Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 15.10.2026 14:37:50
Уникальный программный ключ:
3beb265d5d589e7ff4c954946f3ad99a1e7dac12

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт транспорта

Кафедра Транспорт
углеводородных ресурсов

ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ ГАЗА

Методические указания по выполнению курсового проекта для обучающихся по направлению 21.03.01 Нефтегазовое дело профиль «Управление и эксплуатация объектов транспорта и хранения углеводородов» всех форм обучения

Составители:
С.М. Чекардовский,
кандидат технических наук, доцент
С.М. Дудин,
ассистент

Тюмень
ТИУ
2024

Чекардовский С. М., Трубопроводный транспорт газа [Текст]: методические указания по выполнению курсового проекта для обучающихся по направлению 21.03.01 Нефтегазовое дело профилю «Управление и эксплуатация объектов транспорта и хранения углеводородов» всех форм обучения/ сост. С. М. Чекардовский, С. М. Дудин; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Издательский центр БИК, ТИУ, 2024. – 24 с.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры «Транспорт углеводородных ресурсов» «27» марта 2024 года, протокол №9.

Аннотация

Методические указания и индивидуальные задания по дисциплине «Трубопроводный транспорт газа» предназначены для обучающихся по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиля «Управление и эксплуатация объектов транспорта и хранения углеводородов» всех форм обучения разработаны в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО). Освоение дисциплины осуществляется в течение одного семестра.

Приведены основные требования к структуре и содержанию курсовых работ по дисциплине «Трубопроводный транспорт газа». Даны рекомендации по выполнению курсового проекта.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение……..……..... 3
1. Темы курсовых проектов…… 6
2. Проектирование газопровода …… 7
3. Эксплуатация газопровода……. 11
4. Оформление курсового проекта……. 13
Рекомендуемая литература…….. 14
Приложение 1 …….. 15
Приложение 2 ……..... 16
Приложение 3 …….. 17
Приложение 4 ……..... 18
Приложение 5 …….. 19

ВЕДЕНИЕ

1. Цели и задачи освоения дисциплины

формирование знаний, умений и навыков у обучающихся в области теоретического и технологического моделирования процессов магистрального транспорта газа, проектирования, оптимизации и управления на объектах транспорта газа, эффективной надежной, безопасной эксплуатации оборудования, обоснования современных решений при проектировании, эксплуатации, модернизации систем и оптимизации энерготехнологических комплексов сложных объектов систем транспорта и хранения углеводородов.

- получение знаний, умений и навыков в области проектирования технологических процессов и эксплуатации систем транспорта газа, методов моделирования, планирования, соблюдения режимов, оптимизации технологических параметров режимом и конструктивных параметров подземных сооружения, обеспечение надежности и безопасности, основ управления производственными процессами.

- формирование знаний о структуре системы газопроводов, составе объектов и принципах работы оборудования;

- формирование знаний, умений и навыков по выбору и теоретическому обоснованию параметров процессов в системе газопроводов, в области управления технологическими процессами при транспорте газа, а также знаний в области нормативного обеспечения проектирования трубопроводных систем.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина относится к дисциплинам части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

знать основные законы газовой динамики, основные принципы работы трубопроводной системы и ее расчёта;

уметь находить информацию в нормативно справочной литературе необходимой для технологических расчётов трубопровода, решать задачи прикладной газодинамики;

иметь навыки и (или) опыт деятельности навыками программирования, черчения в различных программах САПР, методиками расчёта различных режимов эксплуатации газопровода.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин:

Основы газовой динамики

Промысловый сбор и подготовка нефти и газа к транспорту

Технологии и процессы транспорта и хранения нефти и газа

Химия нефти и газа

Термодинамика и теплопередача
Физика
Электротехника
Гидравлика
Математика
Основы нефтегазопромыслового дела
Сопротивление материалов
Материаловедение. Технология конструкционных материалов
Теоретическая механика
Введение в специальность
Метрология и стандартизация
Начертательная геометрия
Химия
и служит основой для освоения дисциплин:
Инновационные технологии транспорта углеводородов

Оперативно-диспетчерское управление объектами транспорта нефти и газа
Управление газоснабжением и газораспределением
Мониторинг технологических процессов транспорта и хранения нефти и газа
Основы проектирования и промышленный дизайн объектов транспорта углеводородов
Техническая диагностика в системах транспорта нефти и газа

3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине
ПКС-1 способность осуществлять и корректировать технологические процессы нефтегазового производства в соответствии с выбранной	ПКС-1.2 Разрабатывает и ведет нормативно-техническую документацию, регламентирующую осуществление технологических процессов	Знать: З1.1 нормативно-техническую документацию, регламентирующую осуществление технологических процессов магистральных газопроводов
		Уметь: У2.1 вести нормативно-техническую документацию, регламентирующую осуществление технологических процессов

