

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Соловьев Дмитрий Александрович
Должность: ректор ФГБОУ ВО Вавиловский университет
Дата подписания: 09.06.2026 13:18:35
Уникальный программный ключ:
528682d78e671e566ab07f01fe1ba2172f735a12

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и
инженерии имени Н.И. Вавилова»

Методические указания по выполнению курсовых проектов
по дисциплине «Топливоснабжение и топливное хозяйство»

Направление подготовки:
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки:
Энергообеспечение предприятий

Квалификация выпускника:
Бакалавр

Методические указания по выполнению курсовых проектов по дисциплине «Топливоснабжение и топливное хозяйство» для направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника / Сост.: И.Н. Попов // ФГБОУ ВО Вавиловский университет – Саратов, 2026. – 35 с.

Курсовой проект направлен на формирование у студентов навыков по принятию технических решений при проектировании систем топливоснабжения и организации топливного хозяйства промышленных предприятий и котельных ЖКХ.

Методические указания содержат методики расчета расхода топлива; гидравлического расчета газовых сетей; методиками расчета и выбора оборудования топливного хозяйства, и предусматривает выполнение расчета топливопотребления; расчет газовых сетей и выбор оборудования газового хозяйства котельной.

ВВЕДЕНИЕ

Для закрепления знаний теоретических основ топливоснабжения, практического их применения и приобретения навыков пользования ГОСТами, СНиПами, справочниками, учебной и научной литературой в разрезе дисциплины «Топливоснабжение и топливное хозяйство» предусмотрен курсовой проект.

В объеме курсового проекта студенты выполняют расчет газопотребления населенного пункта и производственных объектов, выбирают и обосновывают схему газоснабжения, производят гидравлический расчет газовой сети высокого (среднего) давления, расчет и подбор оборудования газорегуляторной установки по результатам которых производят построение схемы газопроводной сети, разрабатывают схему газопроводов котельной и газорегуляторной установки.

Методические указания содержат методики расчета расхода топлива; гидравлического расчета газовых сетей; методики расчета и выбора оборудования топливного хозяйства, и предусматривает выполнение расчета топливопотребления; расчет газовых сетей, выбор оборудования и составление принципиальных гидравлических схем. Приводятся правила оформления расчетно-пояснительной записки и графической части курсового проекта.

1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Текстовый материал пояснительной записки выполняется машинописным способом в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-2001 ЕСКД «Общие требования к текстовым документам» на одной стороне листа формата А4 (210×297 мм) с рамкой и основной надписью в соответствии с ГОСТ 2.104-2006 по форме 2 (40 × 185 мм) для заглавного листа и по форме 2а (15 × 185 мм) – для последующих листов. Шрифт машинописи в компьютерном наборе «Times New Roman», начертание «обычный», размер «14», междустрочный интервал «полуторный».

При оформлении текста пояснительной записки от рамки формы текстового документа до границ текста следует оставлять: в начале строк не менее 5 мм, в конце строк не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до рамки формы должно быть не менее 10 мм. Каждый абзац начинают, отступая 12,5 мм от левой границы текста.

Каждый раздел работы должен начинаться с новой страницы. Подразделы следуют друг за другом без вынесения последующего на новую страницу, за исключением случая, когда подраздел начинается внизу страницы, а после заголовка на странице остается менее двух-четырех строк основного текста. В структуру пояснительной записки могут быть введены пункты и подпункты. Каждый подраздел должен отступать от предыдущего текста на 15 мм. Расстояния между заголовком раздела и последующим заголовком подраздела должно составлять 10 мм.

Разделы должны иметь сквозную нумерацию в пределах всей записки и обозначаться арабскими цифрами без точки. Исключения составляют разделы «Содержание», «Введение», «Заключение», «Список литературы» и «Приложения», которые не нумеруются. Если документ имеет подразделы, то нумерация подразделов должна быть в пределах раздела, а нумерация пункта должна состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точками. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Все листы записки должны быть последовательно пронумерованы проставлением номера в соответствующую графу основной надписи каждого листа. Нумерация листов должна быть сквозной от титульного листа до последнего.

Графическая часть курсового проекта состоит из 2 листов формата А1, А2, с основной надписью по форме 3 (55× 185 мм) для строительной документации (по СПДС) на которых представляются план населенного пункта с нанесением сети газоснабжения и схема внутреннего газопровода котельной, в соответствии с заданием руководителя.

2 ПЛАН И КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГЛАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект выполняется на тему «Проектирование газоснабжения промышленного микрорайона с разработкой цеховых газопроводов» и состоит из текстовой и графической частей.

Пояснительная записка курсового проекта содержит:

- Титульный лист
- Задание
- Содержание
- Введение
- Расчетная часть
- Заключение
- Список литературы

Титульный лист является первым листом пояснительной записки и включает наименование министерства, университета, факультета и кафедры, наименование дисциплины и темы курсового проекта, подписи студента и преподавателя, с указанием даты.

Задание на выполнение курсового проекта выдается каждому студенту в соответствии с индивидуальным номером варианта. Форма задания заполняется преподавателем и утверждается заведующим кафедрой.

3 ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Задачи проектирования

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 сосредоточенные потребители: ГРП, котельную, производственное предприятие.

3.1 Определение расходов газа

3.1.1 Характеристики газообразного топлива

Теплота сгорания (низшая) сухого газообразного топлива (газа) определяется по формуле, МДж/м³

$$Q_H^P = \sum_{i=1}^n Q_{Hi}^P \cdot x_i, \quad (1)$$

где Q_{Hi}^P – низшая теплота сгорания горючих компонентов, входящих в смесь, МДж/м³;
 x_i – содержание горючего компонента в смеси в объемных долях.

Состав газообразного топлива принимается в соответствии с характеристикой источника газоснабжения (таблица прил. В) указанной в задании. Параметры газа заносятся в таблицу 1.

Таблица 1 – Характеристика газа

Компонент газа	Количество компонента, в % по объему	Плотность компонента, кг/м ³	Низшая теплота сгорания, МДж/м ³
CH ₄		0,7168	33,37
C ₂ H ₆		1,3566	59,39
C ₃ H ₈		2,019	84,94
C ₄ H ₁₀		2,703	110,5
C ₅ H ₁₂		3,221	136,0
CO ₂		1,9768	-
N ₂		1,2505	-

Плотность газа (расчетной смеси газов), кг/м³, при нормальных условиях (при $t_0 = 0^\circ\text{C}$ и $P_0 = 101,3$ кПа) можно определить по формуле

$$\rho_0^P = \sum_{i=1}^n \rho_i \cdot x_i, \quad (2)$$

где ρ_i – плотность компонента, входящего в смесь, кг/м³.

При определении фактического расхода газа низшая теплота сгорания принимается в соответствии с полученной по формуле (1) теплотой сгорания газообразного топлива.

3.1.2 Расчет потребления газа по зонам застройки

Способ определения расхода газа по годовым нормам применяется для равномерно распределенных потребителей, когда количество устанавливаемых приборов неизвестно.

Годовое потребление газа подсчитывается для определенных объектов, а затем суммируется по группам. Условно принято выделять такие группы:

- расход газа населением;
- расход газа предприятиями коммунального хозяйства;
- расход газа на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение жилых и общественных зданий, центральной отопительной котельной;
- расход газа промышленностью.

Годовой расход газа потребителями, м³/год, определяется по формуле

$$Q_{\text{год}} = \frac{q_{\text{норм}} \cdot N_i}{Q_H^P}, \quad (3)$$

где $q_{\text{норм}}$ – норма расхода теплоты на одну расчетную единицу, МДж, которую следует принимать по [8] или по приложению Д;

N_i – количество расчетных единиц (зависит от вида потребителей газа);

Q_H^P – низшая теплота сгорания газа, МДж/м³.

Расчет ведется в табличной форме, с определением количества расчетных единиц для каждого потребителя (таблица 2).

