Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 15.10.2026 14:55:21
Уникальный программный ключ:
3beb265d5d589e7ff4c954946f3ad99a1e70ac12

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт сервиса и отраслевого управления

Кафедра Промышленной теплоэнергетики

РАСЧЕТ ГАЗОПРОВОДОВ СРЕДНЕГО И ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Методические указания к курсовой работе
для обучающихся специальности
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
всех форм обучения

Составители:
А.А.Дедун, кандидат технических наук, доцент
П.А.Третьякова,старший преподаватель

Тюмень
ТИУ
2020

Расчет системы газоснабжения: методические указания к курсовой работе для обучающихся специальности 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника /сост. П.А.Третьякова; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Издательский центр БИК ТИУ, 2020. – 31 с. – Текст: непосредственный.

Ответственный редактор: д.т.н, профессор О.А. Степанов, заведующий кафедрой Промышленной теплоэнергетики

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры Промышленной теплоэнергетики «01» октября 2020 года, протокол № 3

Аннотация

Методические указания для выполнения курсовой работы по дисциплине «Системы газоснабжения» по специальности 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника. Данная дисциплина изучается в одном семестре.

Методические указания состоят из пояснительной записки, теоретических сведений необходимых для выполнения курсовой работы, контрольных вопросов, задания к курсовой работе в соответствии с программой дисциплины и списком рекомендуемой литературы.

Методические указания окажут помощь при выполнении курсовой работы, а также могут пригодиться обучающимся при повторении изученного материалаи подготовке к экзамену.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Основы гидравлического расчета 4
2. Расчет тупиковых газопроводов 6
3. Пример расчета тупиковой сети низкого давления 7
4 Пример расчета тупиковой сети среднего давления 10
5. Расчет кольцевых газопроводов 14
6 Расчет кольцевых газопроводов низкого давления 14

1 Основы гидравлического расчета

При движении газа по трубопроводам происходит постепенное снижение первоначального давления за счет преодоления сил трения и местных сопротивлений:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{мс}} \quad (1)$$

Средняя скорость движения газа в трубе

$$\omega = {}^{V}/_{F} \quad (2)$$

где V - объемный расход газа, м^3/с; F - площадь поперечного сечения трубы, м^3.

В зависимости от скорости потока, диаметра трубы и вязкости газа течение его может быть ламинарным, т. е. упорядоченным в виде движущихся один относительно другого слоев, и турбулентным, когда в потоке газа возникают завихрения и слои перемешиваются между собой. Режим движения газа характеризуется величиной критерия Рейнольдса

$$Re = \omega \cdot {}^{D}/_{\nu} \quad (3)$$

где ω - скорость потока, м/с; D - диаметр трубопровода, м; ν - кинематическая вязкость, м^2/с.

Различают гидравлический расчет сетей низкого давления и среднего (высокого) давления.

При гидравлическом расчете газопроводов среднего и высокого давлений, в которых перепады давления значительны, изменение плотности и скорости движениягаза необходимо учитывать, поэтому потери давления на преодоление сил трения в таких газопроводах определяются по формуле

$$P_{\text{н}}^2 - P_{\text{к}}^2 = \frac{P_0}{81\pi}\lambda\frac{V^2}{d^5}\rho_0 l = 1{,}2687 \cdot 10^{-4} \cdot \lambda\frac{V^2}{d^5}\rho_0 l \quad (4)$$

где $P_{\text{н}}$ и $P_{\text{к}}$ – абсолютные давления газа в начале и в конце газопровода, МПа; l – длина газопровода, м; V – расход газа, м^3/ч, при нормальных условиях; ρ_0 – плотность газа при нормальных условиях, кг/м3; P_0 = 0,101325 МПа; d – внутренний диаметр газопровода, см.

Для сетей низкого давления потери

$$P_{\text{н}} - P_{\text{к}} = \frac{10^6}{162\pi}\lambda\frac{V^2}{d^5}\rho_0 l = 626{,}1 \cdot \lambda\frac{V^2}{d^5}\rho_0 l \quad (5)$$

где $P_{\text{н}}$ – давление в начале газопровода, Па; $P_{\text{к}}$ – давление в конце газопровода, Па.

При выполнении гидравлического расчета газопроводов расчетный внутренний диаметр газопровода можно предварительно определять по формуле

$$d_p = \sqrt[n]{\frac{AB\rho_0 Q_0^m}{\Delta P_{\text{уд}}}}, \quad (6)$$

где d_p – расчетный внутренний диаметр, см; A – коэффициент, зависящий от категории сети. Для сети низкого давления A = $10^6/(162\pi^2)$ = 626, для се-

ти среднего и высокого давления $A = \frac{P_0}{P_m 162\pi^2}$, откуда P_0 = 0,101325 МПа; P_m – усредненноеабсолютноедавление газа в сети, МПа; B, n, m – коэффициенты, зависящие от материала газопровода. Для стальных труб B = 0,022, m = 2, n = 5, для полиэтиленовых – B = 0,0446, m = 1,75, n = 4,75; Q_0 – расчетный расход газа, м3/ч, при нормальных условиях;

$\Delta P_{уд}$ – удельные потери давления (Па/м – для сетей низкого давления, МПа/м – для сетей среднего и высокого давления), определяемые по формуле

$$\Delta P_{уд} = \frac{\Delta P_{доп}}{1{,}1L}; \quad (7)$$

$\Delta P_{доп}$ – допустимые потери давления (Па – для сетей низкого давления, МПа – для сетей среднего и высокого давления); L – расстояние до самой удаленной точки, м.

Коэффициент гидравлического трения λ определяется в зависимости от режима движения газа по газопроводу, характеризуемого числом Рейнольдса.

При расчете газопроводов низкого давления, прокладываемых в условиях резко выраженного переменного рельефа местности, надо учитывать гидростатический напор, Па,

$$\Delta p_Г = \pm 9{,}81 \cdot h(\rho_В - \rho_Г) \quad (8)$$

где h – разность геометрических отметок газопровода, м; $\rho_в$ и $\rho_г$ – плотности воздуха и газа, кг/м^3; знак «+» – при течении газа по направлению снизу-вверх (при $\rho_г<\rho_в$), а знак «-» – при движении газа сверху вниз (при $\rho_г<\rho_в$). Для случаев, когда $\rho_г>\rho_в$ (тяжелые газы), знаки меняются на обратные. По формуле Вейсбаха потери давления в местных сопротивлениях, Па,

$$\Delta p_{м.с} = \zeta \frac{\rho_Г \omega^2}{2} \quad (9)$$

где ζ – безразмерный коэффициент местного сопротивления.

Для ряда последовательно расположенных местных сопротивлений на газопроводе одного диаметра сумма их

$$\Sigma \Delta p_{м.с} = (\zeta_1 + \zeta_2 + \cdots + \zeta_n) \frac{\rho_Г \omega^2}{2} \quad (10)$$

где ζ_1, ζ_2,..., ζ_n - коэффициенты различных местных сопротивлений.

Часто потери давления в местных сопротивлениях выражают через некоторую эквивалентную длину прямого участка трубы $l_{экв}$, на которой линейные потери давления на трение равнозначны потерям на данном местном сопротивлении,

$$l_{экв} = \frac{\zeta d}{\lambda} \quad (11)$$

где D - внутренний диаметр газопровода, м; $l_{экв}$ - эквивалентная длина, м, прямолинейного участка трубы данного диаметра, на котором потери давления на трение равны потерям в местном сопротивлении при ζ = 1.

Суммарные сопротивления газопровода в данном случае можно вычислить как линейные потери давления на трение, но не на действительной длине участка, а на некоторой расчетной или приведенной длине

$$l_{\text{расч}} = l + l_{\text{экв}} \Sigma\zeta \quad (12)$$

Потери в местных сопротивлениях распределительных газопроводов большой протяженности во много раз меньше потерь давления на трение, и их обычно принимают равными 5–10 % от последних.

Для облегчения расчетов на основании формул разработаны таблицы и номограммы. По ним с достаточной для практических целей точностью определяют: необходимый диаметр газопровода по заданному расходу и потерям давления или по заданным диаметру и потерям – пропускную способность газопровода; по заданным диаметру и расходу – потери давления; по известным местным сопротивлениям – эквивалентные длины. Каждая таблица и номограмма составлена для газа с определенной плотностью и вязкостью с учетом давления газа (низкое, среднее и высокое).

Расчетные потери давления газа в распределительных газопроводах низкого давления следует принимать в соответствии с требованиями СП 42-101–2003 не более:

1. для уличных и внутриквартальных газопроводов – 120 даПа;
2. для внутренних и подводящих газопроводов – 60 даПа.

2. Расчет тупиковых газопроводов

Особенностью расчета тупикового газопровода, питаемого из одной точки, с подключенными сосредоточенными потребителями газа является то, что определение диаметров участков газопровода ведут по суммарным расходам газа на участках и допускаемой потере давления. Отбор сосредоточенных расходов газа имеет место в распределительных газопроводах среднего или высокого давления, а также во внутренних газопроводах жилых и производственных зданий.

Рассмотрим схему расходов газа по участкам (рис. 1). Очевидно, что на участке 3–4 имеется только путевой расход; на участке 2–3 расход складывается из собственного путевого расхода А2 и транзитного расхода Б2, на участке 1–2, кроме собственного путевого расхода А1, имеется транзитный расход Б1 = А2 + Б2, предназначенный для двух последующих участков. Естественно, что диаметры труб первых участков должны быть больше диаметров труб последующих участков. Если взять изолированно участок 2–3 из этой сети и определить расчетный расход газа $V_р$ в промежуточной точке х, то этот расход будет складываться из транзитного расхода $V_т$ и какой-то части путевого расхода $V_п$, т. е.

$$V_p = V_{\text{т}} + kV_{\text{п}} \quad (13)$$

где коэффициент k учитывает долю путевого расхода газа в данной точке и зависит от $\frac{V_{\text{т}}}{V_{\text{п}}}$.

