

Министерство образования и науки Республики Саха (Якутия)
ГБПОУ РС(Я) "Якутский коммунально-строительный техникум"

ГАЗОСНАБЖЕНИЕ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА

Методические указания к курсовому проекту
по дисциплине «МДК 02.01 Реализация проектирования систем
газораспределения и газопотребления с использованием компьютерных
технологий»

Составитель:
Константинова Т.И.

Якутск 2023 г.

Содержание

Введение	3
1. Общая часть	4
1.1. Определение численности населения	5
1.2. Расчет характеристики газообразного топлива	5
2. Определение расходов газа	7
2.1. Определение годового потребления газа	7
2.2. Потребление газа на отопление и горячее водоснабжение	9
2.3. Определение часового расхода газа	12
2.4. Определение удельных путевых расходов газа	13
3. Гидравлический расчет газопроводов	15
Заключение	17
Список использованной литературы	18

Введение

При большом разнообразии источников энергии в ближайшее столетие основным источником энергии будет органическое топливо. А из органического топлива основным является природный газ, большими запасами которого обладает наша страна. Поэтому теплоснабжение неслучайно объединено с газоснабжением.

Использование природного газа в качестве топлива позволяет значительно улучшить условия быта населения, повысить санитарно-гигиенический уровень производства и оздоровить воздушный бассейн. Производство теплоты и электроэнергии на основе природного газа обеспечивает децентрализованное, автономное тепло- и энергоснабжение небольших городов, сельских населенных пунктов и отдельных зданий, составляющее около 30 % всей производимой и потребляемой тепловой энергии.

Методические указания предназначены для студентов, выполняющих курсовой проект «Газоснабжение населенного пункта». Выполнение курсового проекта имеет цель: закрепить теоретический материал по основным вопросам курса МДК 02.01 Реализация проектирования систем газораспределения и газопотребления с использованием компьютерных технологий, приобрести навыки самостоятельной работы в области проектирования систем газоснабжения и опыт работы программными комплексами AutoCad, со справочной и специальной литературой.

В данном курсовом проекте необходимо разработать одноступенчатую систему распределения газа низкого давления. Рассматриваем систему газоснабжения квартала или населенного пункта. Задача данного курсового проекта: рассчитать надежное, бесперебойное газоснабжение населенного пункта.

К заданию на курсовой проект прилагаются: генплан проектируемого района; план расчетного квартала с указанием этажности.

В содержание проекта входят:

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

2. Графическая часть (объем 2 листа формата А3) должна включать: а) генплан проектируемого района города (М 1:500) с нанесением газопровода низкого давления; б) расчетные схемы газопроводов низкого давлений с указанием расходов, длин расчетных участков и диаметров; в) рабочий чертеж одного из узлов газопровода (элемента) газовой сети.

1. Общая часть

1.1. Определение численности населения

Расход газа на коммунально-бытовые и теплофикационные нужды города или поселка зависит от числа жителей. Если число жителей точно неизвестно, то приближенно вычисляем по плотности населения на один гектар газифицируемой территории по формуле:

$$N = n \cdot F, \quad \text{чел}$$

где n - плотность населения, чел/га;

F - площадь населения, га.

1.2. Определение низшей теплоты сгорания

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

$$Q_H^p = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{Hi}^p \cdot x_i}{100}, \quad \text{МДж/м}^3$$

где Q_{Hi}^p - низшая теплота сгорания горючих компонентов, входящих в смесь, в МДж/м³;

x_i - содержание горючего компонента в смеси в объемных долях.

Состав газообразного топлива принимается в соответствии с характеристикой источника газоснабжения в зависимости от месторождения.

Таблица 1. Теплота сгорания чистых горючих газов

Компонент газа	Плотность компонента, кг/м ³	Низшая теплота сгорания, МДж/м ³
Метан	0,7168	35,84
Этан	1,3566	63,73
Пропан	2,019	93,37
Бутан	2,703	123,77
Изобутан	2,668	121,84
Оксид углерода	1,25	12,64
Сероводород	1,5392	23,49

Плотность газа, при нормальных условиях (при $t_0=0^\circ\text{C}$ и $P_0=101,3$ кПа) можно определить по формуле:

$$\rho_0^p = \sum_{i=1}^n \rho_i \cdot x_i, \quad \text{кг/м}^3$$

где ρ_i - плотность компонента, входящего в смесь, кг/м^3 .

