

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

Рабочая программа дисциплины (модуля)  
**КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Направление и направленность (профиль)  
21.03.01 Нефтегазовое дело. Нефтегазовое дело

Год набора на ОПОП  
2023

Форма обучения  
очная

Владивосток 2024

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Курсовое проектирование» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело (утв. приказом Минобрнауки России от 09.02.2018г. №96) и Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утв. приказом Минобрнауки России от 06.04.2021 г. N245).

Составитель(и):

*Гребенюк И.В., заместитель руководителя школы, Инженерная школа,  
Grebenyuk.IV@vvsu.ru*

Утверждена на заседании кафедры транспортных процессов и технологий от 21.05.2024, протокол № 6

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой (разработчика)

Кузнецов П.А.

<b>ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ</b>	
Сертификат	1576663924
Номер транзакции	0000000000BDDDD2
Владелец	Кузнецов П.А.

## 1 Цель, планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

Целью освоения дисциплины «Курсовое проектирование» является закрепление и углубление знаний принципов проектирования объектов нефтегазового комплекса, приобретение практических навыков в решении прикладных задач и разработке проектно-конструкторской документации, а также навыков самостоятельной работы в предметной области проектирования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- формирование у студента системы понятий в проектировании объектов нефтегазового комплекса;
- получение навыков выполнения этапов проектно-конструкторских работ, предусмотренных Единой системой конструкторской документации;
- выработка умений самостоятельного решения задач при проектировании объектов нефтегазового комплекса.

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю), являются знания, умения, навыки. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, формируемые в результате изучения дисциплины (модуля)

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине		
			Код результата	Формулировка результата	
21.03.01 «Нефтегазовое дело» (Б-НД)	ОПК-5: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-5.1к: применяет современные информационные технологии для решения поставленных задач	РД1	Знание	современных информационных технологий, применяемых для решения задач профессиональной деятельности
			РД2	Умение	использовать современные информационные технологии для решения поставленных задач
			РД3	Навык	применения современных информационных технологий для решения поставленных задач
	ПКВ-1: Способность проводить работы по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации технологического оборудования в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности	ПКВ-1.1к: применяет знания назначения, правил эксплуатации и ремонта нефтегазового оборудования, методов монтажа, регулировки и наладки оборудования	РД4	Знание	состава и назначения технологического оборудования и основных узлов, применяемых на объектах нефтегазового комплекса
			РД5	Умение	применять знания назначения, правил эксплуатации и ремонта нефтегазового оборудования для проектирования объектов нефтегазового комплекса
			РД6	Навык	практического применения знаний назначения, правил эксплуатации и ремонта нефтегазового оборудования для

					проектирования объектов нефтегазового комплекса
--	--	--	--	--	---

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Курсовое проектирование» входит в структуру базовой части учебного плана направления 21.03.01 Нефтегазовое дело.

## 3. Объем дисциплины (модуля)

Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу с обучающимися (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу, приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Общая трудоемкость дисциплины

Название ОПОП ВО	Форма обучения	Часть УП	Семестр (ОФО) или курс (ЗФО, ОЗФО)	Трудоемкость (З.Е.)	Объем контактной работы (час)					СРС	Форма аттестации	
					Всего	Аудиторная			Внеаудиторная			
						лек.	прак.	лаб.	ПА			КСР
21.03.01 Нефтегазовое дело	ОФО	Б1.Б	7	5	6	0	0	0	1	5	174	КП

## 4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

### 4.1 Структура дисциплины (модуля) для ОФО

Тематический план, отражающий содержание дисциплины (перечень разделов и тем), структурированное по видам учебных занятий с указанием их объемов в соответствии с учебным планом, приведен в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Разделы дисциплины (модуля), виды учебной деятельности и формы текущего контроля для ОФО

№	Название темы	Код результата обучения	Кол-во часов, отведенное на				Форма текущего контроля
			Лек	Практ	Лаб	СРС	
1	Курсовой проект	РД1, РД2, РД3, РД4, РД5, РД6	0	0	0	174	Задания по выполнению курсового проекта
<b>Итого по таблице</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>174</b>	