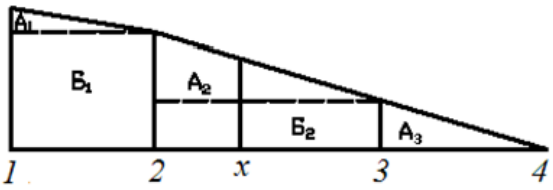


Рис. 1. Схема расходов газа по участкам

Для газовых сетей населенных пунктов обычно транзитный расход газа во много раз больше путевого, поэтому для осреднения расчетных расходов газа на участках пользуются соотношением

$$V_p = V_т + 0{,}5V_п \quad (14)$$

Для дальнейших расчетов введено понятие «удельные расходы газа». Удельный расход по длине есть отношение общего расчетного часового расхода газа к суммарной длине газовой сети:

$$V_{уд.l} = V_{р.ч}/\Sigma l_i \quad (15)$$

В больших городах с различным характером застройки и неодинаковой плотностью населения удельные расходы вычисляются отдельно для каждого района.

Удельный расход газа, отнесенный к единице площади застройки,

$$V_{уд.f} = V_{р.м}/F \quad (16)$$

где $V_{р.ч}$ - расчетный часовой расход газа, м^3/ч; F - площадь застройки, га.

Как отмечалось ранее, диаметры газопроводов определяются по расходу газа и допустимым потерям давления. Выбор расчетных перепадов давления в сетях низкого давления принимается исходя из допустимых колебаний тепловых нагрузок бытовых газовых приборов. При снабжении потребителей природным газом с низшей теплотой сгорания 33–42 МДж/м^3 давление газа перед бытовыми газовыми приборами принимают 120 или 200 даПа. Исходя из этого при давлении газа на выходе из ГРП, равном 300 даПа, суммарный перепад давления в газовых сетях рекомендуется принимать равным 180 даПа, в том числе в уличных газопроводах 120, в подводящих и домовых – 60 даПа. Таким образом, при расчетах уличных распределительных газовых сетей следует ориентироваться на перепад давления в 120 даПа.

3. Пример расчета тупиковой сети низкого давления

Определить расчетные расходы газа и диаметры газопроводов на участках сети, используя исходные данные.

Жилой поселок однородной застройки снабжается природным газом (ρ=0,73 кг/м^3) в количестве 750 м^3/ч. Подача газа в распределительную газовую сеть осуществляется из ГРП под давлением 300 даПа (рис.3).

Решение

Удельный расход газа в сети

$$V_{удl} = \frac{V_{р.ч}}{\sum l_i} = \frac{750}{350+300+350+200+300} = 0{,}5 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}).$$

Путевые расходы газа:

$$V_{п1-2} = l_{1-2}V_{удl} = 350 \cdot 0{,}5 = 175 \text{ м}^3/\text{ч};$$
$$V_{п2-3} = 300 \cdot 0{,}5 = 150 \text{ м}^3/\text{ч};$$
$$V_{п3-4} = 350 \cdot 0{,}5 = 175 \text{ м}^3/\text{ч};$$
$$V_{п3-6} = 300 \cdot 0{,}5 = 150 \text{ м}^3/\text{ч};$$
$$V_{п2-5} = 200 \cdot 0{,}5 = 100 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

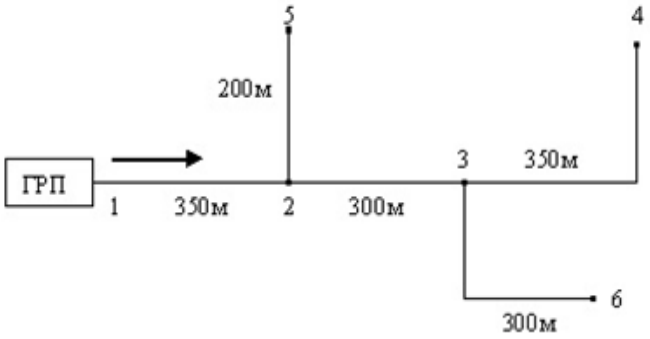


Рис. 3. Схема разветвленной тупиковой сети

Сумма путевых расходов газа составляет 750 м^3/ч.

Расчетные расходы газа на участках сети:

$$V_{р3-4} = V_т + 0{,}5V_п = 175 \cdot 0{,}5 = 87{,}5 \text{ м}^3/\text{ч};$$
$$V_{р3-6} = 150 \cdot 0{,}5 = 75 \text{ м}^3/\text{ч};$$
$$V_{р3-4} = 100 \cdot 0{,}5 = 50 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

На участке 2-3, кроме путевого, имеется транзитный расход:

$$V_{т2-3} = V_{п3-6} + V_{п3-4} = 175 + 150 = 325 \text{ м}^3/\text{ч};$$
$$V_{р2-3} = 325 + 150 \cdot 0{,}5 = 400 \text{ м}^3/\text{ч};$$
$$V_{т1-2} = 150 + 175 + 100 + 150 = 575 \text{ м}^3/\text{ч};$$
$$V_{р1-2} = 575 + 175 \cdot 0{,}5 = 662{,}5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Результаты вычислений путевых и расчетных расходов сводим в табл. 3.

Таблица 3

Путевые и расчетные расходы газа

Расход, м^3/ч	Участок				
	1-2	2-3	3-4	2-5	3-6
Путевой	175	150	175	100	150
Расчетный	662,5	400	87,5	50	75

Определяя среднюю удельную потерю давления на основной магистрали сети от ГРП до точки 4 (1-2-3-4), принимаем общее падение давления на этой магистрали H = 120 даПа. Отнесем 10% этого падения давления за счет потерь в местных сопротивлениях.

Тогда потери давления на трение

$$H_{тр} = 120 - 0{,}1 \cdot 120 = 108 \text{ даПа}.$$

Средняя удельная потеря давления на трение $\Delta p_{\text{тр}} = H_{\text{тр}}(l_{1-2} + l2-3+l3-4=108/(350+300+350)=0,11$ *даПа/м.*

Далее расчет ведем в табличной форме (табл. 4).

Таблица 4

Таблица гидравлического расчета

Участок	Длина участка l, м	Расчетный расход $V_{\text{р}}$, м^3/ч	Диаметр d_v, мм	Удельные потери давления на участке h/l, даПа/м	Потери давления на участке $H_{\text{тр}}$, даПа
1-2	350	662,5	200	0,12	42
2-3	300	400	150	0,11	33
3-4	350	87,5	100	0,095	33,3
					$\Sigma H_{\text{тр}}$=108,3
2-5	200	50	70	0,3	60
3-6	300	75	100	0,075	22,5

Алгоритм расчета

1. Ориентируясь по средней удельной потере давления и расчетным расходам газа на участках, по номограмме подбираем диаметры газопроводов на участкахсети.
2. Для выбранных диаметров газопроводов на участках по той же номограмме определяем действительные удельные потеридавления.
3. Умножая действительные потери давления на участках на длину этих участков, определяем действительные потери давления научастках.
4. Суммируем потери давления на участках основной магистрали и результат сравниваем с принятым расчетным перепадом давления. В случае недоиспользования или превышения расчетного перепада изменяем диаметр газопровода на одном или нескольких участках, чтобы свести невязку до величины не более 5%. Изменения диаметров фиксируем в табл.2.
5. Аналогично подбираем диаметры ответвлений от основной магистрали. При этом для каждого ответвления удельные потери давления находятся изсоотношения

$$\Delta p_{\text{отв}} = H_{\text{отв}}/l_{\text{отв}},$$

где $H_{\text{отв}}$ – располагаемый напор для ответвления, определяемый как разность давления в точке ответвления и номинального давления у потребителя (200 даПа); $l_{\text{отв}}$ – длина ответвления, м.

Для ответвления 2-5 без учета незначительных потерь давления в местных сопротивлениях давление в точке 2 рассчитываем по формуле

$$p_2 = p_{\text{ГРП}} - \Delta p_{\text{уд}1-2} l_{1-2} = 300 - 0{,}12 \cdot 350 = 258 \text{ даПа}.$$

Следовательно, располагаемый напор на участке 2-5

$$H_{2-5} = p_2 - p_{\text{ном}} = 258 - 200 = 58 \text{ даПа}.$$

Средняя удельная потеря давления на этом участке

$$\Delta p_{\text{уд}2-5} = H_{2-5}/l_{2-5} = 58/200 = 0{,}29 \text{ даПа}.$$

Аналогичный расчет делаем для ответвления 3–6:

$$p_3 = p_{\text{ГРП}} - \left(\Delta p_{\text{уд}1-2} l_{1-2} + \Delta p_{\text{уд}2-3} l_{2-3}\right) = 300 - 0{,}12 \cdot 350 - 0{,}11 \cdot 300 = 225 \text{ даПа}.$$

$$H_{3-6} = p_3 - p_{\text{ном}} = 225 - 200 = 25 \text{ даПа}.$$

$$\Delta p_{\text{уд}3-6} = H_{3-6}/l_{3-6} = 25/300 = 0{,}067 \text{ даПа}.$$

На основании рассчитанных значений удельных потерь давления и расчетных расходов на обоих ответвлениях по номограммам (рис.4) выбираем диаметры газопроводов для них и по действительным удельным потерям, соответствующим выбранным диаметрам ответвлений, определяем фактические потери давления на каждом из ответвлений.

4 Пример расчетатупиковой сети среднего давления

Рассчитать тупиковую разветвленную сеть среднего давления (рис. 5). Избыточное давление в начале сети $P_н$ = 0,3 МПа, перед потребителем (ГРП или ШРП предприятия-потребителя газа) не менее $P_к$ = 0,05 МПа (исходя из требований устойчивой работы регуляторов давления на ГРП).