Таблица 2 – Годовой расход газа на хозяйственные и коммунально-бытовые нужды

Наименование потребителя	Расчетная единица потребления	Количество расчетных единиц	Норма расхода тепла q , МДж/год	Годовой расход газа Q , м ³ /год
Жилые кварталы				
Квартал №1	На 1 чел. в год	$N = N_k$	4100 / / 10000 / / 6000 (прил. Д)	
...				
Предприятиями коммунального хозяйства				
Предприятия общественного питания	На 1 обед, завтрак	$N = i_{\text{оп}} \cdot N_{\text{нас}}$	4,2 2,1	
Больницы / поликлиники	На 1 койку (1 посетитель) в год	$N = i_{\text{бл}} \cdot N_{\text{нас}}$	9200 3200	
Бани	На 1 помывку	$N = i_{\text{бн}} \cdot N_{\text{нас}}$	40	
Хлебозавод	На 1 тонну изделия	$N = i_{\text{хл}} \cdot N_{\text{нас}}$	5450	

При определении расчетного числа единиц практикой установлено:

- число расчетных единиц на приготовление пищи и горячей воды в домашних условиях принимают равным количеству жителей, проживающих в рассматриваемом квартале или зоне застройки;
- при определении количества помывок можно исходить из расчета, что каждый человек моется один раз в неделю (52 помывки в год). При этом 20 - 50% общей численности населения моется в банях;
- количество расчетных единиц на общественное питание необходимо определять из условия, что столовые и рестораны посещают 25 - 30% всего населения. При этом считается, что каждый человек потребляет в день один обед и один ужин (завтрак);
- число расчетных единиц (коек) в больницах следует принимать равным 12 на 1000 человек, а число расчетных единиц (посещений) в поликлиниках - 26 на 1000 жителей;
- расчет расхода газа для хлебозаводов и пекарен следует производить из условия, что объем суточной выпечки на 1000 жителей составляет 0,6 - 0,8 тонн;

Нормы годового расхода тепла на хозяйственно-бытовые и коммунальные нужды приведены в ГОСТ Р 51617. Годовой расход газа на бытовые нужды определяют по численности населения и нормам газопотребления на одного человека в год на приготовление пищи при наличии в квартире централизованного горячего водоснабжения, наличия и отсутствия водонагревателя (таблицы прил. Д).

3.1.4 Режимы потребления газа и определение расчетных расходов газа

Все потребители – бытовые, коммунальные общественные и промышленные – потребляют газ неравномерно. Потребление газа изменяется по месяцам года, дням недели, календарным дням, а так же по часам суток.

Неравномерность расходования газа отдельными категориями потребителей определяются рядом факторов: климатические условия, уклад жизни населения, режимом работы предприятий и учреждений, характеристикой газооборудования зданий и промышленных цехов.

Система газоснабжения населенных пунктов должна рассчитываться на максимальный часовой расход газа.

Максимальный расчетный часовой расход газа $Q_p^ч$ на хозяйственно-бытовые и коммунальные нужды для каждой зоны застройки следует определить как долю годового расхода по формуле

$$Q_p^ч = K_{\max}^ч \cdot Q_{\text{год}}, \quad (4)$$

где $K_{\max}^ч$ – коэффициент часового максимума (коэффициент перехода от годового расхода к максимальному часовому расходу газа).

Коэффициент часового максимума расхода газа следует принимать дифференцированно по каждой обособленной зоне газоснабжения, снабжаемой от одного источника. Значение коэффициента для бытовых и коммунально-бытовых потребителей определяется по [8] или по приложению Д в зависимости от численности населения.

Значения коэффициента часового максимума расхода газа на хозяйственно-бытовые нужды в зависимости от численности населения, снабжаемого газом, приведены в таблице Д.2; для бань, прачечных, предприятий общественного питания и предприятий по производству хлеба и кондитерских изделий - в таблице Д.3.

Результаты расчетов часового расхода газа сводятся в таблицу 3.

Для отдельных зданий с автономным теплоснабжением расчетный часовой расход газа, следует определять по сумме номинальных расходов газа газовыми приборами с учетом коэффициента одновременности их действия по формуле

$$Q_p^u = \sum_{i=1}^m K_o \cdot b_{ном} \cdot n_i, \quad (5)$$

где K_o - коэффициент одновременности;

$b_{ном}$ - номинальный расход газа прибором или группой приборов, м³/ч, принимаемый по паспортным данным или техническим характеристикам приборов;

n_i - число однотипных приборов или групп приборов;

m - число типов приборов или групп приборов.

Выделяются следующие группы однотипных приборов: плиты варочные, водонагреватели проточные газовые, индивидуальные отопительные котлы, характеристики которых принимаются по данным заводов изготовителей.

Расчетный часовой расход газа различными промышленными установками также может быть определен по удельным расходам условного топлива, т. е. по расходу условного топлива (кг) на единицу нагреваемого материала (кг, т или шт.).

$$Q_v^u = \frac{7000 \cdot G \cdot b_{уд}^{ysl}}{Q_H^P}, \quad (6)$$

где G – количество нагреваемого материала, кг/ч (шт./ч);

$b_{уд}^{ysl}$ – удельный расход условного топлива, кг/кг (кг/шт.).

Расчетный часовой расход газа отопительной котельной определяют по формуле

$$Q_K^u = \frac{3600 \cdot Q_{уст}^{тепл}}{Q_H^P \cdot \eta_{КА}}, \quad (7)$$

где $Q_{уст}^{тепл}$ - установленная тепловая мощность котельной, МВт;

$\eta_{КА}$ - КПД котельных агрегатов.

Результаты расчетов часового расхода газа сводятся в таблицу 3.

Таблица 3 – Расчетные часовые расходы газа на бытовые и коммунальные нужды

Наименование потребителя	Годовой расход газа Q , м ³ /год	Коэффициент часового максимума	Расчетный часовой расход газа м ³ /ч	Примечание
1. Кварталы				
№ квартала				
...				
...				
...				
2. Коммунальные и общественные предприятия:				
Предприятия общественного питания				
Больницы				
Бани				

3. Крупные коммунальные предприятия				
Хлебозавод				
Пром. предприятия				
Отопительные котельные				
Объекты потребляющие газ низкого давления				
Объекты потребляющие газ высокого (среднего) давления				
Итого				

Примечание: В столбце «Примечание» указывается категория давления газа соответствующего потребителя (газ низкого, высокого (среднего) давления).

3.2 Сети газоснабжения

3.2.1 Выбор и обоснование системы газоснабжения

Для газоснабжения населенных пунктов применяются одно-, двух-, трех- и многоступенчатые системы газоснабжения. Городские системы газоснабжения присоединяются к магистральным газопроводам через ГРС. Связь между газопроводами различных давлений осуществляется через ГРП.

Выбор схемы газоснабжения производится исходя из следующих соображений: чем больше давление газа в газопроводе, тем меньше его диаметр и стоимость, но усложняется прокладка сети – необходимо выдерживать большие разрывы до зданий, 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.

Для курсового проектирования принимается двухступенчатая система газоснабжения, в которой газ от ГРС по сети высокого (среднего) давления подается к ГРП и крупным потребителям, а от ГРП по сети низкого давления распределяется по территории населенного пункта.

При известном расчетном расходе газообразного топлива населенным пунктом определяется количество ГРП, исходя из оптимальной производительности ГРП ($Q_{онм} = 1500...2000 \text{ м}^3/\text{ч}$) по формуле

$$n_{ГРП} = \frac{\sum Q_p^ч}{Q_{онм}}, \quad (8)$$

где $n_{ГРП}$ - количество ГРП, шт.;

$\sum Q_p^ч$ - расчетный часовой расход газа населенного пункта, $\text{м}^3/\text{ч}$.

После определения количества ГРП намечают их месторасположение на генплане, устанавливая их в центре газифицируемой площади на территории кварталов. Расчетная производительность каждого из ГРП определяется суммированием расчетных расходов газа всех потребителей вошедших в зону обслуживания данного ГРП.

3.2.2 Трассировка сети высокого (среднего) давления и определение расчетных расходов на участках сети

На генплане населенного пункта намечают прокладку газопроводов высокого или среднего давления.

К газопроводу высокого (среднего) давления присоединяются все крупные потребители: промышленные предприятия, районные или квартальные котельные и газорегуляторные пункты (ГРП).

Газопровод высокого (среднего) давления разбивается на расчетные участки, начиная от ГРС в направлении наиболее удаленного потребителя.

В расчетно-пояснительной записке приводится схема сети высокого (среднего) давления (без масштаба) с нумерацией расчетных участков от ГРС до конечных потребителей (ГРП) и указанием расчетных расходов газа и длины на каждом из участков сети (рисунок 1).

