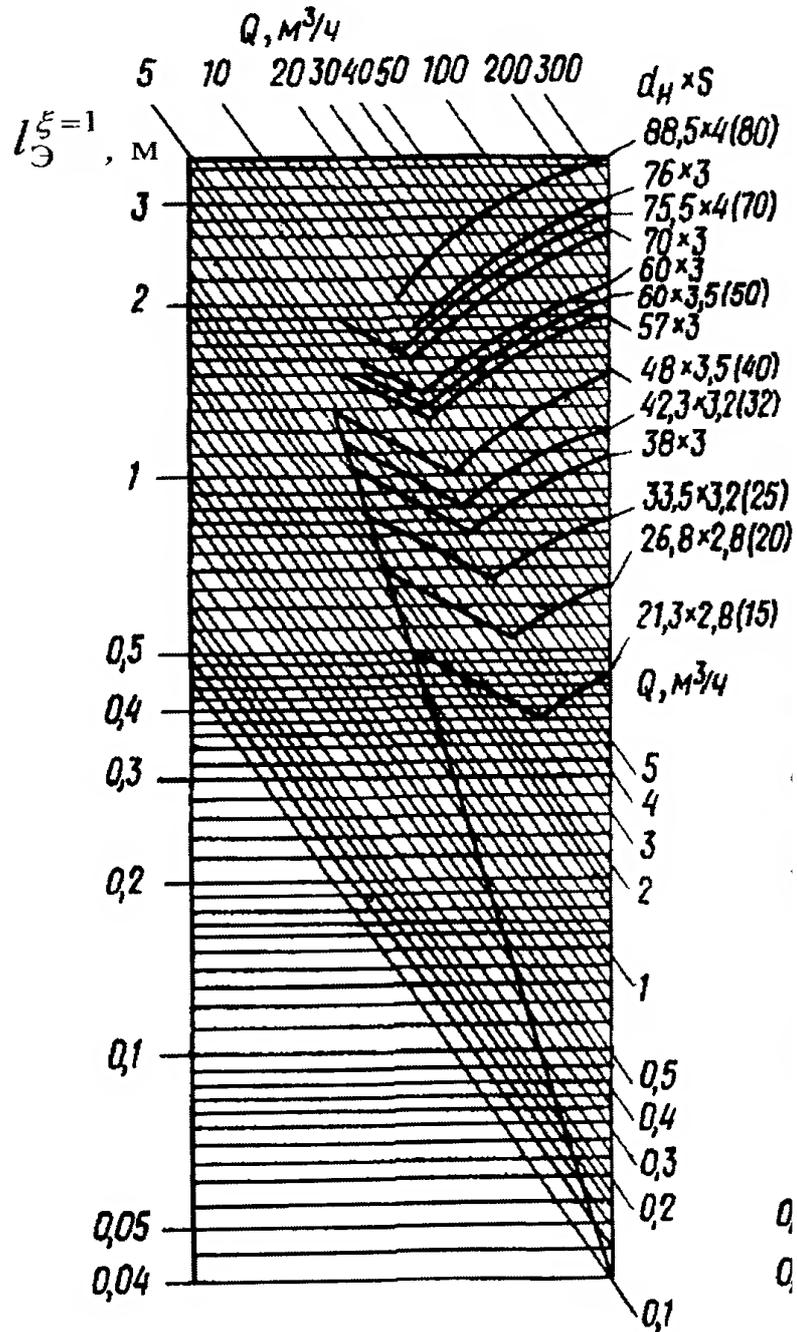


Номограмма для расчета стальных газопроводов среднего и высокого давления диаметром 15 – 100 мм



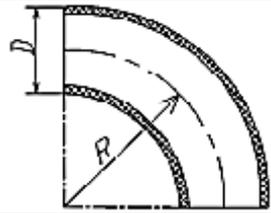
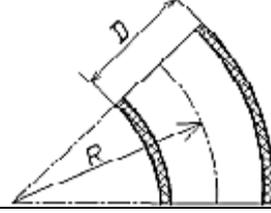
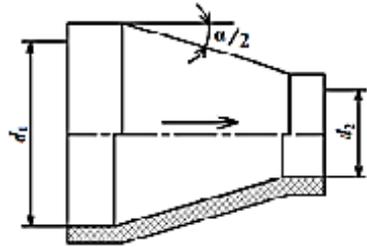
Номограмма для расчета стальных газопроводов среднего и высокого давления диаметром 100 – 600 мм

Номограмма для определения эквивалентных длин.
 Природный газ $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$, $\nu = 14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$



Значение коэффициентов местных сопротивлений

Значение КМС полиэтиленовых фитингов

Вид сопротивления	Значение			Схема
Отвод 90° R=1,0D R=1,5D R=2,0D R=4,0D	0,51 0,41 0,34 0,23			
Отвод 45° R=1,0D R=1,5D R=2,0D R=4,0D	0,34 0,27 0,20 0,15			
Переход d ₂ /d ₁ =1,2 d ₂ /d ₁ =1,4 d ₂ /d ₁ =1,6 d ₂ /d ₁ =1,8 d ₂ /d ₁ =2,0	При			
	α=4°	α=8°	α=20°	
	0,046	0,023	0,010	
	0,067	0,033	0,013	
	0,076	0,038	0,015	
	0,031	0,041	0,016	
0,034	0,042	0,017		

Продолжение приложения 12

Значение КМС стальных фитингов

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**	Шаровой кран	4	2	2	2	2	2
Тройник поворотный (ответвление)	1,5**	Вентиль прямой	11	7	6	6	6	5
Крестовина проходная	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

Учебное издание

Составители:

Светлана Рудольфовна Сальникова

Юрий Юрьевич Сопин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения курсового проекта
по дисциплине «Газоснабжение»

на тему «Газоснабжение района города»

для студентов специальности 70 04 02

*«Теплогазоснабжение, вентиляция
и охрана воздушного бассейна»*

дневной и заочной форм обучения

и слушателей ИПКиП 70 04 71

Ответственный за выпуск: Сальникова С.Р.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.

Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано в печать 03.02.2016 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага «Performer».
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 4,19. Уч. изд. л. 4,5. Заказ № 1358. Тираж экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения курсового проекта
по дисциплине «Газоснабжение»

на тему «Газоснабжение района города»

*для студентов специальности 70 04 02
«Теплогасоснабжение, вентиляция
и охрана воздушного бассейна»
дневной и заочной форм обучения
и слушателей ИПКиП 70 04 71*