Расходы газа потребителями известны: 1 – 1200м^3/ч; 2 – 600 м^3/ч; 3 – 4800 м^3/ч; 4 – 3600 м^3/ч; 5 – 900 м^3/ч

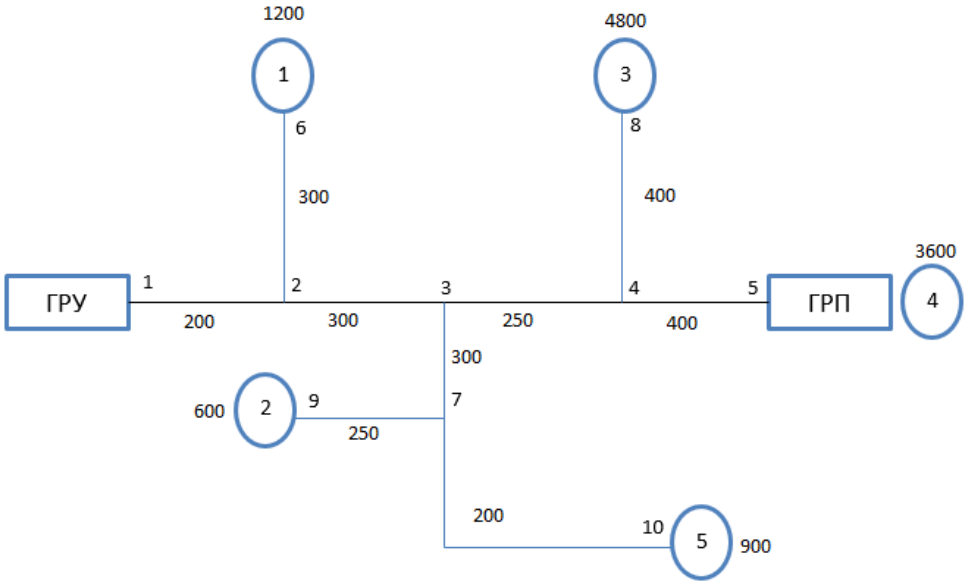


Рис. 5. Расчетная схема сети

Решение.

Определяем расчетные расходы газа по участкам сети. Значение расчетного расхода на участке 4–5 равно расходу потребителя 4 (ГРП) QP = 3600 м3/ч, на участке 3–4 расчетный расход равен сумме расходов ГРП и 3, т. е. QP = 3600 + 4800 = 8400 м3/ч и т. д.

Расчетные расходы газа записываются в таблицу 3.

Диаметры участков определяются по номограмме для расчета газопроводов высокого и среднего давления (Приложение А, рис. 1). Номограмма дает зависимость между тремя величинами: расходом газа Q, диаметром газопровода D и параметром А, из которых нам известен только расход газа. Таким образом, имеем уравнение с двумя неизвестными. Предполагая, что располагаемый перепад давления используется равномерно и пропорционально длинам участков, вычисляем среднее значение величины Аср:

$$A_{ср} = \frac{P_H^2 - P_K^2}{\sum L_P}$$

$$\mathrm{A_{ср}} = \frac{300^2 - 50^2}{330 + 330 + 275 + 440} = 63{,}636 \frac{\text{кПа}^2}{\text{м}}$$

где $\Sigma L_р$ – расчетная длина главного направления 1-5 (ГРУ-ГРП).

Диаметры участков по главному направлению подбираем таким образом, чтобы полученное по номограмме значение А для каждого участка было по возможности ближе к $А_{ср}$ = 64 кПа^2/м.

После расчета главного направления производятся расчеты простых ответвлений от главного направления. Затем производятся расчеты сложных ответвлений. Таким является ответвление в узле 3 (ответвление на потребителей 2 и 3). В сложном ответвлении выбирается главное направление и производятся аналогичные расчеты.

Параметр $А_{ср}$ не всегда соответствует определенному диаметру при заданном расходе, поэтому его уточняют $А_{ут}$ и по нему находят конечное давление на рассматриваемом участке.

Таблица 5

Расчет сети среднего давления

Участок	Длина участка, км		$Q_Р$, м^3/ч	D, мм	$А_{ут}$, МПа^2/м	Давление, МПа	
	$L_г$	$L_р$ = 1,1$L_г$				$Р_н$	$Р_к = \sqrt{Р_н^2 - А_{ут} \cdot L_р}$
Расчет главного направления ГРУ-ГРП $А_{ср}$ = 63,636 кПа^2/м							
1-2	0,3	0,33	11100	200	0,059	0,3	0,266
2-3	0,3	0,33	9900	200	0,055	0,266	0,229

3-4	0,25	0,275	8400	150	0,09	0,229	0,166
4-5	0,4	0,44	3600	125	0,056	0,166	0,055
Расчет отводов а) 2-6 , $A_{ср} = (266^2–50^2)/330 = 206,15$ кПа^2/м							
2-6	0,3	0,33	1200	100	0,025	0,266	0,25
б) 4–8 , $A_{ср} = (166^2–50^2)/440 = 57,11$ кПа^2/м							
4-8	0,4	0,44	4800	125	0,03	0,166	0,12
Расчет направления 3–10 в ответвлении $A_{ср} = (229^2–50^2)/550=90,69$ кПа^2/м							
3-7	0,3	0,33	1500	150	0,05	0,229	0,189
7-10	0,2	0,22	900	100	0,02	0,189	0,177
Расчет отвода 7–9; $A_{ср} = (189^2–50^2)/275 = 121$ кПа^2/м							
7-9	0,25	0,275	600	100	0,005	0,189	0,186

Так, на отводе 7–9 при Аср = 0,121 МПа^2/км и расходе Q = 600 м^3/ч по номограмме можно найти диаметр D = 100 мм. Если принять данный диаметр, то уточненное значение Аут = 0,005 МПа^2/км и давление в конце участка $P_к$ = 0,186 МПа, что выше требуемого по условию задачи. Оставляем найденный диаметр и расчет считаем окончательным.

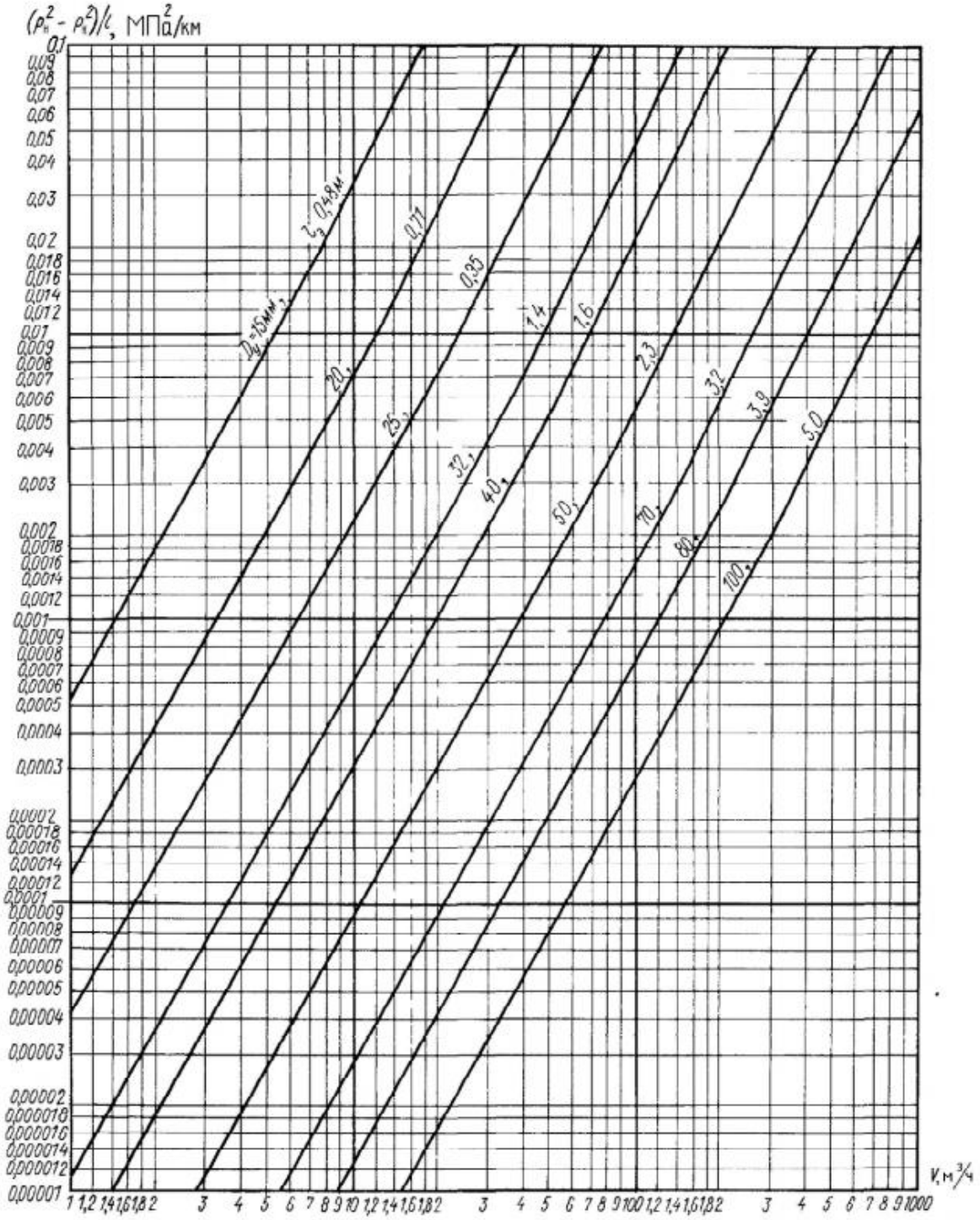


Рис. 6. Номограмма для расчета газопроводов среднего и высокого давления (природный газ р = 0,73 кг/м^3; $\nu = 15 \cdot 10^{-6}$м^2/с)

5. Расчет кольцевых газопроводов

В отличие от тупиковых газовых сетей, в которых направления потоков и расчетные расходы газа на участках сети определены, в многокольцевых сетях и направления потоков, и количества газа, протекающие по расчетным участкам, не постоянны. Задачей гидравлического расчета таких сетей является определение диаметров участков сети, которые обеспечивают равномерность гидравлического режима всей сети и подачу всем потребителям требуемых количеств газа при заданных перепадах давления.