сферой профессиональной деятельности		Владеть: В3.1 навыками разработки нормативно-технической документации, регламентирующей осуществление технологических процессов магистральных газопроводов
ПКС-4 Способность осуществлять оперативное сопровождение технологических процессов в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности	ПКС-4.1 Выбирает технологические процессы в области нефтегазового дела для организации работы коллектива исполнителей	Знать: З1.1 технологические процессы в области магистральных газопроводов для организации работы коллектива исполнителей
		Уметь: У2.1 выбирать технологические процессы в области магистральных газопроводов для организации работы коллектива исполнителей
		Владеть: В3.1 выбором технологических процессов в области магистральных газопроводов для организации работы коллектива исполнителей
ПКС-4 Способность осуществлять оперативное сопровождение технологических процессов в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности	ПКС-4.3 Выбирает порядок выполнения работ по сопровождению технологических процессов	Знать: З1.1 порядок выполнения работ по сопровождению технологических процессов магистральных газопроводов
		Уметь: У2.1 выбирать порядок выполнения работ по сопровождению технологических процессов магистральных газопроводов
		Владеть: В3.1 навыками выбора порядка выполнения работ по сопровождению технологических процессов магистральных газопроводов
ПКС-5 Способность оформлять технологическую, техническую, промысловую документацию по обслуживанию и	ПКС-5.1 Выбирает виды промысловой документации, отчетности и предъявляемые к ним требования и алгоритмы формирования отчетности	Знать: З1.1 виды технологической документации, отчетности и предъявляемые к ним требования и алгоритмы формирования отчетности при эксплуатации магистральных газопроводов

эксплуатации объектов нефтегазовой отрасли в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности		Уметь: У2.1 выбирать виды технологической документации, отчетности и предъявляемые к ним требования и алгоритмы формирования отчетности при эксплуатации магистральных газопроводов
		Владеть: В3.1 выбором видов технологической документации, отчетности и предъявляемые к ним требования и алгоритмы формирования отчетности при эксплуатации магистральных газопроводов
ПКС-7 Способность выполнять работы по проектированию технологических процессов нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности	ПКС-7.1 Осуществляет сбор, анализ и систематизацию исходных данных для проектирования	Знать: З1.1 порядок сбора, анализа и систематизации исходных данных для проектирования магистральных газопроводов
		Уметь: У2.1 осуществлять сбор, анализ и систематизацию исходных данных для проектирования магистральных газопроводов
		Владеть: В3.1 навыками сбора, анализа и систематизации исходных данных для проектирования магистральных газопроводов
	ПКС-7.2 Анализирует и обобщает современный опыт проектирования технологических процессов	Знать: З1.1 современный опыт проектирования технологических процессов
		Уметь: У2.1 анализировать и обобщать современный опыт проектирования технологических процессов
		Владеть: В3.1 навыком анализа и обобщения современного опыта проектирования технологических процессов
	ПКС-7.3 Использует специализированное программное обеспечение при проектировании производственных и	Знать: З1.1 специализированное программное обеспечение при проектировании производственных и

	технологических процессов нефтегазовой отрасли	технологических процессов магистральных газопроводов
		Уметь: У2.1 использовать специализированное программное обеспечение при проектировании производственных и технологических процессов магистральных газопроводов
		Владеть: В3.1 навыками использования специализированного программного обеспечения при проектировании производственных и технологических процессов магистральных газопроводов
	ПКС-7.4 Оформляет текстовую и графическую части проекта при проектировании производственных и технологических процессов нефтегазовой отрасли	Знать: З1.1 текстовую и графическую части проекта при проектировании производственных и технологических процессов магистральных газопроводов
		Уметь: У2.1 оформлять текстовую и графическую части проекта при проектировании производственных и технологических процессов магистральных газопроводов
		Владеть: В3.1 навыками оформления текстовой и графической части проекта при проектировании производственных и технологических процессов магистральных газопроводов
ПКС-8 Способность выполнять работы по составлению проектной, служебной документации в соответствии с выбранной	ПКС-8.1 Осуществляет выбор нормативно-технической документации, стандартов, действующих инструкций	Знать: З1.1 выбор нормативно -технической документации, стандартов, действующих инструкций при эксплуатации магистральных газопроводов
		Уметь: У2.1 осуществлять выбор нормативно-технической документации, стандартов, действующих инструкций при эксплуатации магистральных

сферой профессиональной деятельности		газопроводов
		Владеть: В3.1 навыками осуществления выбора нормативно-технической документации, стандартов, действующих инструкций при эксплуатации магистральных газопроводов
	ПКС-8.2 Разрабатывает типовые проектные документы с использованием специализированного программного обеспечения	Знать: З1.1 типовые проектные документы с использованием специализированного программного обеспечения для проектирования магистральных газопроводов
		Уметь: У2.1 разрабатывать типовые проектные документы с использованием специализированного программного обеспечения для проектирования магистральных газопроводов
		Владеть: В3.1 навыками разработки типовых проектных документов с использованием специализированного программного обеспечения для проектирования магистральных газопроводов
	ПКС-8.3 Представляет и защищает результаты работ по элементам проекта	Знать: З1.1 результаты работ по элементам проекта магистрального газопровода
		Уметь: У2.1 представлять и защищать результаты работ по элементам проекта магистрального газопровода
		Владеть: В3.1 навыками представления и защиты результатов работ по элементам проекта магистрального газопровода