2. Определение расходов газа

Для бесперебойного обеспечения всех потребителей природным газом необходимо определить годовые и расчетные расходы газа на все виды потребления.

Годовые расходы газа используются для планирования количества газа, которое необходимо доставить проектируемому населенному пункту, а расчетные (максимально-часовые) – для определения диаметров газопроводов.

Годовые и расчетные расходы газа потребителями можно определить несколькими способами:

- 1) на основании данных проектов газоснабжения;
- 2) по номинальным расходам газа газовыми приборами;
- 3) по теплопроизводительности установок;
- 4) по нормам годового расхода потребителями;
- 5) по укрупненным показателям.

Для нужд отопления, вентиляции и горячего водоснабжения расход газа определяется по строительному объему отапливаемых и вентилируемых зданий (по укрупненным показателям).

В данном курсовом проекте расчет годовых и расчетных (максимально-часовых) расходов газа ведем по нормам годового расхода потребителями.

2.1. Определение годового потребления газа

Годовое потребление газа городом, районом города является основой при составлении проекта газоснабжения. Определение расхода газа по

годовым нормам применяется для равномерно распределенных потребителей, когда количество устанавливаемых приборов неизвестно. Расчет годового потребления производят по нормам на конец расчетного периода с учетом перспективы развития городских потребителей газа. Все виды потребления газа в населенном пункте можно условно разделить на следующие группы:

- 1) бытовое потребление (потребление газа в квартирах);
- 2) потребление в коммунальных и общественных предприятиях;
- 3) потребление на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение;
- 4) промышленное потребление.

Годовой расход газа на бытовые и коммунальные нужды населения зависят, в основном, от числа жителей и уровня благоустройства.

Годовой расход газа потребителями определяется по формуле:

$$V_{год} = \frac{q_{норм} \cdot N_i}{Q_H^p}, \quad \text{м}^3/\text{год},$$

где $q_{норм}$ - норма расхода газа на одну расчетную единицу, принимается из приложения 1, МДж/год;

N_i - количество расчетных единиц потребления (зависит от потребителей газа);

Q_H^p - низшая теплота сгорания газа, МДж/м³.

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

При определении количества промывок нужно исходить из расчета, что каждый человек моется один раз в неделю (52 помывки в год).

Количество расчетных единиц на общественное питание необходимо определять из условия, что столовые посещают 15% населения. При этом

считается, что каждый человек потребляет в день один обед и один ужин (завтрак).

При расходе газа в больницах следует учитывать, что их общая вместимость определяется из расчета 5 коек на 1000 человек, поэтому общее число коек в больницах будет равно 0,005 *N*.

Расчет ведется в табличной форме, с определением количества расчетных единиц для каждого потребителя (таблица 2). В данной таблице указан пример бытовых потребителей, коммунальных и общественных потребителей данные необходимо брать из ваших исходных данных

Таблица 2. Годовой расход газа кварталом

№ п/п	Потребление газа	Кол-во единиц на 1000 чел	Норма расхода газа		Расход газа, м ³ /год	
			МДж/год	м ³ /год	на 1000 чел	на квартал
1	2	3	4	5	6	7
Бытовое потребление газа						
1	Приготовление пищи, с ЦГВ					
2	Приготовление пищи при наличии водонагревателя					
3	Приготовление пищи и ГВ при наличии плиты					
					Итого:	
Коммунальные и общественные предприятия						
1	Бани					
2	Столовые					
3	Больницы (число коек на 1000 жителей)					
					Итого:	

Примечания:

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

2.2. Потребление газа на отопление и горячее водоснабжение

2.2.1 Определение расхода газа на отопление

Расход газа на отопление вычисляем по формуле:

$$V_{от} = \frac{Q_{\max}^o \cdot 3,6}{Q_H^p \cdot \eta}, \quad \text{м}^3/\text{ч}$$

$$Q_{\max}^o = q_0 \cdot A \cdot (1 + K_1), \quad \text{Вт}$$

где Q_{\max}^o - максимальный тепловой поток на отопление жилых и общественных зданий;

q_0 - укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление жилых зданий на 1 м² общей площади, принимается для жилых зданий с новыми типовыми проектами с этажностью 1-2 при расчетной температуре наружного воздуха ниже 50°С равной 207 Вт/м²;

A - площадь жилых помещений;

K_1 - коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий (при отсутствии данных принимаем $K_1=0,25$).