При подборе диаметра полукольца необходимо предусмотреть возможность его работы в аварийном режиме.

Определение аварийного расхода газа производится по формуле

$$V_{\text{ав}} = V_{\text{р}}^{\text{раб}} + \sum_{i=1}^{n}(V_i\, K_{\text{об}i}) \qquad (21)$$

где $V_{\text{ав}}$ – аварийный расход газа по магистральному кольцевому газопроводу, м^3/ч;$V_{\text{р}}^{\text{раб}}$ - расчетный расход рабочего полукольца, м^3/ч; V_{i} – расход i-х потребителей газана аварийном полукольце, м^3/ч; $K_{\text{об}i}$ – коэффициент i-х потребителей газа.

Коэффициент обеспеченности газом при аварийных ситуациях для бытовых потребителей (ГРП) можно принять в пределах от 0,8 до 0,85; для отопительно-производственных котельных – от 0,7 до 0,75 в зависимости от наличия резервного топлива; для промышленных предприятий – от 0,5 до 0,9.

Рабочее полукольцо должно обеспечить пропуск в среднем 75% расхода от аварийного участка.

6. Расчет кольцевых газопроводов среднего (высокого) давления

На генплане города наносится сеть среднего (высокого) давления. Расходы газа потребителями известны. При расчете кольцевых сетей необходимо оставлять резерв давления для увеличения пропускной способности системы газоснабжения при аварийных гидравлических режимах. Принятый запас давления должен проверяться расчетом при возникновении наиболее неблагоприятных аварийных ситуаций, которые возникают при выключении головных участков сети. Ввиду кратковременности аварийных ситуаций допускается некоторое снижение качества системы, которое оценивают коэффициентом обеспеченности Коб, зависящим от категории потребителей.

При аварийной ситуации диспетчерской службой принимаются меры по сокращению потребления газа. Этого можно добиться уменьшением подачи теплоты на отопление зданий и горячее водоснабжение, что приведет к снижению расхода газа котельными; временным прекращением работы второстепенных цехов; переводом котельных и цехов, имеющих резервное топливоснабжение, на другой вид топлива. Однако во всех случаях

режим давлений в газовой сети должен обеспечить нормальную работу газогорелочных устройств неотключенных агрегатов. Значения коэффициентов обеспеченности Коб различных потребителей при аварийной ситуации приведены в табл. 6.

Таблица 6

Коэффициенты обеспеченности потребителей газомпри аварийных ситуациях

Наименование потребителей	*К*об	Наименование потребителей	*К*об
ГРП	0,80–0,85	Бани	0,60
Котельные отопительные	0,70–0,75	Хлебозаводы	0,70
Промпредприятия	0,70–0,90	Мясокомбинаты	0,70
Механизированные		Автохозяйства	0,50
прачечные	0,70	ТЭЦ (с резервным	
Больницы	0,85	топливом)	0

Для однокольцевой газовой сети следует рассчитывать два аварийных режима: при отключении головных участков слева и справа от точки питания. Так как при этом кольцевой газопровод превращается в тупиковый, то диаметры участков кольца можно определить из расчета тупиковых линий при лимитированном газоснабжении потребителей. Затем рассчитывается сеть при нормальном режиме, когда за расчетное принимается наиболее рациональное направление потоков газа по полукольцам. Расчет кольцевой сети среднего (высокого) давления производится в следующей последовательности:

1. Составляются расчетные схемы сети для двух аварийных и нормального режимов эксплуатации: нумеруются узлы сети, приставляются длины участков, выписываются расчетные расходы газа каждым сосредоточенным потребителем.

2. Производится предварительный расчет диаметра кольца по приближенным зависимостям:

$$V_{\text{р}}^{\text{э}} = 0{,}59 \sum_{i=1}^{n} K_{\text{об}i} V_i \qquad (22)$$

$$\text{A}_{\text{ср}} = \frac{P_{\text{н}}^2 - P_{\text{к}}^2}{1{,}1 L_k} \qquad (23)$$

где Vрэ – расчетный эквивалентный по создаваемой потере давления расход газа всеми потребителями газа в аварийной ситуации, м^3/ч;

Vi – расчетный расход газа i-м потребителем, м^3/ч;

Кобi – коэффициент обеспеченности газом i-го потребителя в аварийной ситуации;

Аср – среднеквадратичный перепад давления в сети, МПа^2/км (кПа^2/м);

Рн, Рк – абсолютные давления газа в начале и конце сети, МПа (кПа);

Lк – протяженность расчетного кольца, км (м);

1,1 – коэффициент, учитывающий потери давления в местных сопротивлениях.

Диаметр газопровода принимается по номограммам, при этом стремятся к подбору единого диаметра кольца. Если это не удается, то участки газопровода, расположенные диаметрально противоположно точке питания, следует принимать меньшего диаметра, но не менее 0,75 диаметра головного участка.

3. Выполняются два варианта гидравлического расчета сетипри аварийных режимах. Расходы потребителей V_{pi} определяются с учетом необходимой обеспеченности их газом:

$$V_{pi} = K_{об} V_i \text{ , м}^3/\text{ч} \tag{24}$$

Суммированием находятся расчетные расходы газа каждого участка, начиная от последнего потребителя по направлению к ГРС. По номограммам для принятого диаметра и известного расхода находят действительные значения среднеквадратичного перепада давления на 1 км (м) газопроводаA (МПа^2/км; кПа^2/м) для каждого участка. Если плотность газа $\rho_о$ (кг/м^3) отличается от плотности стандартного газа ($\rho_{ост}$ 0,73кг/м^3), то в величинуA вводится поправка на плотность газа (25), а затем рассчитывается перепад давления для известной расчетной длины участка – $A_ф L_р$.

$$\text{А}_ф = \text{А}_т \frac{\rho_о}{\rho_{ст}} \text{ МПа}^2/\text{км} \tag{25}$$

Давление газа в начале первого участка (на выходе из ГРС) задано – либо среднее $P_н$ = 0,4 МПа, либо высокое $P_н$ = 0,7 МПа. Давление газа в конце участка $P_к$ (МПа (кПа)) определяется по формуле:

$$P_k = \sqrt{P_н^2 - \text{А}_ф L_р}, \text{Мпа} \tag{26}$$

Полученное давление $P_к$ на первом участке является начальным для последующего участка, давление в конце второго участка является начальным для третьего и т. д.

Диаметры участков корректируются таким образом, чтобы давление газа у последнего потребителя не понижалось ниже минимально допустимого значения.

4. Выполняется гидравлический расчет сети при нормальном режиме эксплуатации. В нормальном режиме определение расходов газа на участках начинается с конечного участка каждого полукольца из условия обеспечения потребителей необходимым (полным) количеством газа. Целью расчета является определение давления

газа в точках врезки ответвлений в кольцевую сеть, диаметры участков которой принимаются наибольшими из расчета двух аварийных режимов.

5. Определяются минимальные диаметры ответвлений к сосредоточенным потребителям при расчетном гидравлическом режиме.

В случае необходимости (при недостаточности диаметров, когда$A>$ 0,1МПа^2/км)увеличивают их до необходимых размеров.

Пример

Рассчитать кольцевую систему газоснабжения высокого/среднего давления II категории из полиэтиленовых труб с абсолютной эквивалентной шероховатостью стенок труб kэ = 0,0007 см. Расчетные расходы газа, нумерация участков и их длины приведены на расчетныхсхемах (рис. 2.1). Давление газа после ГРС Рн = 0,7 МПа (абс.). Длина участков газопроводов к котельным и ГРП принять 300 м. Используется природный газ с плотностью ρо = 0,80 кг/м3

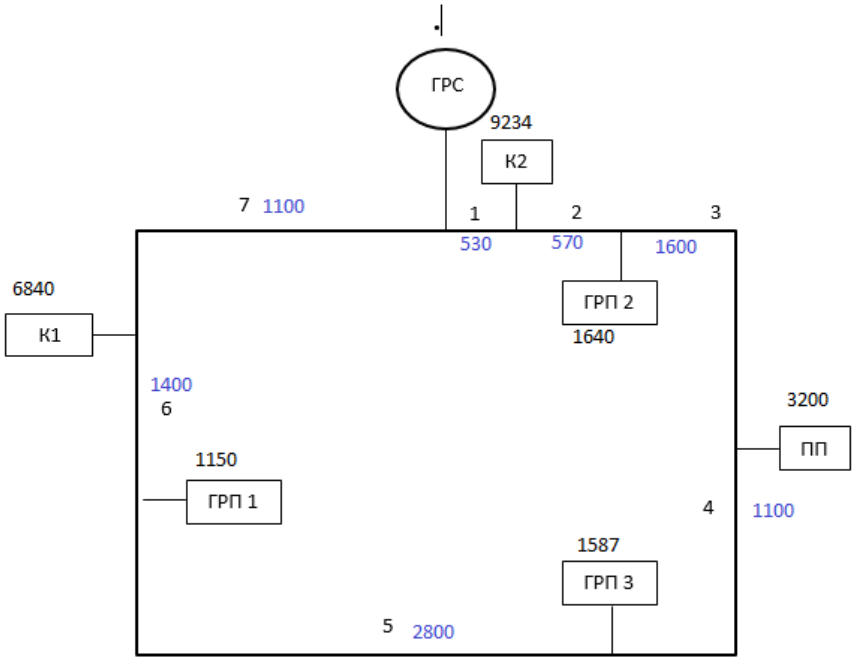


Рис.8 Расчетная схема газопровода

Решение. Расчет кольцевой системы выполнен для трех режимов работы:

1) аварийного режима I – при отключенном участке 1-7;
2) аварийного режима II – при отключенном участке 1-2;
3) нормального (расчетного) режима.