1. ТЕМЫ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

Тематика курсового проектирования представлена двумя группами проектов:

- проектирование газопровода;
- эксплуатация газопровода;

В заданиях на курсовое проектирование, помимо общепринятых, использованы следующие обозначения:

$Q_г$ - годовая производительность МГ, млрд м^3/год;
Q – суточная производительность МГ, млн м^3/сут;
D – внутренний диаметр газопровода, мм;
L, l_1, l_2 – длина МГ, участков, км;
$P_н$ – давление перед ГКС (на входе МГ), МПа;
P_1 – давление на выходе КС (в начале участка), МПа;
P_2 – давление на входе КС (в конце участка), МПа;
$P_к$ – давление в конце МГ, МПа;
$T_н$ – температура на входе ГКС, К;
T_1 – температура на выходе КС, К;
T_2, $T_к$ – температура на входе КС, в конце МГ, К;
T_0 – температура грунта на глубине заложения трубопровода, К;
q – величина сброса или подкачки, млн м^3/сут.

1.1. Проектирование газопровода

1. Содержание проекта

- Спец вопрос.
- Расстановка компрессорных станций (КС) по трассе газопровода.
- Определение количества газоперекачивающих агрегатов (ГПА), аппаратов воздушного охлаждения (АВО) и пылеуловителей (ПУ).
- Расчет режима работы газопровода.
- Графическая часть – 1(2) лист(а) формата А-1

2. Исходные данные

Трассой МГ задаться самостоятельно без экономического обоснования. Использовать АВО типа 2АВГ-75с.

Остальные исходные данные приведены в прил. 1

1.2. Эксплуатация газопровода

1. Содержание проекта

- Определение технически возможной производительности МГ.
- Спец вопрос.
- Оценка соответствия установленного оборудования условиям работы МГ.

- Графическая часть – 1(2) лист(а) формата А-1.

2. Типовые исходные данные приведены в прил. 2. Персональные задания на курсовое проектирование выдаются преподавателем.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГАЗОПРОВОДА

Основными вопросами, решаемыми при проектировании магистральных газопроводов, являются:

1. определение оптимальных параметров МГ;
2. определение числа КС и их расстановка по трассе газопровода.
3. определение количества ГПА, АВО и ПУ.
4. расчет режима работы газопровода.

2.1. Определение оптимальных параметров МГ

При проектировании МГ оптимизируются следующие параметры: диаметр (при заданной производительности МГ), производительность (при заданном диаметре труб), рабочее давление и степень сжатия КС.

Общим критерием оптимальности принимаемого решения является прибыль. Оптимальному решению соответствует максимальная прибыль. При этом должны рассматриваться все технически возможные варианты решения поставленной проблемы [2].

В структуре затрат на транспорт газа порядка 90% составляет сумма амортизационных отчислений и стоимости энергии. В этом случае можно представить получаемую МГ прибыль следующим образом

$$П_Р = TQ\,L \cdot – \alpha_Л К_Л – \alpha_{СТ} К_{СТ} - S_Э, \qquad (1)$$

$П_Р$ - чистая прибыль от транспорта газа, тыс руб;

T - тариф на транспорт газа по МГ, руб/(тыс $м^3 \cdot$100км);

Q - годовая производительность МГ, млн $м^3$;

$\alpha_Л$, $\alpha_{СТ}$ – коэффициент амортизационных отчислений, соответственно, от линейной части и КС;

$K_Л$, $K_{СТ}$ – капитальные затраты на сооружение линейной части и КС МГ, тыс. руб;

$S_Э$ - стоимость топливного газа или электроэнергии, тыс руб.

Значения тарифа на транспорт газа, коэффициентов амортизационных отчислений, капитальных затрат и стоимости электроэнергии и газа постоянно меняются. В учебных целях рекомендуется принимать:

T= 6 - 10 руб/(тыс $м^3$100 км);

$\alpha_Л$ =0,035 – 0,040, $\alpha_{СТ}$ = 0,09 – 0,10;

цена топливного газа $c_{ТГ}$ = 60-70 руб/тыс $м^3$;

цена электроэнергии:

за заявленную мощность $c_{Э1}$ = 270 - 300 руб/(кВт мес):

за потребленную электроэнергию $c_{ЭЛ2}$= 02 – 0,25 руб/кВт час.