### 4.2 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля) для ОФО

#### Тема 1 Курсовой проект.

Содержание темы: Содержание дисциплины определяет получение знаний, умений и навыков по методологии и приемам проектирования объектов нефтегазового комплекса, а также использования документации (ЕСКД, ГОСТ, СНИП, ТУ), справочной литературы, статистических данных по технологическим процессам. Курсовой проект состоит из следующих частей: задание; введение; расчетная (аналитическая) часть; заключение; список использованных источников; графическая часть. Подготовка курсового проекта

начинается с составления плана и поиска необходимой литературы, ее проработки. Составление плана работы является важнейшим этапом в ее подготовке. Он определяет направленность работы, соответствие специфике предмета и объектов изучаемой дисциплины, самостоятельность и проблемность выполнения работы студентами, её исследовательский характер. План отражает основную идею работы. Во введении проекта необходимо отразить актуальность выбранной темы, кратко обозначить ее место и роль в изучаемой дисциплине, степень освещения в литературе, сформулировать цель работы и задачи, которые следует решить для достижения поставленной цели. При изложении пояснительной записки курсового проекта приводится расчетная (аналитическая) часть по следующим параметрам: 1. Определение характеристик нефти при расчетной температуре перекачки. 2. Выбор основного насосно-силового оборудования. 3. Механический расчет. 4. Гидравлический расчет нефтепровода. 5. Экономический расчет. 6. Построение совмещенной характеристики нефтепровода и перекачивающей станции. 7. Расчет объема резервуарного парка головной нефтеперекачивающей станции. 8. Генеральный план и состав сооружений станций. В заключении подводятся итоги, исходя из поставленных задач, формулируются общие выводы и даются рекомендации.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Консультации по курсовому проектированию.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Поиск и изучение литературы.

## **5 Методические указания для обучающихся по изучению и реализации дисциплины (модуля)**

### **5.1 Методические рекомендации обучающимся по изучению дисциплины и по обеспечению самостоятельной работы**

Курсовой проект выполняется студентом самостоятельно или коллективно.

Подбор литературы осуществляется студентом самостоятельно, с учетом рекомендованного преподавателем направления поиска. Студент должен пользоваться материалами из периодических изданий, знать их перечень, уметь в них ориентироваться (найти и подобрать материал). Студент должен использовать материалы статистических сборников и источников цифровой информации, а также сборники законодательных материалов. Руководителям курсового проекта необходимо требовать использования самой свежей информации, включая периодическую литературу и инструктивный материал. Анализировать цифровой материал следует в динамике – минимум за три последних года, тогда и анализ будет достоверным и более полной будет картина исследования, проводимого студентами.

Начиная изучение дисциплины, студенту необходимо:

- ознакомиться с программой, изучить список рекомендуемой литературы;
- внимательно разобраться в структуре курса, в системе распределения учебного материала по видам занятий, формам контроля, чтобы иметь представление о курсе в целом;

### **5.2 Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

При необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов (по заявлению обучающегося) предоставляется учебная информация в доступных формах с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные задания, консультации и др.

## **6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

В соответствии с требованиями ФГОС ВО для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю) созданы фонды оценочных средств. Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 1.

## **7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **7.1 Основная литература**

1. Муфтахов, Е. М. Специальные методы перекачки нефтей и нефтепродуктов : учебное пособие / Е. М. Муфтахов, В. Н. Муфтахова. — Уфа : УГНТУ, 2020. — 79 с. — ISBN 978-5-7831-2107-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/245228> (дата обращения: 18.07.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Серебренников, В. С. Основы расчета трубопроводов нефти и нефтепродуктов : учебное пособие / В. С. Серебренников. — Омск : СибАДИ, 2020. — 38 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/163733> (дата обращения: 18.07.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Юшин, Е. С. Насосное оборудование системы трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов: конструкция, эксплуатация и расчет : учебное пособие / Е. С. Юшин. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 212 с. - ISBN 978-5-9729-0957-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1904181> (дата обращения: 23.07.3783). — Текст : электронный.

### **7.2 Дополнительная литература**

1. Дунай, О. В. Расчет характеристики гидравлической системы : учебно-методическое пособие / О. В. Дунай, В. М. Чефанов. — Казань : КНИТУ-КАИ, 2019. — 148 с. — ISBN 978-5-7579-2386-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/144003> (дата обращения: 18.07.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Нисковская, Е. В. Проектирование сооружений в нефтегазовом комплексе : учебное пособие / Е. В. Нисковская, А. В. Никитина, Е. Г. Автомонов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 156 с. - ISBN 978-5-9729-0865-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1904194> (дата обращения: 23.07.3783). — Текст : электронный.