Расчетная схема газопроводов среднего давления для аварийного режима I приведена на рис.9, для аварийного режима II – на рис.10, нормального – на рис. 11.

Расчетная схема газопроводов среднего давления для аварийного режима I приведена на рис. 1, для аварийного режима II – на рис. 2, нормального – на рис. 3.

В аварийном режиме I газ поступает к потребителям по направлению ГРС-1-2-3-4-5-6-К1. Общая протяженность газопроводов этого направления

$\sum L$ = 0,3 + 0,53 + 0,57 + 1,6 + 1,1 + 2,8 + 1,4 + 0,3 = 8,6 км.

Расходы газа потребителями, принятые коэффициенты обеспеченности потребителей газа при аварийных ситуациях и расходы газа в аварийных режимах приведены в табл. 2.2.

Расчетный (эквивалентный) расход газа:

$$V_p^э = 0{,}59 \cdot (6840 \cdot 0{,}725 + 9234 \cdot 0{,}725 + 1150 \cdot 0{,}825 + 1640 \cdot 0{,}825 +$$

1587·0,825+3200·0,8=10517 м^3/ч.

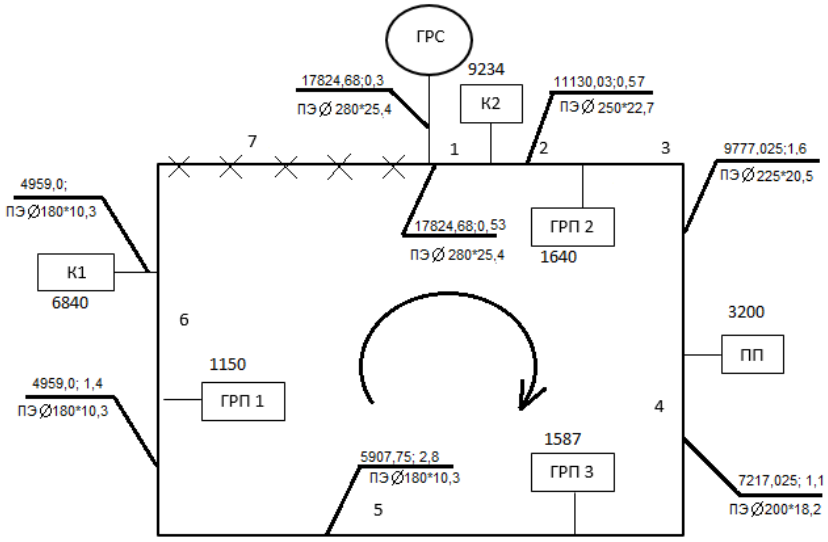


Рис. 9. Расчетная схема газопроводов среднего давления для аварийного режима I

17824 — расчетный расход газа на участке (м^3/ч),

0,3 — расчетная длина участка (км)

ПЭ Ø280×25,4 — наружный диаметр газопровода

толщина стенки трубы (мм)

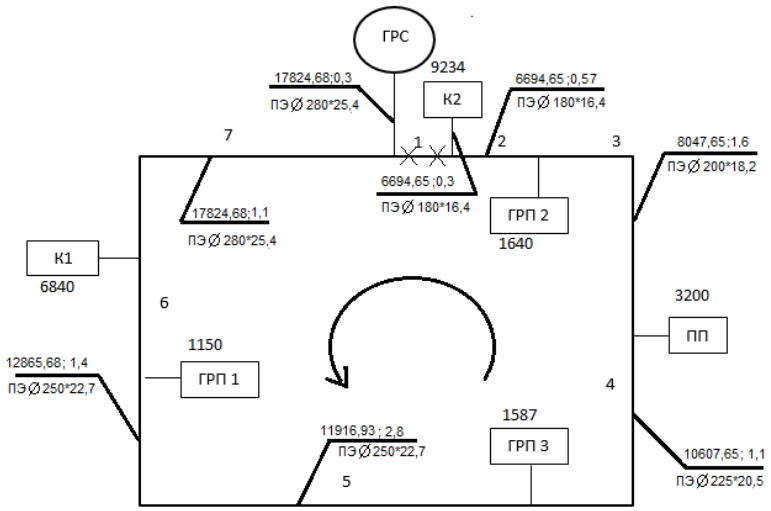


Рис. 10. Расчетная схема газопроводов среднего давления для аварийного режима II

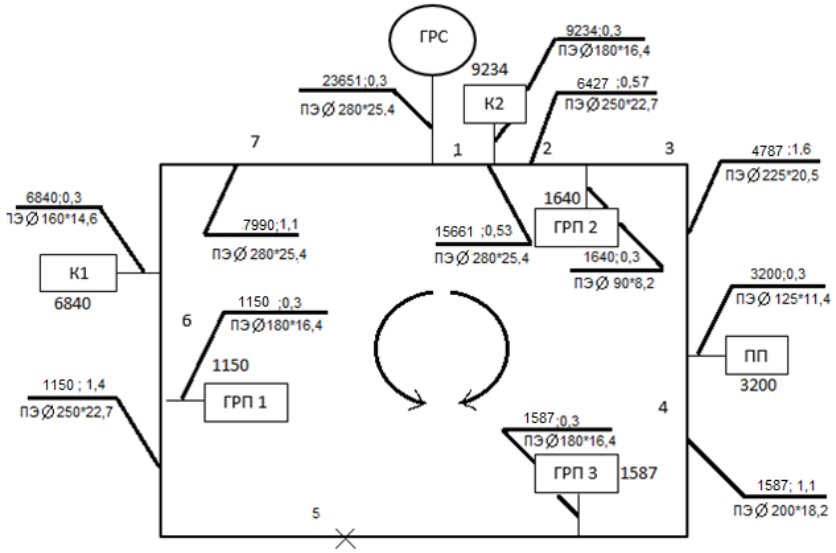


Рис. 11. Расчетная схема газопроводов среднего давления для нормального режима

Таблица 7

Расчет расходов газа в аварийном режиме

Наименование потребителя	Принятый Коб	Расход газа потребителями, $м^3/ч$	Расход газа в аварийном режиме, $м^3/ч$
РК 2	0,75	3792,0	2844,0
ПП	0,8	6600,0	5280,0
Б	0,85	639,6	543,7
ГРП 2	0,85	818,6	695,8
БПК	0,7	1152,1	806,5
КК	0,75	794,0	595,5

Наименование потребителя	Принятый *К*об	Расход газа потребителями, м^3/ч	Расход газа в аварийном режиме, м^3/ч
ГРП 4	0,85	670,5	569,9
ХЗ	0,7	305,6	213,9
РК 1	0,75	3226,5	2419,9
ГРП 3	0,85	748,7	636,4
ГРП 1	0,85	827,6	703,5
Суммарно		19 575,2	15 309,1

Давление газа перед наиболее удаленным от ГРС потребителем принимаем $P_к$ = 0,25 МПа (абс.). Тогда среднеквадратичный перепад давления $A_{ср}$ по формуле (2) равняется:

$$A_{ср} = \frac{0,7^2 - 0,25^2}{1,1 \cdot 8,6} = 0,0452 \text{ МПа}^2/\text{км}$$

Линии расхода $V_р^э$ = 10517 м^3/ч и среднеквадратичного перепада давления $A_{ср}$ = 0,0452 МПа^2/км пересекаются в точке, лежащей между диаметрами полиэтиленовых газопроводов 280 × 25,4 мм 225 × 20,5 мм (Приложение А, рис.1).

Такие диаметры участков газопроводов назначаем, выполняя гидравлический расчет, при этом больший диаметр принимаем на участках кольца, близлежащих к ГРС, а меньший – на участках, расположенных диаметрально противоположно точке питания газом (ГРС).

$$A_{ср} = \frac{0,372^2 - 0,25^2}{0,110} = 0,68 \text{ МПа}^2/\text{км}$$

Расчет сводим в табл. 8, в соответствующие графы которой записываем номера участков, фактические и расчетные длины участков, расходы газа. В аварийных режимах расходы газов потребителями определяем с учетом необходимой обеспеченности их газом по формуле (24). Расчетные расходы газа каждого участка находим суммированием расходов газа потребителями, начиная от последнего по направлению к ГРС.

Так на участках К1-7 и 6-7:

$$V_р = 6840 \times 0,725 = 4959 \text{ м}^3/\text{ч};$$

на участке 5-6:

$$V_р = 0,725 \cdot 6840 + 0,825 \cdot 1150 = 5907,75 \text{ м}^3/\text{ч};$$

на участке 4-5:

$$V_р = 0,725 \cdot 6840 + 0,825 \cdot 1150 + 0,825 \cdot 1587 = 7217,025 \text{ м}^3/\text{ч};$$

на участке 3-4:

$$V_р = 00,725 \cdot 6840 + 0,825 \cdot 1150 + 0,825 \cdot 1587 + 0,8 \cdot 3200 = 9777,025 \text{ м}^3/\text{ч}$$ и т. д.

По номограмме (рис.12) для принятого диаметра и известного расхода находим действительные значения среднеквадратичного перепада давления на 1 км газопровода (графа *6*). Поскольку плотность используемого

газа ($\rho_о$ = 0,8 кг/м^3) отличается от плотности стандартного газа ($\rho_{ост}$ = 0,73 кг/м^3), то в величину A вводим поправку на плотность по выражению (25) и записываем значения $A_ф$ в графу *7*.