Ориентировочные значения капитальных и эксплуатационных затрат, отнесенных к одному километру труб и одной КС, приведены в приложениях 3 и 4

$$c_{CT} = k_0 + k_n \cdot n, \quad (2)$$

$$c_{ЭСТ} = э_0 + э_n \cdot n, \quad (3)$$

где c_{CT}, $c_{ЭСТ}$ - стоимость строительства и эксплуатации одной компрессорной станции;

k_0, $э_0$ – стоимость строительства и эксплуатации КС, независящая от числа ГПА (Прил. 4);

k_{CT}, $э_{CT}$ - стоимость строительства и эксплуатации КС, зависящая от числа ГПА (Прил. 4);

n – количество ГПА, установленных на КС.

Капитальные и эксплуатационные затраты в значительной мере зависят от региона, по которому проходит МГ, и топографических условий трассы

$$K_Л = c_Л \cdot L \cdot k_P \cdot k_T, \quad (4)$$

$$Э_Л = c_{ЭЛ} \cdot L \cdot k_P \cdot k_T, \quad (5)$$

$$K_{CT} = c_{CT} \cdot n \cdot k_P \cdot k_T, \quad (6)$$

$$Э_{CT} = c_{ЭСТ} \cdot n \cdot k_P \cdot k_T, \quad (7)$$

где $Э_Л$, $Э_{CT}$ - эксплуатационные расходы на линейную часть и КС;

L – длина МГ;

n – количество КС на МГ;

$c_Л$ – стоимость строительства одного километра трубопровода (Прил. 3);

$c_{ЭЛ}$ – стоимость эксплуатации одного километра трубопровода (Прил. 3);

k_P – районный коэффициент удорожания строительства и эксплуатации МГ;

k_T -топографический коэффициент удорожания строительства и эксплуатации МГ.

Для Тюменской области можно принять следующие значения районного и топографического коэффициентов:

1) районный коэффициент

- юг области: капитальные вложения в линейную часть – 2,0;
  капиталовложения в КС – 2,0;
  эксплуатационные расходы – 1,5;
- Ханты-Мансийский национальный округ:
  капитальные вложения в линейную часть – 2,8;
  капиталовложения в КС – 2,5;
  эксплуатационные расходы – 1,8;
- Ямало-Ненецкий национальный округ:
  капитальные вложения в линейную часть – 2,8;
  капиталовложения в КС – 2,6;
  эксплуатационные расходы – 1,9;

2) топографический коэффициент

- болотистый участок: линейная часть – 1,7;
  КС – 1,07;
- водные преграды: русловая часть – 4,8;
  пойменная часть – 2,0.

Если толщина стенки труб отличается от указанной в приложении 3, то, приближенно, стоимость строительства 1 км трубопровода может быть определена по формуле

$$c_{Л} = 0{,}5c_{ЛО}(1+\frac{\partial}{\partial_0}),$$

где $c_{ЛО}$ – стоимость строительства 1 км трубопровода при толщине стенки δ_0 (Прил. 3);

δ – толщина стенки трубопровода.

В зависимости от типа ГПА и наличия в составе КС АВО в технологическом процессе транспорта газа может использоваться топливный газ, электроэнергия или и то, и другое.

Стоимость топливного газа определяется следующей зависимостью

$$S_{ТГ} = Q_{ТГ} \cdot c_{ТГ},$$

где $Q_{ТГ}$ – расход топливного газа за анализируемый период [2, 3].

Стоимость электроэнергии определяется в зависимости от величины заявленной мощности силовых установок и количества потребленной электроэнергии.

Если заявленная мощность превышает 750 кВт, то стоимость электроэнергии рассчитывается по двухставочному тарифу

$$S_{ЭЛ} = c_{ЭЛ1} \cdot N_З \cdot n + c_{ЭЛ2} \cdot N \cdot T,$$

где $N_З$ – заявленная мощность КС, кВт;

n – количество месяцев в анализируемом периоде;

N – потребляемая электродвигателями КС мощность [2, 3];

T – продолжительность анализируемого периода, час.

Определенная таким образом прибыль имеет невысокую точность. Поэтому, если разница прибыли для двух вариантов не превышает 5%, то эти варианты следует считать равноценными, и для выявления оптимального варианта привлекаются частные критерии. В качестве частных критериев могут использоваться металлозатраты, энергозатраты, людские ресурсы и т.д. Очередность использования частных критериев оптимизации определяется для каждой конкретной ситуации.

2.2. Определение числа КС и их расстановка по трассе МГ

Число КС, которое должно быть сооружено на данном МГ, определяется из условия обеспечения расчетной пропускной способности. При этом требуемая пропускная способность участков может быть одинаковой и равной пропускной способности всего МГ или снижаться от участка к участку. Первый случай имеет

место при оборудовании КС электроприводными ГПА, второй характерен при оборудовании КС ГПА с газотурбинным или газомоторным приводом [2,3]. Как показывают расчеты, при относительно небольшой длине газопровода, до 500 километров, нет смысла учитывать потребление газа на собственные нужды. При большой длине учет снижения производительности может привести к уменьшению числа КС и к повышению эффективности работы МГ.

В любом случае, расчет начинается с определения числа станций при постоянной производительности газопровода. Далее, полученное число КС округляется до целого значения. При постоянной производительности округление, как правило, производится в большую сторону. При выбранном числе станций производится уточнение длин участков.