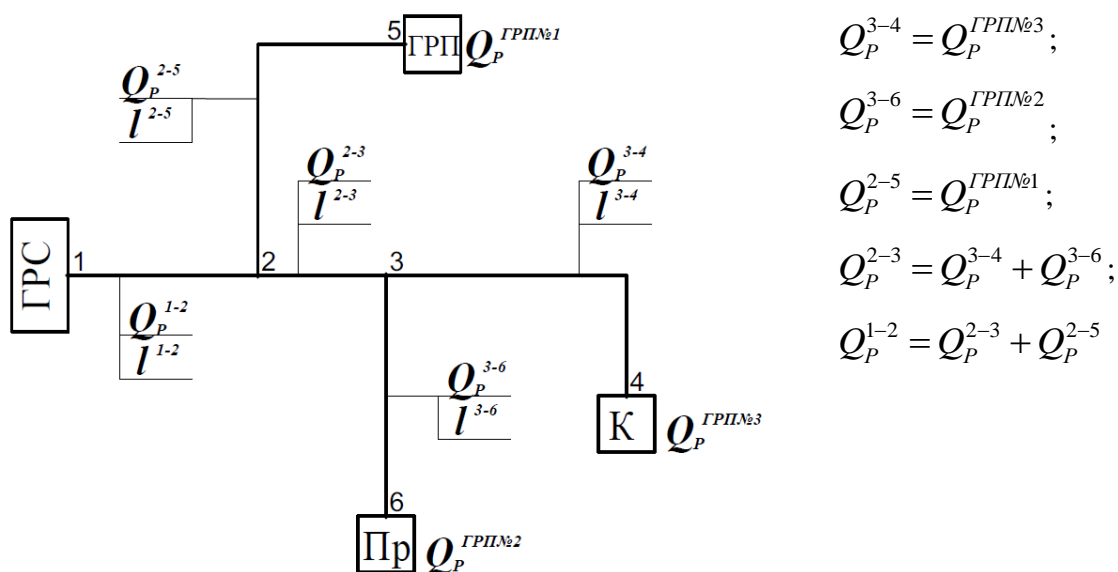


Рисунок 1 – Схема трассировки газовой сети высокого (среднего) давления (пример)

Расчетный расход газа на каждом из участков, определяется сложением расчетных расходов каждого из потребителей высокого (среднего) давления (ГРП), начиная с конечного участка сети.

Результаты расчетов расхода газа на участках сети сводятся в таблицу 4.

Таблица 4 – Расход газа на участках сети высокого (среднего) давления

Номер участка	Длина участка l , м	Расход газа на участке $Q_{p,i}$, м ³ /ч
1-2		
2-3		
3-4		
2-5		
3-6		

3.3 Гидравлический расчет газопроводов

3.3.1 Определение потерь давления в сети

Гидравлические режимы работы распределительных газопроводов должны приниматься из условий создания (при ΔP макс. доп.) системы, обеспечивающей устойчивость работы всех ГРП, и других потребителей в допустимых пределах давления газа. В зависимости от категории потребителя давление газа во внутренних газопроводах и перед газоиспользующим оборудованием должно соответствовать давлению, необходимому для устойчивой работы этого оборудования, указанному в паспортах предприятий-изготовителей, но не должно превышать значений, приведенных в таблице Ж.1, Ж.2.

Значения расчетной потери давления газа при проектировании газопроводов всех давлений для промышленных, сельскохозяйственных и бытовых предприятий и организаций коммунально-бытового обслуживания принимаются в зависимости от давления газа в месте подключения с учетом технических характеристик принимаемого к установке газового оборудования, устройств автоматики безопасности и автоматики регулирования технологического режима тепловых агрегатов.

Падение давления на участке газовой сети среднего и высокого давлений определяется зависимостью

$$P_n^2 - P_k^2 = \frac{10^3 \cdot P_0}{0,81\pi^2} \cdot \lambda \cdot \frac{Q^2}{d^5} \cdot \rho_0 \cdot l_p = 12,687 \cdot \lambda \cdot \frac{Q^2}{d^5} \cdot \rho_0 \cdot l_p, \quad (9)$$

где P_n – абсолютное давление в начале газопровода, МПа;

P_k – абсолютное давление в конце газопровода, МПа;

P_0 – нормальное атмосферное давление 0,101325 МПа;

λ – коэффициент гидравлического трения;

l_p – расчетная длина газопровода постоянного диаметра, м;

d – внутренний диаметр газопровода, мм;

ρ_0 – плотность газа при нормальных условиях, кг/м³;

Q – расход газа, м³/ч, при нормальных условиях.

Начальное давление определяется режимом работы ГРС или ГРП, а конечное давление характеристиками ГРП нижней ступени или крупным потребителем.

При выполнении гидравлического расчета газопроводов расчетный внутренний диаметр газопровода предварительно определяется по формуле, мм

$$d_p = 10 \cdot \sqrt[m']{\frac{a \cdot b \cdot \rho_0^P \cdot Q_p^m}{\Delta P_{y\delta}}}, \quad (10)$$

где Q_p – расчетный расход газа, м³/ч;

a, b, m, m' – коэффициенты, в зависимости от категории сети (по давлению) и материала газопровода (определяемые по таблицам И.1, И.2 или [8]);

ρ_0^P – плотность природного газа при нормальных условиях (0°C и 0,101 МПа, т.е. 760 мм рт. ст.), определенная для газа заданного состава по формуле (2);

$\Delta P_{y\delta}$ – удельные потери давления, (МПа/м - для сетей среднего и высокого давления), определяются по формуле

$$\Delta P_{y\partial} = \frac{\Delta P_{\partial on}}{1,1L}, \quad (11)$$

где $\Delta P_{\partial on}$ – допустимые потери давления, МПа;
 L – расстояние до самой удаленной точки сети, м.

Начальное давление P_H определяется режимом работы ГРС, а конечное давление характеристиками ГРП или газовых приборов потребителей. Давление газа P_K у последнего потребителя должно быть не ниже минимально допустимого предела.

Выбирают наиболее удалённые точки разветвлённых газопроводов и определяют общую длину L по выбранным основным направлениям. Расчетная длина газопровода, определяется путем увеличения фактической длины расчетного участка трубопровода на 5 – 10 %, для учета местных сопротивлений в газопроводе, т.е. $L_p = (1,05 \div 1,10) L$.

Определяются удельные потери давления на основном направлении $\Delta P_{y\partial}$ по формуле (11), где $\Delta P_{\partial on} = P_H - P_K$.

Каждое направление рассчитывается отдельно.

3.3.2 Расчёт разветвлённых распределительных газопроводов высокого (среднего) давления

Расчёт газопроводов высокого (среднего) давления сводится к определению необходимых диаметров и к проверке заданных перепадов давления.

Расчёт ведется в следующем порядке:

1. По формуле (10) определяются расчетные диаметры газопровода на участках.
2. Диаметры труб газопровода на участках выбирают, округляя их по ГОСТу в большую сторону, т.е. в сторону меньших перепадов давлений на участке (таблица И.3).

Ориентировочно диаметр на участках можно определять по величинам Q_{pi} и A_{cp} (вычисленной по формуле (17)) по номограммам приложения [8].

3. Определяем режим движения газа на участках газопровода, по формуле (12) для числа Рейнольдса

$$Re = \frac{10 \cdot Q_p}{9\pi \cdot d_y \cdot \nu}, \quad (12)$$

и гидравлической гладкости внутренней стенки газопровода, определяемой по условию

$$Re \cdot \left(\frac{n}{d_y} \right) < 23, \quad (13)$$

где ν - коэффициент кинематической вязкости газа, м²/с, при нормальных условиях для природного газа в среднем составляет $14 \cdot 10^{-6} \dots 15 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

n – эквивалентная абсолютная шероховатость внутренней поверхности стенки трубы, принимаемая равной для новых стальных - 0,001 мм, для полиэтиленовых - 0,00007 мм.

4. Рассчитываем коэффициент гидравлического трения λ по одной из формул:
- для ламинарного режима движения газа, $Re \leq 2000$

$$\lambda = \frac{64}{Re}; \quad (14)$$

- для критического режима движения газа, $Re = 2000-4000$

$$\lambda = 0,0025 Re^{0,333}; \quad (15)$$

- для турбулентного режима движения газа, $Re > 4000$ - в зависимости от выполнения условия (15)

- для гидравлически гладкой стенки (неравенство (13) *справедливо*):

при $4000 < Re < 100000$ по формуле $\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}};$ (16)

при $Re > 100000$ по формуле $\lambda = \frac{1}{(1,82 \cdot \lg Re - 1,64)^2};$ (17)

- для шероховатых стенок (неравенство (13) *несправедливо*)

при $Re > 4000$ по формуле $\lambda = 0,11 \left(\frac{n}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}.$ (18)

5. В системах газоснабжения используется правило постоянного перепада давления на единицу длины газопровода, для сети высокого (среднего) давления выражаемое комплексным числом

$$A_{cp} = \frac{(P_n^2 - P_k^2)}{L}. \quad (19)$$

На каждом из участков основного направления по принятым стандартным диаметрам d_y газопровода определяется действительное значение комплексного числа

$$A_d = 12,687 \cdot \lambda_i \cdot \frac{Q_{Pi}^2}{d_{yi}^5} \cdot \rho_0^P \quad (20)$$

6. Определяем конечное значение давления на каждом из участков газопровода P_k по формуле

$$P_k = \sqrt{P_n^2 - A_d \cdot l_p} \quad (21)$$

Конечное давление газа для данного участка газопровода равно начальному давлению газа следующего участка.

Определяют давления, начиная с начала газопровода, т.к. начальное давление ГРС или ГРП известно. Если давление у конечных потребителей P_k значительно больше заданного (более 10 %), то уменьшают диаметры конечных участков основного направления.