2.2.2. Определение расхода газа на вентиляцию

Расход газа на вентиляцию вычисляем по формуле:

$$B_g = \frac{Q_{\max}^v \cdot 3,6}{Q_H^p \cdot \eta}, \quad \text{м}^3/\text{ч}$$

$$Q_{\max}^v = q_0 \cdot A \cdot K_1 \cdot K_2, \quad \text{Вт}$$

где Q_{\max}^v - максимальный тепловой поток на вентиляцию жилых и общественных зданий;

K_1 - коэффициент, учитывающий тепловой поток жилых зданий, принимаем равным 1;

K_2 - коэффициент, учитывающий тепловой поток на вентиляцию общественных зданий, принимаем равным 0,5;

A - площадь общественных зданий.

2.2.3 Определение расхода газа на горячее водоснабжение (ГВС)

Расход газа на ГВС вычисляем по формуле:

$$B_{ГВС} = \frac{Q_{\max}^h \cdot 3,6}{Q_H^p \cdot \eta}, \quad \text{м}^3/\text{ч}$$

$$Q_{\max}^h = 2,4 \cdot Q_{hm}, \quad \text{Вт}$$

$$Q_{hm} = 1,2 \cdot N \cdot (a + v) \cdot (55 - t_c) / 24 \cdot 3,6, \quad \text{Вт}$$

где a - норма расхода воды на ГВС при температуре 55°C на 1 человека в сутки, проживающего в здании с ГВС, равная 120 л/сут;

v - норма расхода воды на ГВС, потребляемой в общественных зданиях при температуре 55°C, принимают 25 л/сут;

t_c - температура холодного водопровода воды в отопительный период, принять равным 5°C.

2.3. Определение расчетного часового расхода

Городские системы газоснабжения не имеют аккумулирующих ёмкостей, расположенных у потребителей, а самих газовых сетей очень мала. Для каждой ступени давления она составляет 3...4 % максимально часовой их пропускной способности, следствием этого является жесткая связь, существующая между подачей газа в город и расходом его потребителями. Отсюда, чтобы система нормально функционировала, часовая подача газа в городскую сеть должна строго соответствовать потреблению. Если потребление окажется меньше подачи, сети не примут лишний газ; если же оно будет больше подачи, тогда начнет падать давление газа в сетях и будет нарушено нормальное газоснабжение.

Максимально часовые расходы газа для всех городских газопроводов всех давлений и назначений определяют по годовым расходам и коэффициентам неравномерности потребления:

$$Q_{\text{ч}}^{\max} = k_{\max}^{\text{ч}} \cdot Q_{\text{год.быт}}, \quad \text{м}^3/\text{ч}$$

где $Q_{\text{ч}}^{\max}$ - максимальный часовой расчетный расход газа;

$k_{\max}^{\text{ч}}$ - коэффициент часового максимума, определяется в зависимости от населения принимается из приложения 2.

Если бы потребление газа в течение года было равномерным и равным максимальному часовому расходу, тогда весь годовой расход потребители бы

в t часов, которое равно числу часов использования максимума. Величину, обратную t , называют коэффициентом часового максимума:

$$k_m = \frac{1}{t}$$

Результаты расчетов часового расхода сводим в таблицу 3.

Таблица 3. Расчетные часовые расходы газа

№ п/п	Потребление газа	Охват населения	Коэф-т часового максимума	Годовой расход газа, м ³ /год	Часовой расход газа, м ³ /ч
1	2	3	4	5	6
1	Бытовые потребители				
2	Бани				
3	Столовые				
4	Больницы (число коек на 1000 жителей)				
	Итого:				
1	Отопление				
2	Вентиляция				
3	ГВС				
	Итого:				

3 Выбор и обоснование системы газоснабжения

Системы газоснабжения представляют собой сложный комплекс сооружений. На выбор системы газоснабжения города оказывает влияние ряд факторов. Это прежде всего: размер газифицируемой территории, особенности ее планировки, плотность населения, число и характер потребителей газа, наличие естественных и искусственных препятствий для прокладки газопроводов (рек, дамб, оврагов, железнодорожных путей, подземных сооружений и т.п.). При проектировании системы газоснабжения разрабатывают ряд вариантов и производят их технико-экономическое сравнение. Для строительства применяют наивыгоднейший вариант.