Для исключения возможности перегрузки ГПА или неполного использования их мощности целесообразно перед определением длин участков определить максимальное значение степени сжатия КС при расчетной производительности.

2.3. Расчет режима работы газопровода.

Расчет режима работы МГ предполагает определение его пропускной способности [2,3]. При заданной производительности газопровода определяются давления и температуры на входе и выходе всех КС и в конце газопровода. Любая производительность МГ, кроме технически возможной, может быть реализована при нескольких технологических схемах. Задачей проектирования является выбор оптимального варианта работы газопровода. При этом регулирование работы всего оборудования и МГ в целом производится в допустимых пределах, определяемых их техническими характеристиками (допустимые значения давления и температуры, располагаемая мощность, допустимые значения частоты вращения и т.д.).

3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГАЗОПРОВОДА

Выполнение проектов данной группы предполагает решение следующих задач:

1. определение технически возможной производительности МГ;
2. расчет и реализация работы газопровода при изменении условий его работы: повышение или понижение производительности, подключение нового потребителя или месторождения, оптимизация работы МГ, оценка возможности образования гидратов в МГ;
3. оценка соответствия оборудования КС условиям работы газопровода.

3.1. Определение технически возможной производительности

Технически возможная производительность газопровода ограничивается одним из допустимых показателей его работы: использованы все рабочие агрегаты КС, ГПА работают с располагаемой мощностью, ГПА работают с максимальной или минимальной частотой вращения, приведенная производительность ЦН равна минимально или максимально допустимой, в работе все вентиляторы АВО, давление на выходе КС или ЦН равно допустимому, температура на выходе КС равна максимальной или минимальной температуре, давление в конце МГ равно заданному [2, 3].

Задача решается методом последовательных приближений. Задавшись предполагаемой производительностью на входе в головную КС, количеством работающих ГПА и схемой их работы, числом работающих АВО и вентиляторов на них, рассчитывают режим работы станции. При этом подача компрессоров уменьшается на величину топливного газа. Ориентировочное значение топливного газа определяется, исходя из располагаемой мощности ГПА. Изменяя частоту вращения ГПА, добиваются желаемого давления на выходе КС, контролируя при этом остальные показатели работы (мощность, помпаж, температуру). При выходе показателя за допустимые пределы принимаются соответствующие решения по их нормализации (изменение частоты вращения, изменение числа ГПА, изменение количества АВО или вентиляторов). Регулирование работы продолжается до тех пор, пока не будет получено нужное давление на выходе КС или один из показателей достигнет допустимого значения, и все возможности по его регулированию исчерпаны. После этого уточняется расход топливного газа и окончательно уточняется режим работы КС. Получив, таким образом, выходные параметры КС, переходят к расчету участка, задавшись значениями давления и температуры в конце участка с последующим их уточнением в пределах точности расчета. Далее, производя последовательные расчеты КС и участков, доходят до конца МГ. Если конечное давление отличается от заданного больше, чем допустимо в пределах точности расчетов, то расчет МГ повторяется при увеличенной или уменьшенной производительности. Шаг изменения производительности определяется, исходя из принятой точности расчетов. И так до тех пор, пока не будет получено нужное значение конечного давления МГ.

Использование метода последовательных приближений предполагает достаточно большой объем расчетов, что и предопределяет целесообразность использования компьютера. Программа GAZOPRE состоит из трех страниц: “Участок”. “КС” и “Справка”, что позволяет производить последовательный расчет линейной части и КС. На первых двух лисах приведены программы расчетов линейной части и компрессорной станции, на третьей даны техническая характеристика основных типов ГПА с коэффициентами аппроксимации приведенных характеристик ЦН и рекомендуемые значения потерь давления на КС.

Листы с программами разделены на три поля: зеленое, желтое и бирюзовое. В *зеленое поле* вносятся исходные данные расчетов, в желтом поле выводятся рассчитанные физические свойства газ и в бирюзовом показываются результаты

остальных расчетов. *Допускается ввод и изменение параметров только в зеленом поле листа*.

Вначале расчета вводятся в зеленое поле параметры, значения которых известно. Недостающими параметрами задаются или принимают из бирюзового поля. Используя данные желтого поля, определяется режим течения газа и соответствующее ему расчетное значение λ вводится в зеленое поле. Сравнивая значение предположенных параметров в зеленом поле с полученными значениями в желтом поле, оценивается сходимость параметров. При необходимости производится уточнение параметров, вводя в зеленое поле значения соответствующих параметров из желтого и бирюзового поля.

Для расчета компрессорных станций используется аналитическое описание характеристик центробежных нагнетателей и АВО.

Аппроксимация зависимостей степени сжатия, политропического КПД и относительной удельной мощности нагнетателя от приведенной производительности производится с помощью полинома

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2$$

Значения коэффициентов a_0, a_1, a_2 принимаются из таблицы "Техническая характеристика ГПА" на третьем листе программы.