7. После определения давлений по данному основному направлению проводят гидравлический расчёт газопроводов-отводов по той же методике, начиная со второго пункта. При этом за начальное давление принимают давление в точке отбора, а конечным – давление перед потребителем.

Результаты расчетов приводятся в виде таблицы 5. Сначала ведется расчет по основному направлению разветвлённого газопровода, затем расчет газопроводов-отводов.

Таблица 6 – Гидравлический расчет тупиковой сети высокого (среднего) давления

Номер участка	l_D , м	l_P , м	$Q_{p.i}$, м ³ /ч	d_y , мм	Re	λ	A_∂	$A_\partial l_p$	P_n , МПа	P_k , МПа
Основной газопровод ($A_{cp} = \dots$ МПа ² /м)										
1-2										
2-3										
3-4										
...										
Газопроводы-отводы										
2-5										
3-6										
...										

Примечание: Номера участков в таблице приведены в соответствии со схемой, представленной на рисунке 1.

3.4 Системы газоснабжения промышленных предприятий и котельных

Промышленные системы газоснабжения состоят из следующих элементов:

- 1) вводов газопроводов на территорию предприятия;
- 2) регуляторных пунктов (ГРП) и установок (ГРУ);
- 3) пунктов измерения расхода газа;
- 4) межцеховых газопроводов;
- 5) внутрицеховых газопроводов;
- 6) обвязочных газопроводов агрегатов, использующих газ.

Газ от распределительных сетей поступает в промышленные сети предприятия через ответвления и ввод. На вводе устанавливают главное отключающее устройство, которое следует размещать вне территории предприятия в доступном и удобном для обслуживания месте, максимально близко к распределительному газопроводу, но не ближе 2 м от линии застройки или стены здания. Для газоснабжения промышленных предприятий проектируют тупиковую разветвленную сеть с одним вводом. Только для крупных предприятий, не допускающих перерыва в газоснабжении, применяют кольцевые схемы сетей с одним или несколькими вводами.

Некоторые схемы промышленных систем предусматривают проектирование центрального ГРП, который снижает и регулирует давление газа в межцеховых газопроводах. В этом случае в них устанавливают и пункты измерения расхода газа. В межцеховых газопроводах, как правило, поддерживают среднее давление и только у мелких потребителей – низкое.

Транспортирование газа от ввода к цехам осуществляется по межцеховым газопроводам, которые могут быть подземными и надземными. На вводе газопровода в цех снаружи или внутри здания устанавливают отключающее устройство. Внутрицеховые газопроводы прокладывают по стенам и колоннам в виде тупиковых линий. На ответвлениях к агрегатам устанавливают главные отключающие устройства.

Газопроводы промышленных предприятий и котельных оборудуют специальными продувочными трубопроводами с запорными устройствами. Отводы к продувочным трубопроводам предусматривают от последних участков внутрицеховых газопроводов и от каждого газопровода агрегата перед последним по ходу газа отключающим устройством.

Давление во внутрицеховых газопроводах определяется давлением газа перед горелками. При установке перед агрегатами регуляторов давления газа давление во внутрицеховых газопроводах может существенно превосходить необходимое давление перед горелками. Основное отличие принципиальных схем промышленных систем газоснабжения заключается в принятых давлениях газа в межцеховых газопроводах, газопроводах перед горелками агрегатов, а также в расположении газорегуляторных пунктов, установок и наличии регуляторов давления перед агрегатами.

3.4.1 Расчет внутреннего газопровода котельной

Расчет газопровода котельной начинается с составления схемы внутрицеховых газопроводов и обвязочных газопроводов агрегатов в соответствии с количеством и расположением котельных агрегатов в котельной (рисунок 2). После запорного крана на общем подводящем газопроводе в котельной следует предусматривать прибор для измерения расхода газа с обеспечением измерения как номинального, так и малого (до 30 % номинального) расходов. До и после измерительного прибора устанавливают запорные краны. Далее газ подается в разводящий коллектор котельной, на отводах которого к каждому котлоагрегату следует предусматривать быстродействующий запорный (отсечной) клапан, прекращающий подачу газа к горелкам в течение не более 3 с.

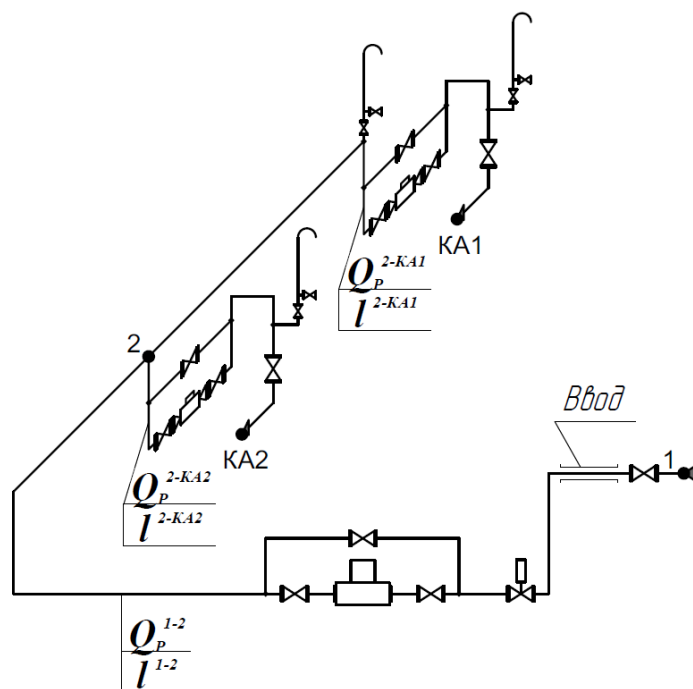


Рисунок 2 – Схема внутрицехового газопровода котельной

Перед каждой горелкой следует предусматривать установку последовательно двух запорных устройств. Первое по ходу газа запорное устройство должно иметь электрический привод, второе - электрический или ручной привод. Между этими

запорными устройствами следует предусматривать продувочный газопровод (свеча безопасности) с установкой на нем запорного устройства.

Схема газопровода разбивается на участки, проставляются точки, начиная от узла ввода до последнего по ходу движения газа котлоагрегата. Измеряется фактическая длина каждого участка газопровода. Определяются расчетные расходы газа на участках газопровода.

Расчетный расход газа котельным агрегатом, м³/ч, определяется по формуле

$$Q_{КА}^ч = \frac{3600 \cdot Q_{ном}^{тепл}}{Q_H^P \cdot \eta_{КА}}, \quad (22)$$

где $Q_{ном}^{тепл}$ - номинальная тепловая мощность котлоагрегата, МВт;

$\eta_{КА}$ - КПД котельного агрегата.

При выполнении гидравлического расчета внутренних газопроводов с учетом степени шума, создаваемого движением газа, следует принимать скорости движения газа не более 7 м/с для газопроводов низкого давления, 15 м/с для газопроводов среднего давления, 25 м/с для газопроводов высокого давления [8].

Предварительно диаметр участков, мм, внутреннего газопровода можно определить по формуле

$$d_p = 18,8 \sqrt{\frac{Q_p}{w} \cdot \frac{P_0}{P_p^{abc}}}, \quad (23)$$

где Q_p – расчетный расход газа, м³/ч;

w – скорость движения газа в газопроводе, м/с;

P_0 – давление газа при нормальных условиях (барометрическое (атмосферное) давление ($P_0 = 0,101$ МПа);

P_p – расчетное избыточное давление газа, газоиспользующего оборудования, МПа;

Индекс «abc» означает, что давление – абсолютное, т. е. $P_p^{abc} = P_p + P_0$, определенное с учетом атмосферного.

Диаметры газопровода на участках принимаются из стандартного ряда диаметров трубопроводов d_v (см. приложение И), с округлением в большую сторону.

3.4.2 Подбор оборудования ГРУ (ГРП)

Оборудование газорегуляторных пунктов состоит из следующих основных узлов и элементов: фильтра газового, узла регулирования давления газа с предохранительно-запорным клапаном, обводного газопровода (байпаса), предохранительного сбросного клапана, импульсного, сбросного и продувочного трубопроводов, комплекта контрольно-измерительных приборов, по отдельному заказу оборудуется узлом учета расхода газа.

На рисунке 3 показана принципиальная схема ГРП.