**7.3 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы (при необходимости):**

1. Электронно-библиотечная система "ZNANIUM.COM"
2. Электронно-библиотечная система "ЛАНЬ"
3. Open Academic Journals Index (ОАИ). Профессиональная база данных - Режим доступа: <http://oaji.net/>
4. Президентская библиотека им. Б.Н.Ельцина (база данных различных профессиональных областей) - Режим доступа: <https://www.prlib.ru/>
5. Информационно-справочная система "Консультант Плюс" - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>

**8 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения**

Основное оборудование:

- Компьютеры

Программное обеспечение:

- Mathcad
- Microsoft Office Professional Plus 2013 Russian

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

Фонд оценочных средств  
для проведения текущего контроля  
и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

**КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Направление и направленность (профиль)  
21.03.01 Нефтегазовое дело. Нефтегазовое дело

Год набора на ОПОП  
2023

Форма обучения  
очная

Владивосток 2024



## 1 Перечень формируемых компетенций

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции
21.03.01 «Нефтегазовое дело» (Б-НД)	ОПК-5 : Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-5.1к : применяет современные информационные технологии для решения поставленных задач
	ПКВ-1 : Способность проводить работы по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации технологического оборудования в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности	ПКВ-1.1к : применяет знания назначения, правил эксплуатации и ремонта нефтегазового оборудования, методов монтажа, регулировки и наладки оборудования

Компетенция считается сформированной на данном этапе в случае, если полученные результаты обучения по дисциплине оценены положительно (диапазон критериев оценивания результатов обучения «зачтено», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично»). В случае отсутствия положительной оценки компетенция на данном этапе считается несформированной.

## 2 Показатели оценивания планируемых результатов обучения

**Компетенция ОПК-5 «Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности»**

Таблица 2.2 – Критерии оценки индикаторов достижения компетенции

Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине			Критерии оценивания результатов обучения
	Код результата	Тип результата	Результат	
ОПК-5.1к : применяет современные информационные технологии для решения поставленных задач	РД1	Знание	современных информационных технологий, применяемых для решения задач профессиональной деятельности	Сформировавшееся знание современных информационных технологий, применяемых для решения задач профессиональной деятельности
	РД2	Умение	использовать современные информационные технологии для решения поставленных задач	Сформировавшееся умение использовать современные информационные технологии для решения поставленных задач
	РД3	Навык	применения современных информационных технологий для решения поставленных задач	Сформировавшийся навык применения современных информационных технологий для решения поставленных задач

Таблица заполняется в соответствии с разделом 1 Рабочей программы дисциплины (модуля).

**Компетенция ПКВ-1** «Способность проводить работы по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации технологического оборудования в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности»

Таблица 2.1 – Критерии оценки индикаторов достижения компетенции

Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине			Критерии оценивания результатов обучения
	Код рез-та	Тип рез-та	Результат	
ПКВ-1.1к : применяет знания назначения, правил эксплуатации и ремонта нефтегазового оборудования, методов монтажа, регулировки и наладки оборудования	РД4	Знание	состава и назначения технологического оборудования и основных узлов, применяемых на объектах нефтегазового комплекса	Сформировавшееся знание состава и назначения технологического оборудования и основных узлов, применяемых на объектах нефтегазового комплекса
	РД5	Умение	применять знания назначения, правил эксплуатации и ремонта нефтегазового оборудования для проектирования объектов нефтегазового комплекса	Сформировавшееся систематическое умение применять знания назначения, правил эксплуатации и ремонта нефтегазового оборудования для проектирования объектов нефтегазового комплекса
	РД6	Навык	практического применения знаний назначения, правил эксплуатации и ремонта нефтегазового оборудования для проектирования объектов нефтегазового комплекса	Сформировавшиеся систематические навыки практического применения знаний назначения, правил эксплуатации и ремонта нефтегазового оборудования для проектирования объектов нефтегазового комплекса

### 3 Перечень оценочных средств

Таблица 3 – Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)

Контролируемые планируемые результаты обучения		Контролируемые темы дисциплины	Наименование оценочного средства и представление его в ФОС	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
Очная форма обучения				
РД1	Знание : современных информационных технологий, применяемых для решения задач профессиональной деятельности	1.1. Курсовой проект	Задания по выполнению курсового проекта	Защита курсового проекта
РД2	Умение : использовать современные	1.1. Курсовой проект	Задания по выполнению курсового проекта	Защита курсового проекта