Теплосъем с одного АВО типа 2АВГ – 75с при двух работающих вентиляторах описывается следующей зависимостью

$$Q_0 = \frac{160 \cdot (t_H - t_a)}{1 + \frac{1{,}3 \cdot 10^5}{c_P \cdot M_1}}, \qquad (8)$$

где Q_0 – теплосъем с одного АВО при двух работающих вентиляторах, кВт;

t_a – температура воздуха, ^{0}С;

c_p – удельная теплоемкость газа при условиях АВО, Дж/(кг· град);

M_1 – расход газа через один АВО, кг/с.

3.2. Расчет режима работы газопровода при измененных условиях

Изменения условий работы МГ повлечет за собой изменения его пропускной способности и, соответственно, изменения технологической схемы и режима работы КС, а также параметров работы оборудования всех станций. Методически определение пропускной способности газопровода в новых условиях работы производится аналогично расчету, изложенному в пунктах 2.2 и 3.1.

Оптимизация нового режима работы МГ производится в соответствии с рекомендациями, изложенными в пункте 2.1.

3.3. Оценка соответствия оборудования КС условиям работы

В результате расчета режима работы МГ определились основные параметры работы ГПА, АВО и пылеуловителей, которые позволяют оценить эффективность и целесообразность использования данного оборудования. За критерии эффективности использования оборудования следует, в первую очередь, принимать величины, рекомендуемые нормативными документами [8, 9].

ГПА оцениваются по их соответствию современным требованиям, затем, по их количеству на КС, степени загрузки и политропическому кпд. Необходимо обратить внимание на возможности регулирования работы агрегатов.

При оценке АВО, прежде всего, анализируется возможность поддерживать температуру газа на выходе КС в требуемых пределах при расчетном режиме и в годовом цикле эксплуатации МГ.

Соответствие установленных на КС пылеуловителей оценивается возможностью обеспечения их работы в оптимальном диапазоне производительностей.

3. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Результаты выполнения курсового проекта представляются в расчетно-пояснительной записке и в чертежах. Расчетно-пояснительная записка и чертежи оформляются в соответствии с требованиями ГОСТ и кафедры.

Объем расчетно-пояснительной записки должен составлять 20-25 страниц (шрифт – 14, межстрочный интервал – 1,5).

В пояснительной записке не допускается прямое заимствование текста из учебников и методических указаний.

Использованную методику расчетов следует пояснять на конкретном примере. Если по одной методике выполняется несколько расчетов, то приводится только один. Результаты остальных вычислений представляются в виде таблицы. В таблицу выносятся исходные данные и результаты расчетов, позволяющие проследить динамику исследуемого процесса.

Все расчеты заканчиваются выводом.

Графическая часть проекта представляется 1 (курсовая работа) или 2 (курсовой проект) листами формата А1. Содержание листов определяется студентом самостоятельно и должно соответствовать содержанию расчетно-пояснительной записки. В общем случае, на листы выносятся результаты анализа работы оборудования, иллюстрация принятых решений и результаты использования этих решений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев Р.А., Белоусов В.Д., Немудров А.Г. и др. Трубопроводный транспорт нефти и газа. – М.: Недра, 1988.
2. Волков М.М., Михеев А.А., Конев К.А. Справочник работника газовой промышленности. – М.: Недра, 1989.

3. Галиуллин З.Т., Леонтьев Е.В. Интенсификация магистрального транспорта газа. – М.: Недра, 1991.
4. Бахмат Г.В., Еремин Н.А., Степанов О.А. Аппараты воздушного охлаждения на компрессорных станциях. – СПб.: Недра, 1994.
5. Козаченко А.Н., Никишин В.И., Поршаков Б.П. Энергетика трубопроводного транспорта газов: Учебное пособие. - М.: ГУП Издательство “Нефть и газ” РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2001.-400 с.
6. СНиП 2.05.06-85. Магистральные трубопроводы. Нормы проектирования.- М.: Стройиздат, 1985.
7.ОНТП 51-1-85. Общесоюзные нормы технологического проектирования. Магистральные газопроводы, Часть I. Газопроводы.- М.: Мингазпром, 1985.
8. Эксплуатация магистральных газопроводов: Учебное пособие. 2-ое изд., переработ. и доп./Под общей редакцией Ю.Д. Земенкова. – Тюмень: Издательство «Вектор Бук», 2003. – 528 с.
9. Типовые расчеты процессов в системах транспорта и хранения нефти и газа: Учебное пособие. / Под общей редакцией Ю.Д. Земенкова. – СПб.: Недра, 2007. – 599 с.
10. Эксплуатация линейной части нефтегазопроводов: Учебное пособие. Под общей редакцией Ю.Д. Земенкова. – Тюмень: Издательство «Вектор Бук», 2013. – 294 с

Приложение 1

Типовые исходные данные к проекту “Проектирование газопровода”