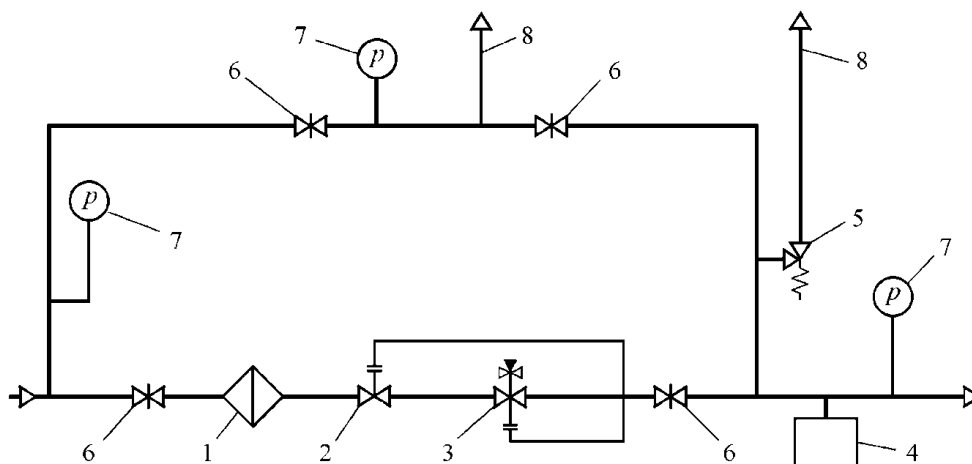


Рисунок 3 – Принципиальная схема ГРУ:

1 – газовый фильтр; 2 – предохранительно-запорный клапан (ПЗК); 3 – регулятор давления; 4 – газовый счетчик; 5 – предохранительно-сбросной клапан (ПСК); 6 - задвижка; 7 – манометр, 8 – газовая свеча

Газ высокого или среднего давления входит в ГРП и поступает в узел регулирования, в котором оборудование по ходу движения газа располагают в такой последовательности: отключающее устройство; фильтр для очистки газа от механических примесей и пыли; предохранительный запорный клапан для отключения подачи газа потребителям при недопустимом повышении или понижении давления после регулятора; регулятор давления для снижения давления газа и поддержания его постоянным после себя; отключающее устройство.

Все оборудование ГРУ подбирается по давлению газа перед соответствующим аппаратом и по его пропускной способности Q_{max} , которая должна обеспечивать проход требуемого количества газа $Q_{расч}^{ГРП}$.

Расчетная схема для подбора оборудования ГРУ представлена на рисунке 4.

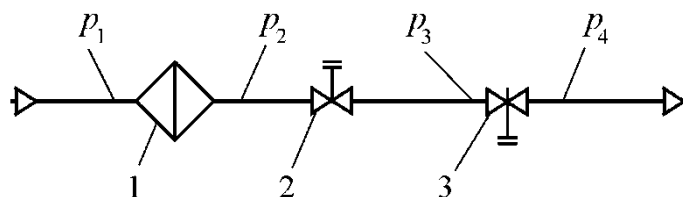


Рисунок 4 – Расчетная схема для подбора оборудования ГРУ:

1- газовый фильтр, 2-ПЗК, 3-регулятор давления

Давление газа на входе в ГРП (ГРУ) P_1 и расчетный расход газа $Q_{расч}^{ГРП}$ принимается из расчета сети среднего (высокого) давления.

Пропускная способность ГРП (ГРУ) определится по выражению

$$Q_{max} = 1,2 \cdot Q_{расч}^{ГРП}, \quad (24)$$

Подбор оборудования следует начинать с подбора газового фильтра.

Газовый фильтр предназначен для очистки транспортируемого по газопроводам газа от пыли, ржавчины и других механических примесей, которые приводят к преждевременному износу газопроводов, запорной и регулирующей арматуры,

нарушают работу контрольно-измерительных и регулирующих приборов.

Необходимая степень очистки фильтром газового потока обеспечивается при ограниченных скоростях газа, определяемых максимально допустимым перепадом давления ΔP_ϕ на фильтрующем элементе.

Выбор фильтра следует производить по [4] или по приложению К.

Если Q_{max} и P_1 , отличаются от табличных (приведенных при $\rho_0 = 0,73 \text{ кг/м}^3$) для выбранного фильтра, то его пропускная способность определится по формуле

$$Q_\phi = Q_{\text{таб}} \sqrt{\frac{\Delta P_\phi \cdot P_1^{\text{абс}}}{\Delta P_{\text{Фтаб}} \cdot P_{1\text{таб}}^{\text{абс}}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho_\Gamma^P}}, \quad (25)$$

где $Q_{\text{таб}}$ – номинальная пропускная способность газового фильтра при рабочем давлении $P_{1\text{таб}}$ (соответствующее заданному давлению газа P_1 на входе в ГРУ).

Значения с индексом «таб» принимаются по таблице К.1, а индекс «абс» означает, что давление – абсолютное, определенное с учетом барометрического (атмосферного) давления ($P_0 = 0,101 \text{ МПа}$) по выражению $P_p^{\text{абс}} = P_p + P_0$.

Если полученное значение пропускной способности Q_ϕ фильтра несколько больше требуемого Q_{max} (производительности ГРУ), то фильтр считается подобранным, если нет, то выбирается фильтр с большей пропускной способностью и выполняется пересчет по формуле (25).

Далее производится подбор регулятора давления.

Регулятор давления – это устройство, предназначенное для автоматического снижения и поддержания давления газа на определенном, заранее заданном уровне.

Выбор регулятора давления следует производить по [4] или по таблице К.2.

Если Q_{max} , P_3 , и P_4 , отличаются от табличных для выбранного регулятора, то его пропускная способность определится в зависимости от условия:

$$\text{при } \frac{P_4^{\text{абс}}}{P_3^{\text{абс}}} \geq 0,5 \quad Q_P = Q_{\text{таб}} \sqrt{\frac{\Delta P_P \cdot P_4^{\text{абс}}}{\Delta P_{P\text{таб}} \cdot P_{4\text{таб}}^{\text{абс}}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho_\Gamma^P}}; \quad (26)$$

$$\text{при } \frac{P_4^{\text{абс}}}{P_3^{\text{абс}}} < 0,5 \quad Q_P = Q_{\text{таб}} \frac{P_3^{\text{абс}}}{P_{3\text{таб}}^{\text{абс}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_\Gamma^P}{\rho_0}}}, \quad (27)$$

где $P_3^{\text{абс}} = P_1^{\text{абс}} - \Delta P_\phi - \Delta P_{\text{ПЗК}}$, МПа;

ΔP_ϕ – потери давления на газовом фильтре, МПа;

$\Delta P_{\text{ПЗК}} = 0,002-0,003 \text{ МПа}$ – потери давления на ПЗК;

Если после пересчета пропускной способности выполняется условие $Q_{max} \leq Q_P$, то регулятор считается подобранным, а если нет, то выбирается другой регулятор и осуществляется пересчет пропускной способности.

Предохранительные и отключающие устройства

Для защиты выходных газопроводов от превышения установленного давления на ГРП имеются предохранительные запорные клапаны (ПЗК), сбросные клапаны (ПСК).

ПЗК устанавливаются перед регулятором давления для автоматического отключения потока газа при повышении или понижении давления газа.

ПСК устанавливают за регуляторами давления для сброса газа в атмосферу в случае, если давление послерегулятора превышает регулируемое.

Количество газа, подлежащего сбросу ПСК, следует определять (м³/ч):

- при наличии перед регулятором давления ПЗК

$$Q_c \geq 5 \cdot 10^{-4} \cdot Q_p, \quad (28)$$

где Q_p - расчётная пропускная способность регулятора, м³/ч;

- при отсутствии ПЗК для регуляторов давления с золотниковыми клапанами

$$Q_c \geq 10^{-2} \cdot Q_p, \quad (29)$$

ПСК устанавливают за регуляторами давления на выходе из ГРП и должны обеспечивать сброс газа при превышении P_p^{max} после регулятора и настраиваются на давление, превышающее регулируемое не более чем на 15 %.

Сброс газа в атмосферу осуществляется в случае, если регулятор давления работает нормально, но при закрытии клапан его не обеспечивает герметичности отключения (см. приложение К).

Если протечка газа через неплотно закрытый клапан регулятора будет превосходить потребление газа, то $P_{вых}$ будет расти. Для предотвращения этого часть газа сбрасывают в атмосферу. Если же отказал регулятор давления, ПСК сработал, а давление в сетях растёт, то в этом случае срабатывают ПЗК.

Перечень оборудования ГРП (ГРУ) котельной сведём в таблицу 6.