Затем рассчитываем перепад давления на участке приизвестной расчетной длине последнего (графа *8*). Давление газа в начале первого участка $P_н$ = 0,7 МПа, давление в конце участка, т. е. в точке 1, определяем по формуле (26). Полученное давление $P_к$ на участке ГРС-1является начальным для последующего участка1-2; давление в конце участка 1-2 является начальным для участка 2-3 и т. д. Значения начального и конечного давления на участках записываем в графы *9* и *10*. Последним участком в рассматриваемом аварийном режиме является участок 7-К 1, диаметр которого принят 180 × 10,3 мм. Диаметры ответвлений принимают меньше диаметров участков кольцевой сети. Расчет для аварийного режима I следует считать правильным, если использован располагаемый перепад давления и величина давления в конце участка 11-РК 2 будет равна принятой. Допускается невязка ± 10 %. Невязка соблюдена (2,49%).

Аналогичным образом выполняется расчет сети для второго аварийного режима с направлением газового потока ГРС-1-7-6-5… -2-К 2.

Для расчета сети при нормальном (расчетном) режиме ее работы выбираем расчетные направления потоков газа от ГРС к потребителям из условия подачи газа к каждому из них по кратчайшему пути. В данном случае одно направление принято ГРС-1-2-3-4-ГРП 3, другое – ГРС-1-7-6-ГРП 1. **Участок 5** принимаем как **резервную перемычку**. Принимаем диаметры газопроводов – наибольшие из двух вариантов выполнения расчетов сети для аварийных режимов. Для расчетных (полных) расходов газа и принятых диаметров газопроводов определяем потери давления на участках расчетных направлений (по полукольцам) и величины давлений в точках врезки ответвлений (табл. 8).

Расчет ответвлений к сосредоточенным потребителям производим при расчетном гидравлическом режиме, по известным давлениям в точках врезки их в сеть при соответствующих расходах газа.

При небольшой длине ответвлений к потребителям величина среднеквадратичного перепада давления может превышать предельное значение A = 0,1 МПа^2/км (рис.12). Тогда по известному расходу $V_р$ и $A \leq 0,1$ принимаем минимально возможный для этого расхода диаметр ответвления. Например, для ответвления 4-ПП величина удельного среднеквадратичного перепада давления равняется:

$$A_{ср} = \frac{0,584^2 - 0,25^2}{1,1 \cdot 0,33} = 0,843 \text{ МПа}^2/\text{км}$$

Принимаем по номограмме минимально возможный диаметр ответвления 125 × 11,4 мм, находим для него действительную вели-чину A = 0,1 МПа^2/км и рассчитываем конечное давление перед ПП $P_к$ = 0,55 МПа (табл.8).

Таблица 8

Гидравлический расчет кольцевой сети высокого давления из полиэтиленовых труб. Первый аварийный режим.

Номер участка	Длина участка, км		Расчетный расход газа на участке Vp	Диаметр газопровода	Среднеквадратиное падение давления А, $МПа^2/км$	Фактическое падение давления Аф	Среднеквадратичные потери давления АфLp	Давление, МПа	
	$L_г$	$м^3/ч$						$Р_н$	Рк
Расчет главного направления									
ГРС-1	0,3	0,33	17824,675	280*25.4	0,044	0,048	0,016	0,7	0,688
1	0,53	0,583	17824,675	280*25.4	0,044	0,048	0,028	0,688	0,668
2	0,57	0,627	11130,025	250*22,7	0,051	0,056	0,035	0,668	0,641
3	1,6	1,76	9777,025	225*20,5	0,051	0,056	0,098	0,641	0,559
4	1,1	1,21	7217,025	200*18,2	0,04	0,044	0,053	0,559	0,509
5	2,8	3,08	5907,75	180*10,3	0,035	0,038	0,118	0,509	0,376
6	1,4	1,54	4959	180*10,3	0,04	0,044	0,067	0,376	0,272
К 1	0,3	0,33	4959	180*10,3	0,04	0,044	0,014	0,272	0,244
Невязка = (0,272-0,244)/0,272=2,29%									

Таблица 9

Гидравлический расчет кольцевой сети высокого давления из полиэтиленовых труб. Второй аварийный режим

Номер участка	Длина участка, км		Расчетный расход газа на участке Vp	Диаметр газопровода	Среднеквадратиное падение давления А, $МПа^2/км$	Фактическое падение давления Аф	Среднеквадратичные потери давления АфLp	Давление, МПа	
	$L_г$	$м^3/ч$						$Р_н$	Рк
Расчет главного направления									
ГРС-1	0,3	0,33	17824,675	280*25,4	0,044	0,048	0,016	0,7	0,688
7	1,1	1,21	17824,675	280*25,4	0,044	0,048	0,058	0,688	0,645
6	1,4	1,54	12865,675	250*22,7	0,043	0,047	0,073	0,645	0,586

Номер участка	Длина участка, км		Расчетный расход газа на участке Vp	Диаметр газопровода	Среднеквадратиное падение давления А, $МПа^2/км$	Фактическое падение давления Аф	Среднеквадратичные потери давления АфLp	Давление, МПа	
	$L_г$	$м^3/ч$						$Р_н$	Рк
5	2,8	3,08	11916,925	250*22,7	0,041	0,045	0,138	0,586	0,452
4	1,1	1,21	10607,65	225*20,5	0,039	0,043	0,052	0,452	0,391
3	1,6	1,76	8047,65	200*18,2	0,035	0,038	0,067	0,391	0,292
2	0,57	0,627	6694,65	180*16,4	0,0318	0,035	0,022	0,292	0,252
К 2	0,3	0,33	6694,65	180*16,4	0,0318	0,035	0,011	0,252	0,228
Невязка = (0,252-0,228)/0,252=8,52%									

Таблица 10

Гидравлический расчет кольцевой сети высокого давления из полиэтиленовых труб. Нормальный режим

Номер участка	Длина участка, км		Расчетный расход газа на участке Vp	Диаметр газопровода	Среднеквадратичное падение давления А, $МПа^2/км$	Фактическое падение давления Аф	Среднеквадратичные потери давления АфLp	Давление, МПа	
	$L_г$	$м^3/ч$						$Р_н$	Рк
Полукольцо ГРС-1-7-6-ГРП 1									
ГРС-1	0,3	0,33	23651	280*25,4	0,083	0,091	0,03	0,7	0,678
1	0,53	0,583	15661	280*25,4	0,035	0,038	0,022	0,678	0,661
2	0,57	0,627	6427	250*22,7	0,026	0,028	0,018	0,661	0,648
3	1,6	1,76	4787	225*20,5	0,041	0,045	0,079	0,648	0,584
4	1,1	1,21	1587	200*18,2	0,04	0,044	0,053	0,584	0,536
к ГРП-3	0,3	0,33	1587	180*16,4	0,1	0,11	0,036	0,536	0,501
Полукольцо ГРС-1-2-3-4-ГРП3									
ГРС - 1	0,3	0,33	23651	280*25,4	0,083	0,091	0,03	0,7	0,678
7	1,1	1,21	7990	280*25,4	0,04	0,044	0,053	0,678	0,638
6	1,4	1,54	1150	250*22,7	0,063	0,069	0,106	0,638	0,548
К ГРП-1	0,3	0,33	1150	180*16,4	0,1	0,11	0,036	0,548	0,514
Расчет ответвлений									
2-К2	0,3	0,33	9234	180*16,4	0,1	0,11	0,036	0,678	0,651
3-ГРП2	0,3	0,33	1640	90*8,2	0,1	0,11	0,036	0,648	0,619
4-ПП	0,3	0,33	3200	125*11,4	0,1	0,11	0,036	0,584	0,552
7-К1	0,3	0,33	6840	160*14,6	0,1	0,11	0,036	0,678	0,651