	информационные технологии для решения поставленных задач			
РД3	Навык : применения современных информационных технологий для решения поставленных задач	1.1. Курсовой проект	Задания по выполнению курсового проекта	Защита курсового проекта
РД4	Знание : состава и назначения технологического оборудования и основных узлов, применяемых на объектах нефтегазового комплекса	1.1. Курсовой проект	Задания по выполнению курсового проекта	Защита курсового проекта
РД5	Умение : применять знания назначения, правил эксплуатации и ремонта нефтегазового оборудования для проектирования объектов нефтегазового комплекса	1.1. Курсовой проект	Задания по выполнению курсового проекта	Защита курсового проекта
РД6	Навык : практического применения знаний назначения, правил эксплуатации и ремонта нефтегазового оборудования для проектирования объектов нефтегазового комплекса	1.1. Курсовой проект	Задания по выполнению курсового проекта	Защита курсового проекта

#### 4 Описание процедуры оценивания

Качество сформированности компетенций на данном этапе оценивается по результатам текущих и промежуточных аттестаций при помощи количественной оценки, выраженной в баллах. Максимальная сумма баллов по дисциплине (модулю) равна 100 баллам.

Вид учебной деятельности	Оценочное средство		
	Задания по выполнению курсового проекта	Защита курсового проекта	Итого
Самостоятельная работа	40	30	70
Промежуточная аттестация	-	30	30
Итого	40	60	100

Сумма баллов, набранных студентом по всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины, переводится в оценку в соответствии с таблицей.

Сумма баллов по дисциплине	Оценка по промежуточной аттестации	Характеристика качества сформированности компетенции
от 91 до 100	«зачтено» / «отлично»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций, обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, умеет свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
от 76 до 90	«зачтено» / «хорошо»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
от 61 до 75	«зачтено» / «удовлетворительно»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков по некоторым дисциплинарным компетенциям, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
от 0 до 60	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	Дисциплинарные компетенции не сформированы. Проявляется полное или практически полное отсутствие знаний, умений, навыков.

## 5 Примерные оценочные средства

### 5.1 Задания по выполнению курсового проекта

1. Расчёт режима работы компрессорного цеха.
2. Расчёт насосно-компрессорной группы.

#### Шкала оценки

№	Баллы	Описание
5	40	Студент демонстрирует умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями.
4	30	Студент демонстрирует умение выполнять практические задания, предусмотренные программой, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях
3	20	Студент демонстрирует умение выполнять практические задания, но допускаются значительные ошибки, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями
2	0-10	Задание выполнено неправильно или не выполнено

### 5.2 Задания по защите курсового проекта

1. Технологический расчёт вертикального масляного пылеуловителя.
2. Гидравлический расчёт вертикального масляного пылеуловителя.
3. Техника безопасности при работе на насосно-компрессорной станции.

#### Шкала оценки

№	Баллы	Описание
5	60	Студент демонстрирует умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями.
4	50	Студент демонстрирует умение выполнять практические задания, предусмотренные программой, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях

3	30	Студент демонстрирует умение выполнять практические задания, но допускаются значительные ошибки, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями
2	0-20	Задание выполнено неправильно или не выполнено

## КЛЮЧИ К ОЦЕНОЧНЫМ МАТЕРИАЛАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ»

### 5.1 Ответы на задания по выполнению курсового проекта

#### 1. Расчёт режима работы компрессорного цеха

Производительность одного нагнетателя вычисляется по формуле (1):

$$Q_{нагн} = \frac{Q}{n_{машин}}, \frac{\text{млн м}^3}{\text{ст}}; \quad (1)$$

где  $Q$  – производительность одного полнонапорного нагнетателя, млн м<sup>3</sup>/ст;  
 $n_{машин}$  – количество рабочих нагнетателей, обеспечивающих заданную пропускную способность, шт.

Производительность одной группы неполнонапорных нагнетателей рассчитывается по формуле (2):

$$Q_{нагн.гр} = \frac{Q_{нагн}}{n_{гр}}, \frac{\text{млн м}^3}{\text{ст}}; \quad (2)$$

где  $n_{гр}$  – количество рабочих групп нагнетателей, обеспечивающих заданную пропускную способность, шт.