Таблица 6 - Характеристики оборудования ГРП (ГРУ) котельной

Наименование параметра	Обозначение
Фильтр газовый	
1. Модификация (обозначение)	
2. Максимальное входное (рабочее) давление газа, МПа	
3. Наибольшая пропускная способность, м ³ /ч, не менее	
4. Максимальное падение давления на кассете фильтра, даПа, не более	
Регулятор давления	
1. Модификация (обозначение)	
2. Рабочий диапазон входных давлений, МПа	
3. Диапазон настройки выходного давления, кПа	
4. Неравномерность регулирования выходного давления, %	
5. Пропускная способность, м ³ /ч, при входном давлении	
Предохранительно-запорный клапан	
1. Модификация (обозначение)	
2. Рабочий диапазон входных давлений, МПа	
3. Давление срабатывания автоматического отключающего устройства, кПа	
Предохранительный сбросной клапан	
1. Модификация (обозначение)	
2. Максимальное рабочее давление на входе, кПа	
3. Пределы настройки давления срабатывания $P_{ср}$, кПа	

3.4.3 Технологические схемы и компоновка газорегуляторных пунктов

Технологические схемы газорегуляторных пунктов могут быть различными. Наиболее часто применяют следующие схемы:

- с одной линией редуцирования;
- с одной линией редуцирования и байпасом;
- с основной и резервной линиями редуцирования;
- с двумя линиями редуцирования и двумя байпасами;
- с двумя последовательными линиями редуцирования и байпасом на каждой линии.

Функциональная пневматическая схема ГРП с регулятором давления типа РД с газовым счетчиком, одной линией редуцирования, байпасом и одним выходом показана на рисунке 5.

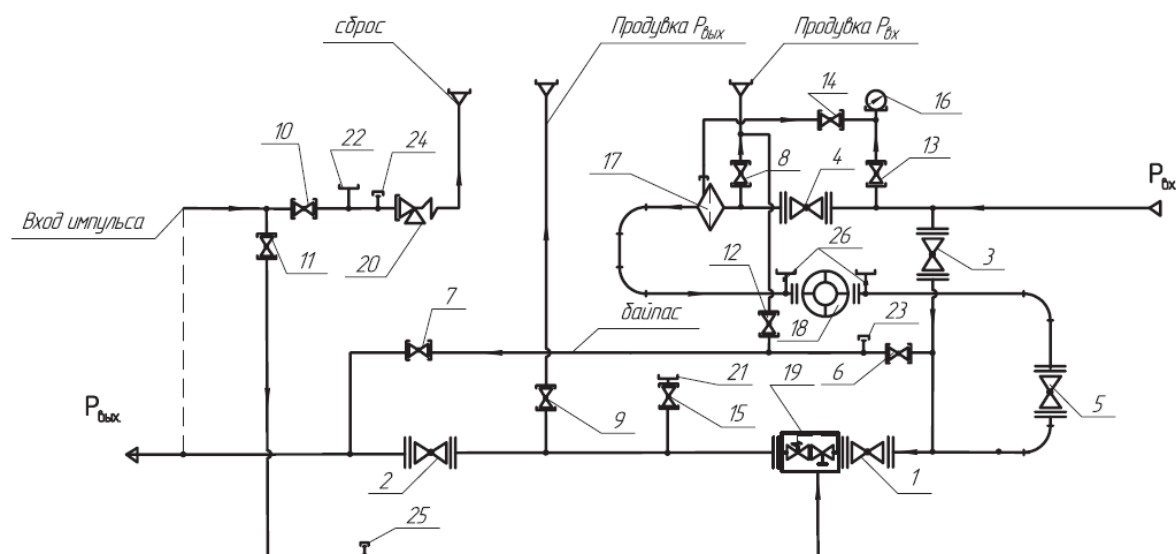


Рисунок 5 – Схема функциональная с одной линией редуцирования и узлом учета расхода газа:
1,2,3,4,5 – кран шаровой Ду1; 6,7,8,9,11,12 – кран шаровой Ду2; 13,14,15 – кран шаровой Ду3;
16 – манометр входного давления; 17 – фильтр газовый; 18 – счетчик газовый;
19 – регулятор давления газа; 20 – клапан предохранительный сбросной; 21,22 – штуцер для подключения манометра выходного давления; 23 – штуцер для подключения манометра входного давления; 24,25 – штуцер для подключения манометра выходного давления;
26 – штуцера для подключения дифференциального манометра.

Для обеспечения наибольшей стабильности давления газа импульс конечного давления к регулятору отбирается из газопровода после ГРП на расстоянии не менее 5 D_y трубопровода, так как здесь меньше наблюдается неравномерность газового потока. На импульсной линии регулятора имеются кран и штуцер 22 для присоединения манометра выходного давления, а также трубопровод с краном обеспечивающий расход газа, необходимый для настройки регулятора и предохранительного запорного клапана при отключенном кране линии потребителей.

ГРП следует размещать в отдельно стоящих зданиях или в шкафах. Газорегуляторные пункты коммунальных предприятий и отдельно стоящих отопительных котельных с давлением до 0,6 МПа разрешается размещать в пристройках к зданиям, в которых расположены газовые установки. На промышленных предприятиях допускают размещение ГРП с давлением до 0,6 МПа в пристройках к огнестойким зданиям. ГРП с давлением более 0,6 до 1,2 МПа можно размещать в пристройках к цехам, в которых используют газ с давлением более 0,6 МПа. Отдельно стоящие ГРП

располагают в садах, скверах, внутри жилых кварталов, во дворах, на территории промышленных и коммунальных предприятий на расстояниях от зданий и сооружений, не менее указанных в таблице Л.1.

Расстояние от отдельно стоящего ГРПШ при давлении газа на вводе до 0,3 МПа до зданий и сооружений не нормируется.

Для обеспечения возможности обогрева оборудования ГРПШ возможно изготовление шкафной конструкции с двойными стенками с теплоизоляцией и установкой инфракрасной горелки.

ГРУ промышленных и коммунальных предприятий и отопительных котельных располагают непосредственно в помещениях цеха и котельных, в которых находятся газоиспользующие агрегаты, или в смежных помещениях, соединенных с ними открытыми дверными проемами. От этих ГРУ не разрешается подавать газ потребителям, расположенным в других зданиях. Максимальное давление газа на входе в ГРУ должно быть не более 0,6 МПа. Запрещается размещать ГРУ в жилых и общественных зданиях.

3.5 Графическая часть результатов проектирования

По результатам проектирования производится построение графической части курсового проекта, вычерчивается схема газопроводов микрорайона (схематичный план населенного пункта с нанесением сети газоснабжения) и гидравлическая схема внутреннего газопровода котельной (обвязки котельных агрегатов или газорегуляторной установки, в соответствии с заданием).

На вводах и выходах газопроводов из здания ГРП установку отключающих устройств рекомендуется предусматривать на расстоянии не менее 5 м и не более 100 м от ГРП. Отключающие устройства перед встроенными, пристроенными и шкафными ГРП допускается предусматривать на наружных надземных газопроводах на расстоянии менее 5 м от ГРП в удобном для обслуживания месте. Отключающие устройства на ответвлениях от распределительных газопроводов следует предусматривать, как правило, вне территории потребителя на расстояниях не более 100 м от распределительного газопровода и не ближе чем на 2 м от линии застройки или ограждения территории потребителя.

Функциональная пневматическая схема ГРП (ГРУ) вычерчивается на основе типовых схем ГРП (ГРУ) с экспликацией основного оборудования, указывая принятые марки фильтра, регулятора давления, предохранительных клапанов.

В ГРП и ГРУ следует предусматривать продувочные и сбросные трубопроводы.

Продувочные следует размещать:

- на входном газопроводе после первого отключающего устройства;
- на обводном газопроводе (байпасе) между двумя отключающими устройствами.

Условный диаметр сбросного трубопровода, отводящего газ от ПСК, должен быть равен d_y выходного патрубка клапана, но не менее 20 мм.

Для продувки газопровода, расположенного до и после ГРП, оборудования ГРП предусмотрены отдельные продувочные трубопроводы с кранами.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Колибаба, О.Б.** Основы проектирования и эксплуатации систем газораспределения и газопотребления [Текст электронный]: учебное пособие для вузов / О. Б. Колибаба, В. Ф. Никишов, М. Ю. Ометова. — 4-е изд., стер. — СПб: Лань, 2024. — 204 с. — ISBN 978-5-507-49138-4. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/379361>.
2. **Комина Г. П.** Газоснабжение [Текст электронный]: учебник для вузов / Г. П. Комина, Е. Л. Палей, Н. В. Моисеев, И. В. Федорова. — СПб: Лань, 2023. — 332 с. — ISBN 978-5-507-45144-9. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/284087>.
3. Котельные установки и их эксплуатация [Текст] : учебник / Б.А. Соколов. - М.: Академия, 2005. - 429 с.: ил. ISBN 5-7695-2032-9.
4. **Сергеев А.В.** Справочное учебное пособие для персонала котельных. Топливное хозяйство котельных [Текст] : учебное пособие. 2-е издание / Сергеев А.В. – 2-е изд. – СПб.: ДЕАН. 2007. – 320 с. ISBN: 978-5-93630-577-1
5. **Шкаровский, А. Л.** Газоснабжение. Использование газового топлива [Текст электронный]: учебное пособие для вузов / А. Л. Шкаровский, Г. П. Комина. — 2-е изд., стер. — СПб: Лань, 2024. — 140 с. — ISBN 978-5-507-49489-7. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/393071>.
6. **Борщов Д. Я.** Эксплуатация отопительной котельной на газообразном топливе [Текст] : / Д. Я. Борщов. - М.: Стройиздат, 1988. - 240 с.: ил. - ISBN 5-27400130-0
7. **СП 62.13330.2011** Газораспределительные системы [Текст]: Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002 – Введ. 2013-01-01. – М.: Госстрой России, 2012.
8. **СП 42-101-2003.** Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб [Текст]. – Введ. 2003-07-08. – М.: Госстрой России, 2003.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А Пример оформления титульного листа курсового проекта

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и
инженерии имени Н.И. Вавилова»

Институт инженерии и робототехники

кафедра «Электрооборудование, энергоснабжение и роботизация»

КУРСОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «Топливоснабжение и топливное хозяйство»
тема: Проектирование газоснабжения промышленного микрорайона с
разработкой цеховых газопроводов

Студента 3 курса, группы Б-ТТ-31
направления подготовки 13.03.01

Ф.И.О.