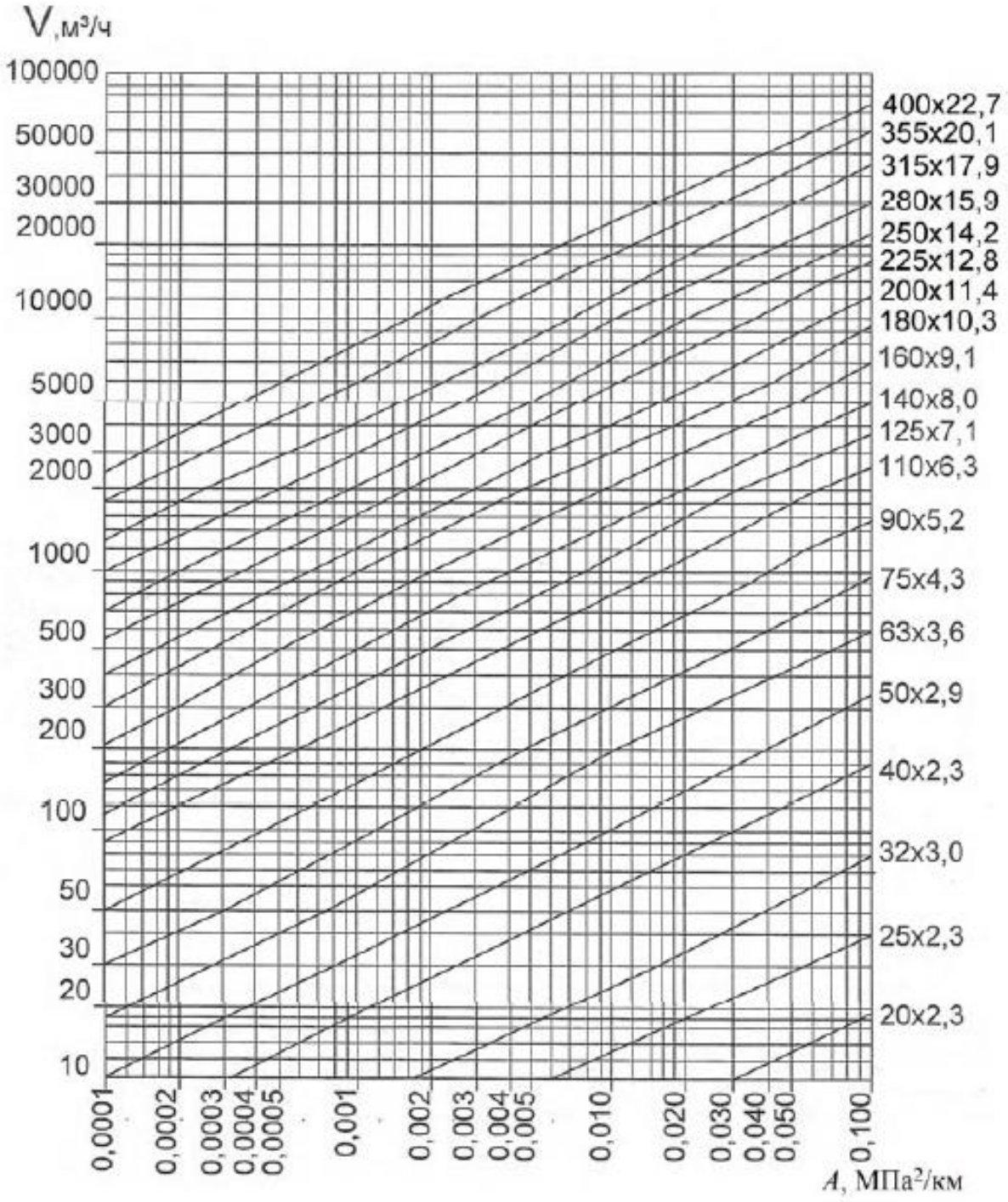


Рис. 11. Номограмма для определения потерь давления
в газопроводах среднего давления из полиэтиленовых труб

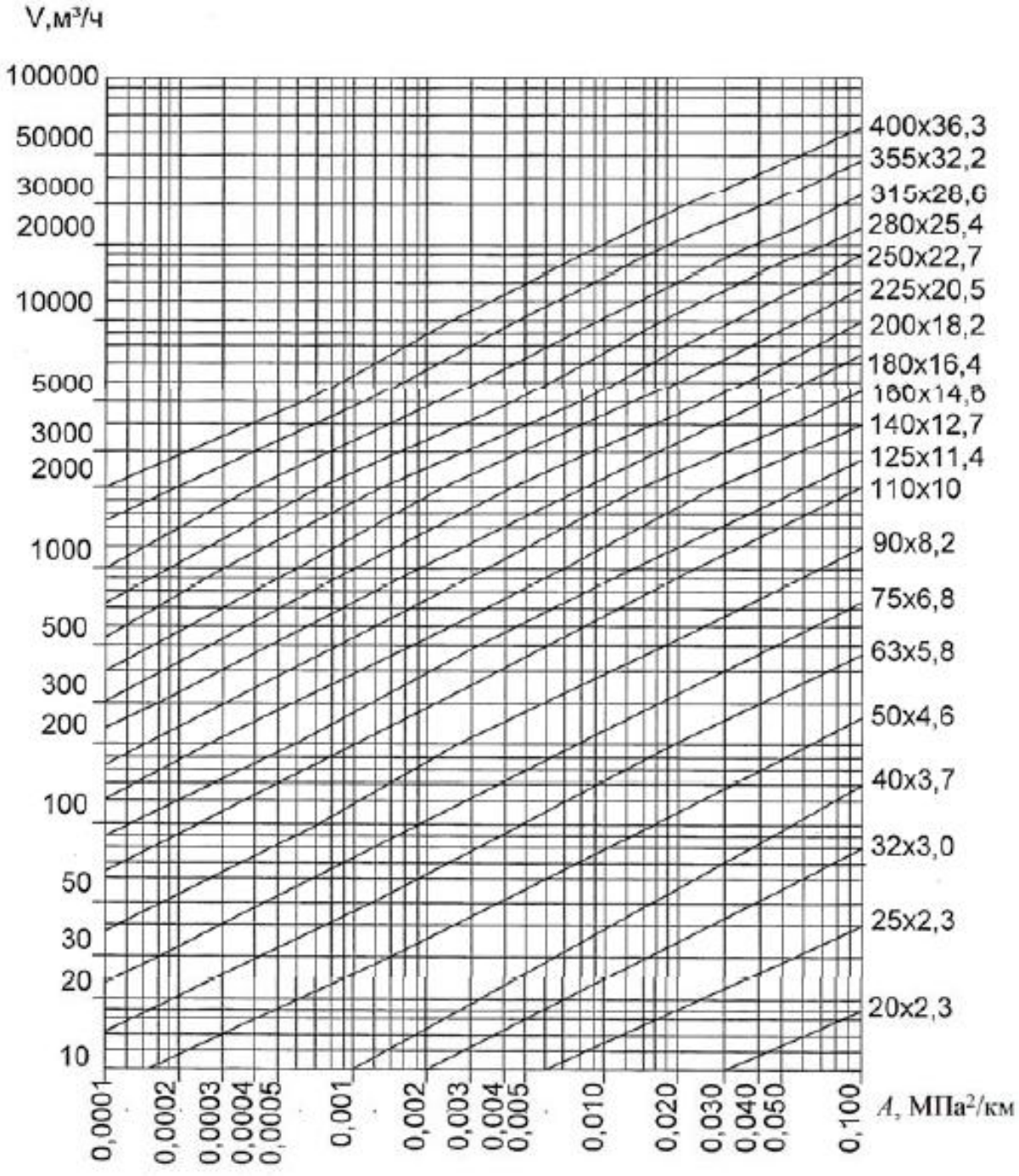


Рис. 12. Номограмма для определения потерь давления в газопроводах высокого давления из полиэтиленовых труб (SDR 11)

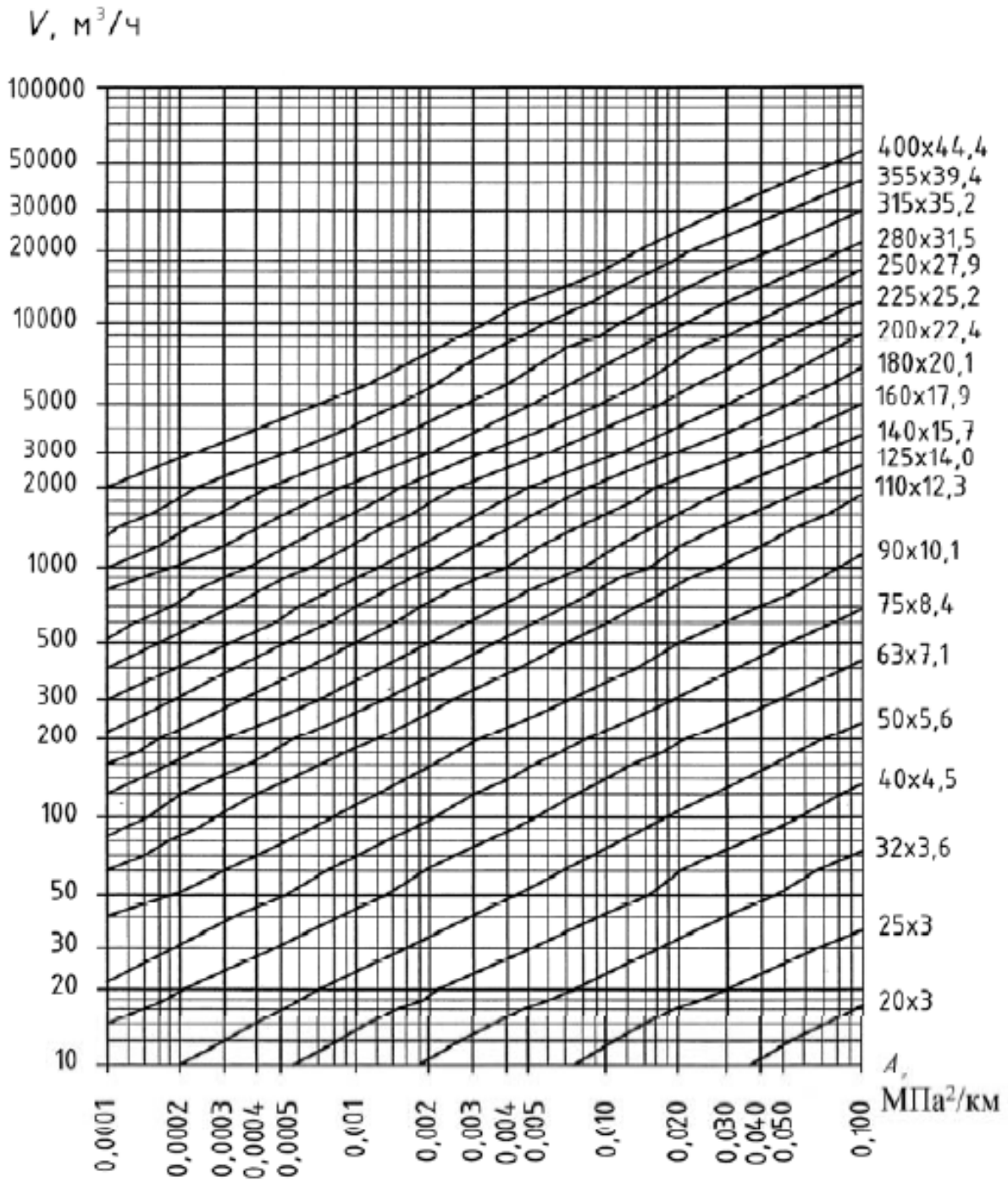
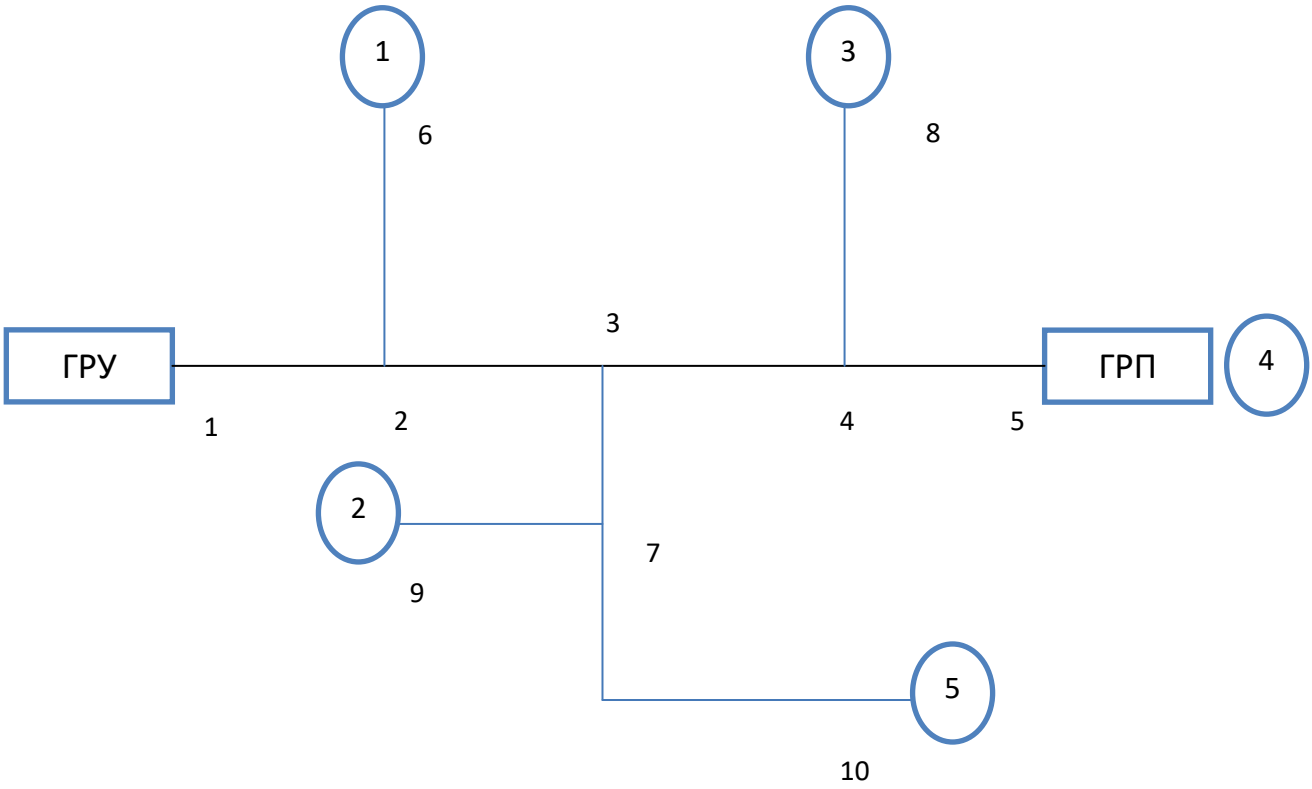