Давление газа на входе в компрессорный цех рассчитывается по формуле (3):

$$P_{вс} = P_{к} - \delta P_{входа}, \text{ МПа}; \quad (3)$$

где  $P_{к}$  – конечное давление на участке газопровода, МПа;

$\delta P_{входа}$  – потери давления в пылеуловителях и входном шлейфе КЦ, для одноступенчатой очистки и газопроводов диаметром 1400 мм, МПа.

Коэффициент сжимаемости на входе в нагнетатель определяется по формуле (4):

$$z_{вс} = 1 - \frac{0,0241 \cdot P_{пр}}{\tau}; \quad (4)$$

где  $P_{пр}$  – приведённое давление, вычисляемое по формуле (5), МПа;

$\tau$  – температурный коэффициент, который находится по формуле (6).

$$P_{пр} = \frac{P_{вс}}{P_{кр}}, \text{ МПа}; \quad (5)$$

где  $P_{кр}$  – критическое давление, МПа.

$$\tau = 1 - 1,68 \cdot T_{пр} + 0,78 \cdot T_{пр}^2 + 0,0107 \cdot T_{пр}^3; \quad (6)$$

где  $T_{пр}$  – приведённая температура, вычисляется по формуле (7), К.

$$T_{пр} = \frac{T_{вс}}{T_{кр}}, \text{ К}; \quad (7)$$

где  $T_{кр}$  – критическая температура газа, К.

Плотность газа в условиях входа его в нагнетатель находится по формуле (8).

$$\gamma_{вс} = \frac{P_{вс} \cdot 10^6}{R \cdot T_{вс} \cdot z_{вс}}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad (8)$$

где  $R$  – газовая постоянная компримируемого газа, Дж/кг·К.

Объёмная производительность нагнетателя вычисляется по формуле (9).

$$Q_{наг.об.} = \frac{0,24 \cdot Q_{наг} \cdot z_{вс} \cdot T_{вс}}{P_{вс}}, \text{ м}^3/\text{мин.} \quad (9)$$

Приведённая объёмная производительность рассчитывается по формуле (10).

$$Q_{пр} = Q_{наг.об.} \cdot \frac{n_u}{n}, \frac{\text{м}^3}{\text{мин}}. \quad (10)$$

Приведённая частота вращения ротора нагнетателя находится по формуле (11).

$$\left[ \frac{n}{n_u} \right]_{пр} = \frac{n}{n_u} \cdot \sqrt{\frac{z_{пр} \cdot R_{пр} \cdot [T]_{пр}}{z_{вс} \cdot R \cdot T_{вс}}}; \quad (11)$$

где  $z_{пр}$  – приведенная степень сжатия нагнетателя;

$R_{пр}$  – приведенная газовая постоянная газа, Дж/кг·К;

$[T]$  – приведенная температура на роторе, К.

Внутренняя мощность, потребляемая нагнетателем, вычисляется по формуле (12).

$$N_i = \frac{\left[ \frac{N_i}{\gamma_u} \right]_{пр} \cdot \gamma_u}{\left( \frac{n_u}{n} \right)^3}, \text{ кВт}; \quad (12)$$

где  $\left[ \frac{N_i}{\gamma_u} \right]_{пр}$  – приведённая относительная внутренняя мощность,  $\frac{\text{кВт}}{\text{кг/м}^3}$ ;

$\gamma_u$  – плотность газа в нагнетателе, кг/м<sup>3</sup>.

Мощность, потребляемая нагнетателем, находим по формуле (13).

$$N = \frac{N_i}{0,95 \cdot \eta_m}, \text{ кВт}; \quad (13)$$

где  $\eta_m$  – механический КПД привода.

Располагаемая мощность ГТУ ищется по формуле (14).

$$N_e^{расч} = N_e^н \cdot K_n \cdot K_{об} \cdot K_y \cdot \left( 1 - K_t \cdot \frac{T_3 - T_3^н}{T_3} \right) \cdot \frac{P_{атм}}{0,1013}, \text{ кВт}; \quad (14)$$

где  $N_e^н$  – номинальная мощность ГТУ, кВт;

$K_n$  – коэффициент, учитывающий техническое состояние ГТУ;

$K_t$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры наружного воздуха;  
 $K_{об}$  – коэффициент, учитывающий влияние противообледенительной системы;  
 $K_y$  – коэффициент, учитывающий влияние системы утилизации тепла выхлопных газов;

$T_3^H$  – номинальная температура на входе в ГТУ, К;

$T_3$  – расчётная температура на входе в ГТУ, К (вычисляется по формуле (15));

$P_{атм}$  – расчётное давление наружного воздуха, МПа.

$$T_3 = T_a + \delta T_a, \text{ К}; \quad (15)$$

где  $T_a$  – среднегодовая температура окружающего воздуха, К;

$\delta T_a$  – поправка на изменчивость климатических параметров и местный подогрев наружного воздуха на входе в ГТУ, К.