№ задания	Газопровод	D	Q	P_1	$P_н$	P_k	$T_н$	ГПА	ПУ	Спец вопрос
1Г	Уренгой-Сургут	1400		7,35	5,0	2,0	273	ГТК-10-4	ГП-144	Определить оптимальную производительность МГ.
2Г	Сургут-Тюмень	1400	30	7,35	5,0	2,0	278	ГТН-16	ГП-144	Определить оптимальную степень сжатия КС.
3Г	Тюмень-Челябинск		25	7,35	5,0	2,0	273	ГПА-Ц-16	ГП-144	Определить оптимальный диаметр МГ.
4Г	Тюмень-Омск	1200		7,35	5,0	2,0	280	ГТК-10-4	ГП-144	Определить оптимальную производительность МГ.
5Г	Уренгой-Югорск	1400	100	7,35	5,3	5,0	273	ГПА-Ц-16	ГП-144	Определить оптимальное число ниток.
6Г	Н.Вартовск-Томск		15	7,35	5,2	2,0	275	ЭГПА-12,5	ГП-144	Определить оптимальный диаметр МГ.
7Г	Уренгой-Н.Вартовск	1000		5,45	3,5	2,0	273	ГТК-10-2	ГП-106	Определить оптимальную производительность МГ.
8Г	Ямбург-Югорск		20	7,35	5,0	5,0	273	ГПА-Ц-16	ГП-144	Определить оптимальный диаметр МГ.
9Г	Ямбург-Салехард		1	5,5	5,0	2,0	273			Определить оптимальный диаметр МГ.
10Г	Тюмень-Екатиренбург	1000	7	5,5	5,0	2,0	273	ГПА-Ц-6,3	ГП-106	Определить оптимальную степень сжатия КС.

Приложение 2

Типовые исходные данные проекта “Эксплуатация газопровода”

№ задания	Район прохождения трассы	D	L_1	L_2	P_1	$P_н$	$P_к$	$T_н$	ГПА кол-во	ПУ кол-во	АВО* кол-во	месяц
11Г	Тюмень	1000	120	180	5,5	3,5	2,0	T_0+10	ГТК-10-4 2+1	ГП-106 5		январь
12Г	Надым	1400	110	200	7,35	4,5	2,0	T_0	ГПА-Ц-16 3+1	ГП-144 5	13	март
13Г	Тюмень	1000	120	180	5,5	3,0	2,0	T_0+8	ГТК-10-4 2+1	ГП-106 5		апрель
14Г	Медвежье	1400	80	150	7,35	5,0	2,0	T_0	ГТК-10-4 6+3	ГП-144 5	10	февраль
15Г	Надым	1400	100	180	7,35	4,0	5,0	T_0	ГПА-Ц-16 3+1	ГП-144 5	10	март
16Г	Уренгой	1200	90	160	7,35	5,0	2,0	T_0+5	ЭГПА-12,5 4+1	ГП-144 4	8	апрель
17Г	Медвежье	2 по 1400	80	120	7,35	5,0	5,0	T_0	ГТК-10-4 6+2	ГП-144 5	12	апрель
18Г	Надым	1400	70	130	7,35	4,5	2,0	T_0	ГПА-Ц-16 3+1	ГП-144 6	15	август
19Г	Надым	1200	90	160	7,35	5,0	2,0	T_0	ЭГПА-12,5 4+1	ГП-144 7	7	январь
20Г	Игрим	1000	105	160	5,5	2,5	2,0	T_0+5	ГПА-Ц-6,3 3+1	ГП-106 4		Июнь

Продолжение приложения 2

№ зада-ния	Спец вопрос
11Г	Оценить целесообразность дооборудования КС АВО.
12Г	Режим работы МГ при утечке q=0,1Q на100 км трассы.
13Г	Увеличение Q на 40%
14Г	Определить оптимальную температуру на выходе КС-2 при постоянном Q.
15Г	Режим работы МГ при подкачке q=10 млн $м^3$/сут на 120 км трассы
16Г	Оценить возможность образования гидратов в газопроводе.
17Г	Режим работы МГ при аварии на одной нитке МГ на 30км трассы.
18Г	Режим работы МГ при подключении нового потребителя с q = 15 млн $м^3$/сут на 40 км трассы.
19Г	Определить оптимальную периодичность очистки второго участка МГ при интенсивности снижения ΔЕ = 0,02 1/месяц.
20Г	Увеличить Q на 20%.