дата, подпись

Руководитель

Ф.И.О.

дата, подпись

Саратов – 2026

Приложение Б Задание на курсовое проектирование
ФГБОУ ВО Вавиловский университет
Институт инженерии и робототехники
Кафедра «Электрооборудование, энергоснабжение и роботизация»

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий кафедрой

_____ / _____ /

Задание на курсовое проектирование
обучающемуся _____ курса _____ формы обучения
направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
по дисциплине «Топливоснабжение и топливное хозяйство» на тему: Проектирование
газоснабжения промышленного микрорайона с разработкой цеховых газопроводов
Вариант №

1. Исходные данные к проекту:

Характеристики коммунально-бытовых потребителей
№ плана промышленного микрорайона
Характеристики отопительной котельной
установленная мощность отопительной котельной, МВт
присоединительное давление газа котлоагрегата, кПа
Характеристики промышленного потребителя
расчетный расход газа, м³/час
номинальное давление на вводе, МПа
Характеристики источника газоснабжения
расстояние до ГРС, м
давление газа после ГРС, МПа
материал газопровода высокого (среднего) давления

2. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

1. Определение расходов газа потребителями (определение расчётных расходов газа потребителями по категориям давления).
2. Сети газоснабжения (выбор и обоснование системы газоснабжения; трассировка сетей; определение расчетных расходов на участках сетей).
3. Гидравлический расчет газопроводов (гидравлический расчет газопровода высокого (среднего) или низкого давления сетей газоснабжения).
4. Газоснабжение котельной (внутренние устройства газоснабжения; расчет и подбор оборудования для газорегуляторных установок).

3. Перечень графического материала с точным указанием обязательных чертежей:

1. Чертеж схемы газоснабжения с нанесением трассы газопроводов (ГСН).
2. Чертеж схемы внутренних цеховых газопроводов (ГСВ).

Приложение В Варианты заданий

Таблица В – Варианты состава газа в магистральном газопроводе

№ газопровода	Состав газа, % по объему						
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂ (более)	N ₂	CO ₂
1	92,8	3,9	1,1	0,4	0,1	1,6	0,1
2	94,2	2,5	0,4	0,2	0,1	2,6	-
3	94,0	2,8	0,4	0,3	0,1	2,0	0,4
4	95,4	2,6	0,3	0,2	0,2	1,1	0,2
5	85,8	0,2	0,1	0,1	0	13,7	0,1
6	98,9	0,3	0,1	0,1	0	0,4	0,2
7	95,5	2,7	0,4	0,2	0,1	1,0	0,1
8	95,7	1,9	0,5	0,3	0,1	1,3	-
9	93,9	3,1	1,1	0,3	0,1	1,3	0,2
10	81,5	8,0	4,0	2,3	0,5	3,2	0,5
11	93,2	1,9	0,8	0,3	0,1	3,0	0,7
12	81,7	5,3	2,9	0,9	0,3	8,8	0,1
13	93,2	2,6	1,2	0,7	-	2,0	0,3
14	91,4	4,1	1,9	0,6	-	0,2	0,7
15	62,4	3,6	2,6	0,9	0,2	30,2	0,1
16	97,1	0,3	0,1	0	0	2,4	0,1
17	95,6	0,7	0,4	0,2	0,2	2,8	0,1
18	91,9	2,1	1,3	0,4	0,1	3,0	1,2
19	78,2	4,4	2,2	0,7	0,2	14,2	0,1
20	96,1	0,7	0,1	0,1	0	2,8	0,2
21	89,7	5,2	1,7	0,5	0,1	2,7	0,1
22	93,8	3,6	0,7	0,2	0,4	0,7	0,6
23	98,2	0,4	0,1	0,1	0	1,0	0,2
24	93,8	2,0	0,8	0,3	0,1	2,6	0,4
25	92,8	2,8	0,9	0,4	0,1	2,5	0,5
26	91,2	3,9	1,2	0,5	0,1	2,5	0,5
27	98,5	0,2	0,1	0	0	1,0	0,2
28	91,9	2,4	1,1	0,8	0,1	3,3	0,5
29	85,9	6,1	1,5	0,8	0,6	5,0	0,1
30	92,8	3,9	1,0	0,4	0,3	1,5	0,1
31	94,1	3,1	0,6	0,2	0,8	1,2	-
32	92,66	5,04	0,45	-	1,85	-	-
33	94,8	2,3	0,8	0,5	0,1	0,3	1,2
34	96,1	2,9	0,8	0,1	0,1	-	
35	55,0	22,0	9,8	1,2	0,4	16,6	
36	44,1	22,0	5,2	1,4	0,3	27,0	
37	76,7	13,2	5,4	2,5	2,2	-	
38	91,2	3,9	2,0	0,9	0,2	-	1,8
39	53,6	22,8	6,1	0,9	0,2	15,8	0,6
40	93,9	3,4	1,3	0,7	0,2	0,1	0,4

Приложение Г Планы газифицируемых микрорайонов

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

Рисунок Г.1 – Схема секторов к плану населенного пункта

Условные обозначения газифицируемых объектов принятые на схеме:

ПР – промышленный потребитель (предприятие); К – центральная отопительная котельная;
ХЛ – хлебокомбинат; ПЛ – поликлиника; БЛ – больница; БН – баня; ОП – предприятие
общественного питания.

Приложение Д
(справочное)

Таблица Д.1 - Нормы годового расхода тепла на хозяйственно-бытовые и коммунальные нужды (выдержка из СП 42-101-2003)

Потребители газа	Показатель потребления газа	Нормы расхода теплоты, МДж
1	2	3
1. Жилые дома		
При наличии в квартире газовой плиты и централизованного горячего водоснабжения при газоснабжении: природным газом СУГ	на 1 чел. в год	4100 3850
При наличии в квартире газовой плиты и газового водонагревателя (при отсутствии централизованного горячего водоснабжения) при газоснабжении: природным газом СУГ	то же	10000 9400
При наличии в квартире газовой плиты, отсутствии централизованного горячего водоснабжения и газового водонагревателя при газоснабжении: природным газом СУГ	то же	6000 5800
2. Предприятия бытового обслуживания населения		
Фабрики-прачечные: на стирку белья в механизированных прачечных на стирку белья в немеханизированных прачечных с сушильными шкафами на стирку белья в механизированных прачечных, включая сушку и глажение	на 1 т сухого белья	8800 12600 18800
Дезкамеры: не дезинфекцию белья и одежды в паровых камерах на дезинфекцию белья и одежды в горячевоздушных камерах	то же	2240 1260
Бани: мытьё без ванн мытьё в ваннах	на 1 помывку	40 50
3. Предприятия общественного питания		
Столовые, рестораны, кафе: на приготовление обедов (вне зависимости от пропускной способности предприятия) на приготовление завтраков или ужинов	на 1 обед на 1 завтрак или ужин	4,2 2,1

Продолжение таблицы Д.1

1	2	3
4. Учреждения здравоохранения		
Больницы, родильные дома: на приготовление пищи на приготовление горячей воды для хозяйственно-бытовых нужд и лечебных процедур (без стирки белья)	на 1 койку в	3200
	год то же	9200
5. Предприятия по производству хлеба и кондитерских изделий		
Хлебозаводы, комбинаты, пекарни: на выпечку хлеба формового на выпечку хлеба подового, батонов, булок, сдобы на выпечку кондитерских изделий (тортов, пирожных, печенья, пряников и т. п.)	на 1 т изделий	2500
		5450
		7750

Таблица Д.2 – Значение коэффициента часового максимума расхода газа на хозяйственно-бытовые нужды (выдержка из СП 42-101-2003)

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

Таблица Д.3 - Значение коэффициента часового максимума расхода газа для коммунально-бытовых предприятий (выдержка из СП 42-101-2003)