В зависимости от максимального давления газа городские газопроводы разделяют на следующие группы:

- * высокого давления 1 категории с давлением от 0,6 до 1,2 МПа;
- * среднего давления от 5 кПа до 0.3 МПа;
- * низкого давления до 5 кПа;

Газопроводы высокого и среднего давления служат для питания городских распределительных сетей среднего и низкого давления. По ним идет основная масса газа ко всем потребителям города. Эти газопроводы являются основными артериями, питающими город газом. Их выполняют в виде колец, полу колец или лучей. Газ в газопроводы высокого и среднего давления подается от газораспределительных станций (ГРС).

Современные системы городских газовых сетей имеют иерархическую систему построения, которая увязывается с приведённой выше классификацией газопроводов по давлению. Верхний уровень составляют газопроводы высокого давления первой и второй категории, нижний газопроводы низкого давления. Давление газа при переходе с высокого уровня на более низкий постепенно снижается. Это осуществляется с помощью регуляторов давления, установленных на ГРП.

По числу ступеней давления, применяемых в городских газовых сетях, они подразделяются на:

- * двухступенчатые, состоящие из сетей высокого или среднего давления и низкого давления;
- * трёхступенчатые, включающие газопроводы высокого, среднего и низкого давления;
- * многоступенчатые, в которых газ подаётся по газопроводам высокого (1 и 2 категорий) давления, среднего и низкого давления.

Выбор системы газоснабжения в городе зависит от характера потребителей газа, которым нужен газ соответствующего давления, а также от протяженности и нагрузки газопроводов. Чем разнообразнее потребители

газа и чем большую протяженность и нагрузку имеют газопроводы, тем сложнее будет система газоснабжения.

В большинстве случаев для городов с населением до 500 тысяч человек наиболее экономически целесообразной является двухступенчатая система. Для больших городов с населением более 1000000 человек и наличием крупных предприятий предпочтительной является трёх или многоступенчатая системы.

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

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

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

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

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

4. Определение расчетных расходов газа на участках сети

Для определения удельных путевых расходов весь район газоснабжения разделяем на отдельные зоны, находим с помощью пропорции количество населения и расход газа на каждом контуре.

Удельный путевой расход газа определяется по формуле:

$$q_i = \frac{\sum Q_i}{\sum L_i}, \quad \text{м}^3/\text{ч}$$

где $\sum Q_i$ - расчетный расход равномерно распределенными потребителями микрорайона, м³/ч;

$\sum L_i$ - суммарная длина участков питающего контура микрорайона, м.

Полученные результаты сводим в таблицу.

Таблица 4. Удельные путевые расходы газа

№ зон	Площадь, га	Кол-во жителей, чел	Расход газа, м ³ /ч	Длина контура, м	Удельный путевой расход, м ³ /(ч м)
1					
2					
...					
		Σ		-	-

После трассировки систему разбивают на участки. Для всех участков вычисляются расходы газа.

Определение путевого расхода газа на участках:

$$Q_n = l_{уч} \cdot \sum q_i, \quad \text{м}^3/\text{ч}$$

где $l_{уч}$ - действительная длина участка, м;

$\sum q_i$ - сумма удельных путевых расходов смежных микрорайонов, получающих газ с данного участка.

Определение эквивалентного расхода газа:

$$Q_{эkv} = 0,55 \cdot Q_n, \quad \text{м}^3/\text{ч}$$

Таблица 5. Расходы газа

Расчетный участок	Длина участка, м	Удельный расход газа, м ³ /(ч м)	Расход газа, м ³ /ч			
			Q_n	$0,55 \cdot Q_n$	Q_{mp}	$Q_{расч}$

Определение транзитного расхода газа присоединяемых участков:

$$Q_{mp} = \sum (Q_m + Q_n), \quad \text{м}^3/\text{ч}$$

Расчет транзитных расходов ведется от точки встречи против движения газа к точкам питания сети. При расчете должно выполняться условие: сумма расходов, присоединяющих к любому узлу, равна сумме расходов, уходящих от этого узла.

Определение расчетного расхода газа на участке:

$$Q_{расч} = Q_{mp} + Q_{эkv}, \quad \text{м}^3/\text{ч}$$

5. Гидравлический расчет газопроводов

Основной целью гидравлического расчета является определение оптимальных диаметров газопровода с поддержанием заданного перепада давления в газовой сети низкого давления.