Рис. 13. Номограмма для определения потерь давления в газопроводах высокого давления из полиэтиленовых труб (SDR 9)

Задание к курсовой работе
Задание №1

Рассчитать тупиковую разветвленную сеть среднего давления для газоснабжения потребителей. Избыточное давление в начале сети $P_Н$ = 0,3 МПа, а перед ГРП потребителей не менее $P_К$ = 0,05 МПа (исходя из требований устойчивой работы ГРП).

Участок	Длина участка *l*, м									
	Последняя цифра зачетки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-2	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300
2-3	400	250	200	250	400	200	400	300	350	200
2-6	400	250	200	250	400	200	400	300	350	200
3-4	200	100	300	100	300	200	300	250	200	300
4-5	400	400	350	300	400	350	350	400	350	350
4-8	400	400	350	300	400	350	350	400	350	350
2-6	1000	1000	1000	2000	2000	100	2000	2000	2000	2000
3-7	200	200	400	200	200	300	400	300	300	200
7-9	300	200	250	300	400	250	450	250	350	350
7-10	200	250	250	250	200	350	250	200	350	200
№ потребителя	Расчетный расход *V*р, м^3/ч									
	Предпоследняя цифра зачетки									
1	200	400	350	400	800	700	600	1200	1050	350
2	300	200	400	600	400	800	900	600	1200	600
3	1800	1600	800	3600	3200	1600	5400	4800	2400	1800
4	1400	1200	1000	2800	2400	2000	4200	3600	3000	1000
5	600	300	400	1200	600	800	1800	900	1200	400



Задание №2

Рассчитать кольцевую систему газоснабжения высокого/среднего давления II категории из полиэтиленовых труб с абсолютной эквивалентной шероховатостью стенок труб kэ = 0,0007 см. Расчетные расходы газа, нумерация участков и их длины приведены на расчетныхсхемах. Давление газа после ГРС Рн = 0,7 МПа (абс.). Длина участков газопроводов к котельным и ГРП принять 300 м.

Используется природный газ с плотностью ρо = 0,80 кг/м3

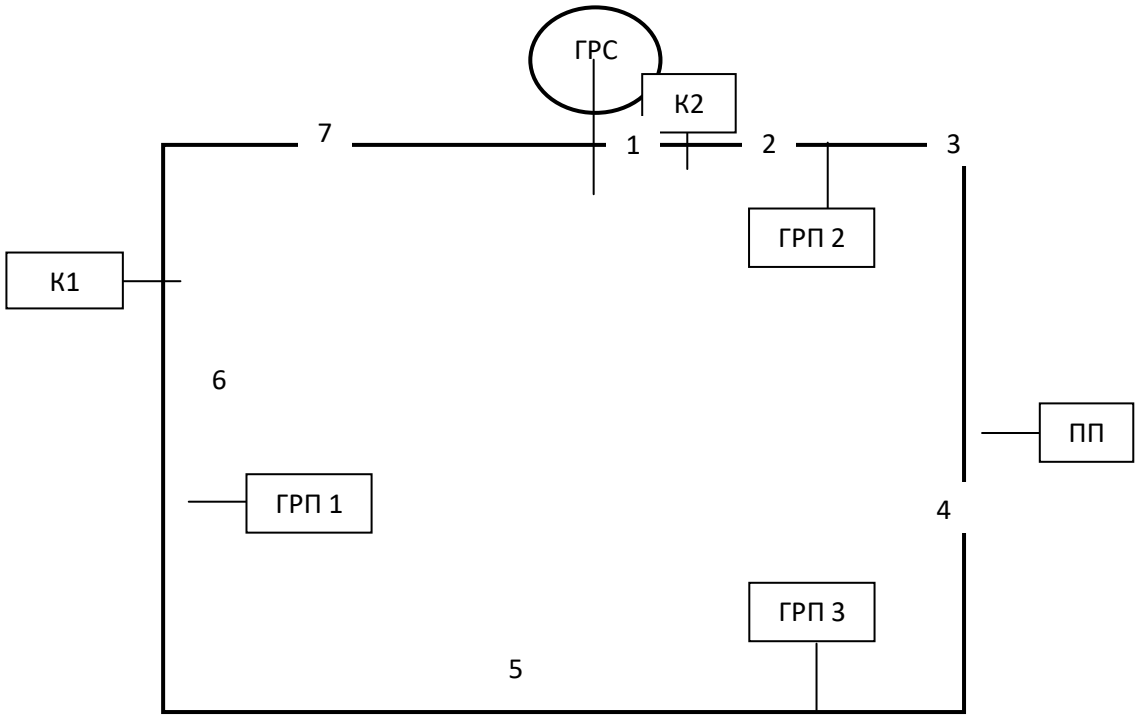


Рис.2. Расчетная схема газопровода

Наименование потребителя	Нагрузка потребителя м^3/час (по последней цифре зачетки)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Котельная 1	8811	7224	9234	4560	8200	9260	8634	6840	7200	5610
Котельная 2	9260	8634	6840	7200	5610	8811	7224	9234	4560	8200
ГРП 1	1147	2145	1587	2100	2208	1944	1560	1150	1200	1356
ГРП 2	1235	1200	1640	1840	1200	1235	1200	1640	1840	1200
ГРП 3	1944	1560	1150	1200	1356	1147	2145	1587	2100	2208
Промышленный потребитель	4900	5600	6200	7400	5200	6840	3900	3200	4600	5640

Номер участка	Длина (по предпоследней цифре зачетки)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	530	520	400	530	520	400	300	350	450	500
2	570	560	460	570	560	460	600	640	680	720
3	1600	1500	1400	1600	1500	1400	1600	1500	1400	1800

4	1100	900	1200	1100	900	1200	1200	800	700	800
5	2200	2600	2800	2800	2600	2200	1800	1600	1600	1900
6	1600	1800	1400	1400	1800	1600	1500	1700	2000	2300
7	1420	1200	1100	1100	1200	1420	1600	1400	1500	1800

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 42-101-2003 Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200032042
2. Артихович, В. В. Расчет газопроводов из полиэтиленовых труб : учебно-методическое пособие / В. В. Артихович, Е. А. Волчек, А. С. Шибеко. – Минск: БНТУ, 2019. – 115 с.
3. Комина, Г. П., Прошутинский, А. О. Гидравлический расчет и проектирование газопроводов: учебное пособие по дисциплине «Газоснабжение» / Г. П. Комина, А. О. Прошутинский; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 148 с.

Учебное издание

РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Методические указания к курсовой работе

Составитель
ТРЕТЬЯКОВА Полина Александровна

Ответственный редактор
О.А. Степанов, заведующий кафедрой ПТ

В авторской редакции

Подписано в печать 20.12.2020. Формат 60х90 1/16. Усл. печ. л. 2,75.
Тираж 30 экз. Заказ № 18-921.

Библиотечно-издательский комплекс
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Тюменский индустриальный университет».
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Типография библиотечно-издательского комплекса.
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52.