Давление на выходе из нагнетателя рассчитывается по формуле (16).

$$P_{вых} = P_{вс} \cdot \varepsilon, \text{ МПа}; \quad (16)$$

где  $\varepsilon$  – степень сжатия газа.

Температура газа на выходе из ЦБН находится по формуле (17).

$$T_{вых} = T_{вс} \cdot \varepsilon^{\frac{0,235}{\eta_{пол}}}, \text{ К}; \quad (17)$$

где  $\eta_{пол}$  – политропический КПД.

Расход топливного газа на КЦ находится по формуле (18).

$$q_{мг} = q_{мг}^H \cdot \left( 0,75 \frac{N}{N_e^H} + 0,25 \cdot \sqrt{\frac{T_3}{T_3^H}} \cdot \frac{P_{атм}}{0,1013} \right), \frac{\text{М}^3}{\text{ч}}; \quad (18)$$

где  $q_{мг}^H$  – номинальный расход топливного газа, м<sup>3</sup>/ч (вычисляется по формуле (19)).

$$q_{мг}^H = \frac{860 \cdot N_e^H}{\eta_e^H \cdot Q_n^p \cdot 10^3} \cdot n_{маш}, \frac{\text{М}^3}{\text{ч}}; \quad (19)$$

где  $\eta_e^H$  – номинальный КПД ГПА;

$Q_n^p$  – низшая теплотворная способность газа, ккал/м<sup>3</sup>.

## 2. Расчёт насосно-компрессорной группы

Приведённая объёмная производительность определяется по формуле (20).

$$Q_{np} = Q_{наг.об} \cdot \frac{n_n}{n}, \frac{\text{М}^3}{\text{МИН}}; \quad (20)$$

где  $Q_{наг.об}$  – объёмная производительность нагнетателя, м<sup>3</sup>/мин.

Приведённая частота вращения ротора нагнетателя находится по формуле (21).

$$\left[ \frac{n}{n} \right]_{np} = \frac{n}{n_n} \cdot \sqrt{\frac{z_{np} \cdot R_{np} \cdot [T]_{np}}{z_{вс} \cdot R \cdot T_{вс}}}; \quad (21)$$

где  $n$  – выбранная частота вращения ротора нагнетателя, об/мин;



$z_{пр}, R_{пр}, [T]_{пр}$  – параметры газа из характеристики, составленной для данного нагнетателя;

$z_{вс}, R_{вс}, T_{вс}$  – параметры газа на всасывании.

Внутренняя мощность, потребляемая группой нагнетателей, вычисляется по формуле (22).

$$N_i^{внутр} = \left[ \frac{N_i}{\gamma_n} \right]_{пр} \cdot \gamma_n \cdot \left( \frac{n}{n_n} \right)^3, \text{ кВт.} \quad (22)$$

Мощность, потребляемая группой нагнетателей, находится по формуле (23).

$$N_i = \frac{\left[ \frac{N_i}{\gamma_n} \right]_{пр} \cdot \gamma_n}{\left( \frac{n_n}{n} \right)^3}, \text{ кВт.} \quad (23)$$

Мощность, потребляемая нагнетателем, вычисляется по формуле (24).

$$N = \frac{N_i}{0,95 \cdot \eta_m}, \text{ кВт;} \quad (24)$$

где  $\eta_m$  – механический КПД привода.