Предприятия	Коэффициент часового максимума расхода газа, K_{\max}^h
Бани	1/2700
Прачечные	1/2900
Общественного питания	1/2000
Учреждения здравоохранения	1/3100
По производству хлеба и кондитерских изделий	1/6000

Приложение Е
(справочное)

Газовое оборудование

Таблица – Котлы водогрейные

№ п/п	Наименование котла	Теплопроизводительность, МВт	КПД котла, не менее, %
1.	КВа-2,0	2,0	92
2.	КВа-2,5	2,5	92
3.	КВа-3,0	3,0	92
4.	КВа-3,5	3,5	92
5.	КВа-4,0	4,0	92
6.	КВа-5,0	5,0	92
7.	КВа-6,0	6,0	92
8.	КВа-7,0	7,0	92
9.	КВа-10	10,0	92
10.	КСВ-2,0	2,0	92
11.	КСВ-3,0	3,0	92
12.	КСВ-5,0	5,0	92
13.	КСВ-8,0	8,0	92
14.	КСВ-12,0	12,0	92
15.	КСВа-2,0	2,0	92
16.	КСВа-3,15	3,15	92
17.	КВ-ГМ- 3,2-115	3,2	94,5
18.	КВ-ГМ- 4,5-115	4,5	93,5
19.	КВ-ГМ-4,65-150	4,65	92,2
20.	КВ-ГМ-7,56-150	7,56	92,2

Приложение Ж
(справочное)

Таблица – Допустимое давление газа во внутренних газопроводах и перед газоиспользующим оборудованием (выдержка из СП 62.13330-2011)

Потребители газа, размещенные в зданиях	Давление газа во внутреннем газопроводе, МПа	Давление газа перед газоиспользующим оборудованием, МПа
1 Газотурбинные и парогазовые установки	2,5	2,5
2 Производственные здания, в которых величина давления газа обусловлена требованиями производства	1,2	1,2
3 Прочие производственные здания	0,6	0,6
4 Бытовые здания производственного назначения отдельно стоящие, пристроенные к производственным зданиям и встроенные в эти здания, а также отдельно стоящие общественные здания производственного назначения	0,3	0,3
5 Административные и бытовые здания, не вошедшие в пункт 3 таблицы	0,1	0,005
6 Котельные:		
отдельно стоящие	0,6	0,6
пристроенные, встроенные и крышные производственных зданий	0,6	0,6
пристроенные, встроенные и крышные общественных (в том числе административного назначения), административных и бытовых зданий	0,3	0,005
пристроенные, встроенные и крышные жилых зданий	0,3	0,1
7 Общественные (в том числе административного назначения) здания (кроме зданий, установка газоиспользующего оборудования в которых не допускается) и складские помещения	0,1	0,1
8 Жилые здания	0,1	0,003

Приложение И
(справочное)

Определения потерь давления в газопроводах и диаметра газопроводных труб
(выдержка из СП 42-101-2003)

Таблица И.1 – Значение коэффициента A в зависимости от категории сети

Категория сети	a
Сети низкого давления	626
Сети среднего и высокого давления	$P_0 / (P_m \cdot 162 \cdot \pi^2)$, P_m – давление газа (абсолютное) в сети

Таблица И.2 – Значение коэффициентов b , m , m^1 в зависимости от материала трубопровода

Материал	b	m	m^1
Сталь	0,022	2	5
Полиэтилен	0,0446	1,75	4,75

Таблица И.3 - Наружные диаметры и толщины стенок труб стальных и полиэтиленовых газопроводов

Газопроводы из стальных труб низкого, среднего и высокого давления																	
Диаметр, мм	32	38	45	57	76	89	108	133	159	194	219	273	325	375	426	530	630
Толщина стенки, 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, мм	32	40	50	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225				
Толщина стенки, 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, мм	32	40	50	63	75	90	110	125	140	160	180	200	225				
Толщина стенки, 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				

Приложение К
(справочное)

Таблица К.1 - Технические характеристики газовых фильтров

Фильтр	Входное давление, МПа	Допустимый перепад давления, кПа	Допустимая пропускная способность, м ³ /ч. при входном давлении, МПа.	
			0,1	1,2
ФС-25	1,6	5	300	411
ФС-40	1,6		380	513
ФС-50	1,2		1350	2667
ФС-100	1,2		4000	7901
ФВ-80	1,2	10	625	1600
ФВ-100			890	2270
ФВ-200			3500	8900
ФГ-50	1,2	5	2500	9000
ФГ-100			7000	19000
ФГ-200			21000	46000
ФГ-300			50000	100000

Таблица К.2 - Характеристики регуляторов давления

Модификация	Давление, МПа		Пропускная способность, м ³ /ч. при входном давлении, МПа	
	$P_{вх}$	$P_{вых}$	0,1	1,2
	РДГБ-10	до 0,6	0,0015-0,003	14,5
РДГБ-25	35			-
РДНК-400	от 0,05	0,002-0,005	80	-
РДНК-1000	до 0,6		130	-
РДНК-У	до 1,2		100	1000
РДБК 1-25/21	до 1,2	0,001-0,06	310	2000
РДБК 1-50/35		0,001-0,06	900	5800
РДБК 1- 100/50		0,001-0,06	1420	9200
РДБК 1 -100/70		0,001-0,06	2825	18350
РДГ-50Н/30	до 1,2	0,0015-0,06	450	2800
РДГ-50Н/35			600	4050
РДГ-50Н/40			850	5450
РДГ-50Н/45			1100	7100
РДГ-80Н/65			2250	14600
РДГ-150Н/98			4950	32000

Таблица К.3 - Характеристика предохранительных сбросных клапанов

Сбросные клапаны

Тип клапана	Пропускная способность, м ³ /ч	Диапазон настройки давления, МПа.
ПСК-25П-Н	120	0,001-0,075
ПСК-25П-В	1500	0,06-0,75
ПСК-50П-Н /20	200	0,001-0,005
ПСК-50П-С/50	500	0,02-0,05
ПСК-50П-С/125	1100	0,05-0,125
ПСК-50П-В /1000	10000	0,125-1,0

Таблица К.4 - Характеристика предохранительных запорных клапанов

Тип клапана	$P_{вх}$, МПа	Диапазон настройки давления, МПа.	
		Нижний	Верхний
ПКН-50 ПКН-80 ПКН-100 ПКН- 200	1,2	0,0003 – 0,003	0,002-0,06
ПКВ-50 ПКВ-80 ПКВ-100 ПКВ- 200	1,2	0,003-0,03	0,03-0,6
КПЗ-50Н КПЗ-50С КПЗ-50В	от 0,05 до 1,2	0,0003 – 0,003 0,01 – 0,12 0,003 – 0,030	0,002 – 0,075 0,06 – 0,32 0,03 – 0,60
КПЗ-100Н КПЗ-100С КПЗ-100В	от 0,05 до 1,2	0,0003 – 0,003 0,01 – 0,12 0,003 – 0,030	0,002 – 0,075 0,06 – 0,32 0,03 – 0,60

Приложение Л
(справочное)

Таблица Л.1 – Минимальные расстояния от отдельно стоящих ГРП до зданий и сооружений

Объект	Расстояние по горизонтали в свету при давлении газа на вводе в ГРП, м	
	до 0,6 МПа	0,6...1,2 МПа
До зданий и сооружений	10	15
До железнодорожных и трамвайных путей (до ближайшего рельса)	10	15
До автодороги (до обочины)	5	8
До воздушной линии электропередачи	Не менее 1,5 высоты опоры	

Таблица Л.2 – Расстояния от газопровода до других инженерных коммуникаций

Здания, сооружения и коммуникации	Расстояния по вертикали (в свету), м, при пересечении	Расстояния по горизонтали (в свету), м, при давлении газопровода, МПа			
		до 0,005	0,005 до 0,3	0,3 до 0,6	0,6 до 1,2
Водопровод	0,2	1,0	1,0	1,5	2,0
Канализация бытовая	0,2	1,0	1,5	2,0	5,0
Водосток, дренаж, дождевая канализация	0,2	1,0	1,5	2,0	5,0
Тепловые сети: от наружной стенки канала, тоннеля	0,2	0,2	2,0	2,0	4,0
от оболочки бесканальной прокладки	0,2	1,0	1,0	1,5	2,0
Газопроводы давлением до 1,2 МПа	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5
Кабели силовые	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0
Кабели связи	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0
Каналы, тоннели	0,2	2,0	2,0	2,0	4,0
Фундаменты зданий и сооружений до газопроводов условным диаметром:					
до 300 мм	-	2,0	4,0	7,0	10,0
св. 300 мм	-	2,0	4,0	7,0	20,0
Фундаменты ограждений, предприятий, эстакад, опор контактной сети и связи, железных дорог	-	1,0	1,0	1,0	1,0