ГВА2 апит ОВА ястюузьлопсИ *-75с

Приложение 3

Стоимость строительства и эксплуатации трубопроводов, тыс руб/км

(числитель Р = 5,45 МПа, знаменатель Р = 7,36 МПа)

Диаметр и толщина стенки, мм	Стоимость строительства ($с_Л$)		Эксплуатационные расходы ($с_{ЭЛ}$)	
	1-ой нитки	2-ой и последующих	1-ой нитки	2-ой и последующих
108 x 4	288,3/281,5	180,7/194,3	12,1/12,7	8,1/8,7
159 x 4	286,9/309,7	199,7/228,1	12,9/13,9	9,0/10,3
219 x 5	347,9/368,3	261,2/280,4	15,7/16,6	11,8/12,6
273 x 6	399/416,7	311,7/329	18/18,8	14/14,8
325 x 6	433/	346,7/	19,5/	15,6

325 x 8	/536,9	/450,5	/24,2	20,3
426 x 7	576,4/	491,1/	25,9/	22,1/
426 x 9	/692,5	/606,7	/31,2	/27,3
530 x 7	708,6/832,8	701,5/745,6	35,5/37,5	31,6/33,5
720 x 7	1002/1319	999,4/1232	48,9/59,4	45/55,4
1020 x 10	2236,8/	2027/	100,7/	91,2/
1020 x 12	/2671,2	/2460,9	/120,2	/110,7
1220 x 12	2593,8/	2738,9/	132,9/	123,3/
1220 x 12,9	/3579,2	/3364	/161,1	/151,4
1420 x 15,7	/5280,9	/5057,4	/237,6	/227,6

Приложение 4

Стоимость строительства и эксплуатации компрессорных станций, млн руб

(числитель- новая площадка, знаменатель- совмещенная площадка)

Тип ГПА	Стоимость строительства (c_{CT})		Эксплуатационные расходы ($c_{ЭСТ}$)	
	k_0	k_n	$э_0$	$э_n$
10ГКН	61,3 / 29,8	5,4	6,0 / 3,3	0,8
МК-8	68,2 / 38,3	9,0	7,1 / 4,4	1,3
ДР-12	74,5 / 39,8	27,9	10,2 / 6,7	4,1
ГТН-6	34,8 / 19,2	13,0	3,4 / 1,9	3,7
ГТК-10-4	77,0 / 47,4	15,4	7,3 / 4,4	5,0
ГПУ-10-01	74,0 / 42,4	19,1	6,4 / 3,3	6,0
ГТН-16	33,7 / 4,9	35,6	6,8 / 2,0	8,6
ГПА-Ц-6,3	67,8 / 38,1	9,7	9,8 / 5,5	4,5
СТД-4000	62,7 / 33,0	4,3	4,4 / 3,4	5,2
ЭГПА-235	76,7 / 31,8	11,5	8,1 / 4,1	12,7

Приложение 5

Температура грунта/воздуха в некоторых пунктах Росси,^{0}С

Пункты	Среднемесячная												Средне-годовая
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Березово	-0,3	-0,3	-0,6	-0,3	0,0	2,2	7,2	9,4	8,1	4,7	2,0	1,0	2,8
	-22,4	-18,7	-13,0	-5,1	2,5	10,6	15,9	13,0	6,7	-2,6	-13,9	-20,4	-4,0
Ивдель	-1,9	-2,5	-1,9	-0,4	3,3	10,0	13,7	13,6	9,8	4,3	0,7	-0,9	4,0
	-18,6	-16,6	-9,5	0,8	7,5	13,8	16,2	13,8	7,4	-0,5	-8,9	-16,8	-1,0
Игрим	-2,1	-1,6	-1,3	-1,0	1,1	3,6	8,1	10,1	9,7	-2,0	-4,8	-3,0	-4,5
	-21,8	-18,8	-12,5	-2,7	4,1	12,0	16,3	13,7	7,3	-7,2	-13,2	-19,6	-3,1
Казань	0,6	-0,2	0,0	0,8	6,4	11,4	14,3	14,9	12,5	8,2	4,0	1,5	6,2
	-13,5	-12,9	-7,0	3,3	12,1	16,9	19,0	17,1	10,7	3,2	-4,7	-11,0	2,8
Москва	1,4	1,1	0,8	1,4	7,8	13,1	16,9	17,6	14,6	9,7	5,1	2,5	7,7
	-9,4	-8,5	-3,6	4,9	12,9	17,0	19,3	17,4	11,7	5,0	-1,6	-6,9	4,8
Надым	-9,3	-10,4	-8,6	-7,6	-6,0	-4,0	-3,0	-2,0	-2,0	-3,0	-5,0	-7,0	-5,6
	-24,6	-22,8	-18,3	-9,0	-1,5	8,6	14,7	11,4	5,5	-4,5	-17,2	-22,8	-6,6
Екатеринбург	-0,8	-1,2	-0,9	1,0	6,9	12,2	15,0	14,6	11,2	5,9	1,9	0,1	5,5
	-16,0	-14,4	-8,1	2,3	10,0	15,5	17,2	14,8	9,2	1,	-7,2	-13,8	0,8

Учебное издание

ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ ГАЗА

Методические указания
по выполнению курсового проекта

ЧЕКАРДОВСКИЙ Сергей Михайлович
ДУДИН Сергей Михайлович

Авторская редакция

Подписано в печать ___._____.2024. Формат 60x90 1/16. Усл. печ. л. 2,0.
Тираж 50 экз. Заказ № _____.
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.