По известным расходам газа на участках сети и средним удельным потерям давления, пользуясь номограммой для расчета сетей низкого давления, подбираются диаметры труб на участках и в таблицу расчета проставляются фактические удельные потери давления. Расчетные потери давления составляют 1000 Па, учитывая потери на местные сопротивления, т.е. 10 %, линейные потери составят 900 Па.

Гидравлический расчет газопроводов низкого давления производится для одного расчетного ГРП. По номограмме приложению 3 подбирают диаметр и потери давления. Результаты расчета сводятся в таблицу 6.

Таблица 6. Гидравлический расчет газопроводов

Расчетный участок	Длина участка l , м	Распределение расходов			
		Расчетный расход газа $Q_{расч}$, м ³ /ч	Диаметр $D \times s$, мм	Потери напора	
				$\Delta P / l$, Па	ΔP , Па

Невязка определяется по формуле:

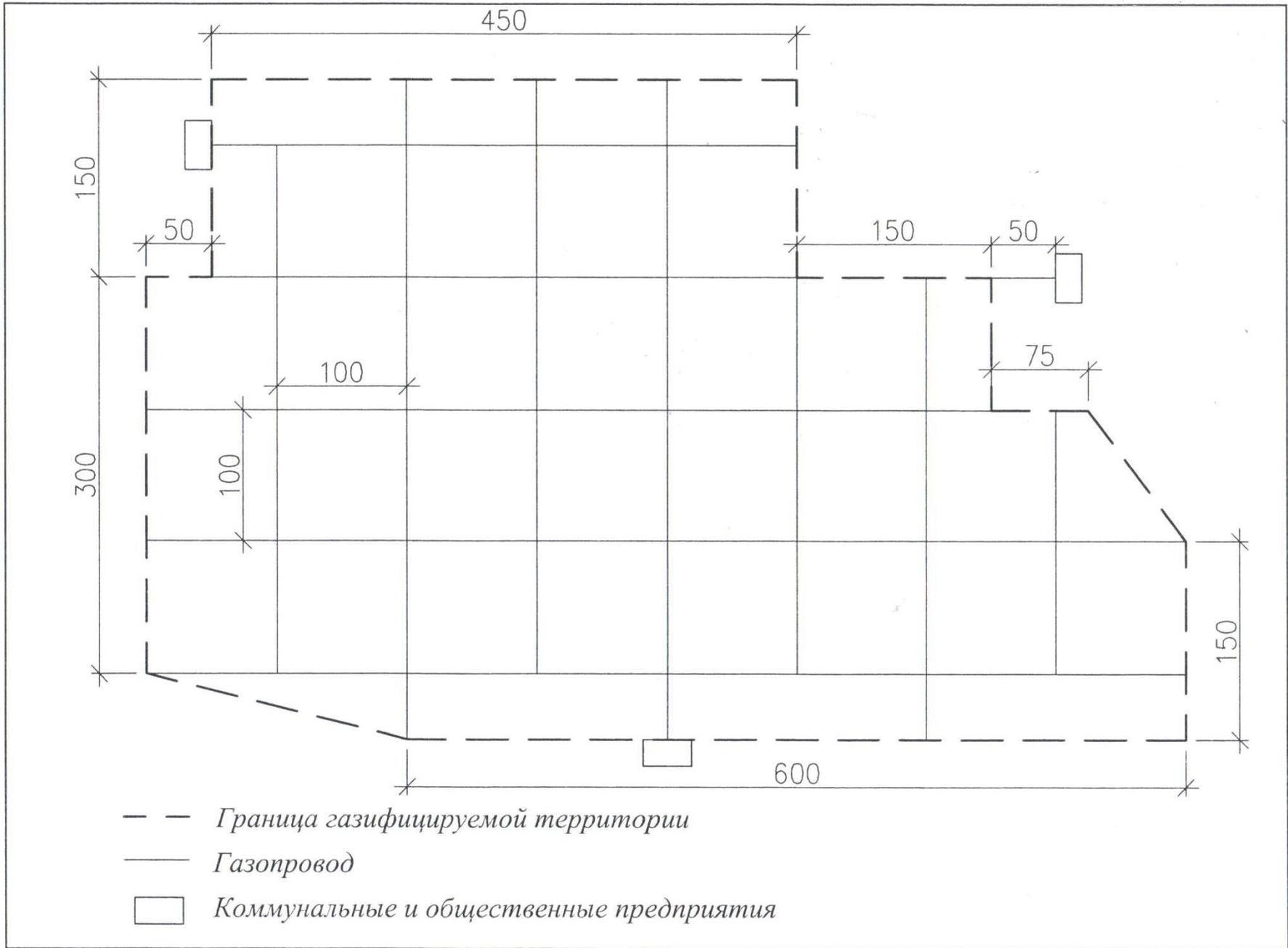
$$\frac{(\Delta P_{пр.ч} - \Delta P_p)}{\Delta P_{пр.ч}} \cdot 100\% \leq 10\%$$

Если в результате расчета невязка не превышает 10%, таким образом, дальнейшую увязку можно не производить.

Исходные данные

Характеристика потребителей газа

Исходные данные	Вариант							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Плотность населения, чел/га	420	250	280	300	320	350	380	400
Бытовое потребление газа, %								
1. Приготовление пищи, с ЦГВ	30	35	40	45	50	30	35	40
2. Приготовление пищи при наличии водонагревателя	40	45	35	35	40	50	45	35
3. Приготовление пищи и ГВ при наличии плиты	30	20	25	20	10	20	20	25
4. Стирка белья в домашних условиях с использованием стиральной машины	50	50	50	50	50	50	50	50
Коммунальные и общественные предприятия								
1. Бани, %	30	30	40	40	45	50	50	55
2. Столовые, %	35	30	30	25	25	20	20	15
3. Больницы (число коек на 1000 жителей), шт	8	7	7	6	8	7	6	5
Расчетная отопительная температура, °С	По данным населенных пунктов							
Давление газа потребителя, кПа	5	5	5	5	4	4	4	4



ПРИЛОЖЕНИЕ 1

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

Потребители газа	Показатель потребления газа	Норма расхода теплоты, МДж (тыс. ккал)
1. Жилые дома		
При наличии в квартире газовой плиты и централизованного ГВС при газоснабжении: - природным газом; - сжиженным газом	на 1 чел. в год	2800 (660)
	то же	2540(610)
При наличии в квартире газовой плиты и газового водонагревателя (централизованное ГВС отсутствует) при газоснабжении: - природным газом; - сжиженным газом	тоже	8000(1900)
	тоже	7300 (1750)
При наличии в квартире газовой плиты и отсутствии централизованного ГВС и газового водонагревателя при газоснабжении: —природным газом; - сжиженным газом	тоже	4600 (1 100)
	то же	4240(1050)
2. Предприятия бытового обслуживания		
Фабрики-прачечные: на стирку белья в немеханизированных прачечных с сушильными шкафами; — на стирку белья в механизированных прачечных; - на стирку белья в механизированных прачечных, включая сушку и глажение	на 1 т сухого белья	12600(3000)
	тоже	8800(2100)
	тоже	18800(4500)
Бани: - мытье без ванн; - мытье в ваннах	на 1 помывку	40(9,5)
	тоже	50(12,0)
3. Предприятия общественного питания		
Столовые, рестораны, кафе: - на приготовление обедов (вне зависимости от пропускной способности предприятия); - на приготовление завтраков и ужинов	на 1 обед	4,2(1,0)
	на 1 завтрак (ужин)	2,1 (0,5)
4. Учреждения здравоохранения		
Больницы, родильные дома: - на приготовление пищи; - на приготовления горячей воды для хозяйственно-бытовых нужд и лечебных процедур (без стирки белья)	на 1 койку в год	3200 (760)
	тоже	9200 (2200)
5. Предприятия по производству хлебобулочных и кондитерских изделий		
Хлебозаводы, комбинаты, пекарни: - на выпечку хлеба формового; - на выпечку хлеба подового, батонов, булок; - на выпечку кондитерских изделий (тортов, пирожных, печенья и т. п.)	на 1 т изделий	2500 (600)
	тоже	5450(1300)
	то же	7750(1850)

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

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

Число жителей, снабжаемых газом, тыс. чел.	Коэффициент часового максимума расхода газа (без отопления), Кт
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

Значения коэффициентов часового максимума расхода газа для коммунально-бытовых предприятий

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

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

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