Располагаемая мощность ГТУ находится по формуле (25).

$$N_e^{распол} = N_e^H \cdot K_n \cdot K_{об} \cdot K_y \cdot \left( 1 - K_t \cdot \frac{T_3 - T_3^H}{T_3} \right) \cdot \frac{P_{атм}}{0,1013}, \text{ кВт.} \quad (25)$$

Давление на выходе из нагнетателя рассчитывается по формуле (26).

$$P_{вых} = P_{вс} \cdot \varepsilon, \text{ МПа.} \quad (26)$$

Температура газа на выходе из ЦБН находится по формуле (27).

$$T_{вых} = T_{вс} \cdot \varepsilon^{0,235 \eta_{пол}}, \text{ К.} \quad (27)$$

Расход топливного газа на КЦ вычисляется по формуле (28).

$$q_{мг}^H = q_{мг}^H \cdot \left( 0,75 \cdot \frac{N}{N_e^H} + 0,25 \cdot \sqrt{\frac{T_3}{T_3^H}} \cdot \frac{P_{атм}}{0,1013} \right), \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}; \quad (28)$$

где  $q_{тг}^H$  – номинальный расход топливного газа,  $\text{м}^3/\text{ч}$  (вычисляется по формуле (29)).

$$q_{мг}^H = \frac{860 \cdot N_e^H}{\eta_e^H \cdot Q_n^p \cdot 10^3} \cdot n_{маш}, \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}. \quad (29)$$

Далее необходимо произвести расчёт второй ступени. Он производится аналогичным способом.

Общий расход топливного газа рассчитывается по формуле (30).

$$q_{\text{общ}} = (q_{m21} + q_{m22}) \cdot n_{\text{гр}}, \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}; \quad (30)$$

где  $q_{\text{тг1}}$  – расход топливного газа 1-ой ступени,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  
 $q_{\text{тг2}}$  – расход топливного газа 2-ой ступени,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  
 $n_{\text{гр}}$  – количество групп, шт.

## 5.2 Защита курсового проекта

### 3. Технологический расчёт вертикального масляного пылеуловителя

По полученным ранее показателям выбираем пылеуловитель для рассчитываемого цеха. Технические характеристики пылеуловителя заносим в таблицу 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика пылеуловителя

Наименование характеристики	Обозначение, единица измерения	Значение
Номинальная пропускная способность	$Q$ , $\text{м}^3/\text{ч}$	
Рабочее давление	$P_{\text{раб}}$ , МПа	
Диапазон рабочей температуры	$T_{\text{раб}}$ , К	
Диаметр: – контактных трубок – дренажных трубок	$d_k$ , мм $d_d$ , мм	

Пропускную способность пылеуловителя определяет сечение контактных трубок. Секундный расход газа при заданных условиях можно найти по формуле (31).

$$q_c = \frac{Q \cdot P_{\text{ст}} \cdot T_{\text{раб}}}{24 \cdot 3600 \cdot P_{\text{раб}} \cdot T_{\text{ст}}}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}; \quad (31)$$

где  $P_{\text{ст}}$  – давление при стандартных условиях, МПа;

$T_{\text{ст}}$  – температура при стандартных условиях, К.

Далее необходимо выбрать допустимую скорость газа в контактных трубках и в свободном сечении из таблицы 2.

Таблица 2 – Допустимые скорости в пылеуловителе

Давление газа $P_{\text{раб}}$ , МПа	Допустимая скорость, м/с		
	В контактных трубках, $W_k$	В свободном сечении, $W_0$	Набегания на жалюзи, $W_{\text{ж}}$
1	3,35	1,12	0,65
2	2,35	0,79	0,45
3	1,95	0,65	0,37
4	1,68	0,56	0,34
5	1,50	0,50	0,28
6	1,38	0,46	0,26
7	1,27	0,43	0,24

Общая потребная площадь группы пылеуловителей для очистки принятого количества газа рассчитывается по формуле (32).

$$F = \frac{q_c}{W_0}, \text{ м}^2. \quad (32)$$

Число пылеуловителей определяем по формуле (33).

$$n_i = \frac{F}{f_p}, \text{ шт.}; \quad (33)$$

где  $f_p$  – площадь поперечного сечения одного пылеуловителя,  $\text{м}^2$ .

$$\begin{aligned} f_{p1} &= 0,8 \text{ м}^2; \\ f_{p2} &= 1,5 \text{ м}^2; \\ f_{p3} &= 4,3 \text{ м}^2. \end{aligned}$$

Затраты металла на группу пылеуловителей рассчитываются по формуле (34).

$$G = g_i \cdot n_i, \text{ кг}; \quad (34)$$

где  $g_i$  – масса  $i$ -го пылеуловителя, кг.

$$\begin{aligned} g_1 &= 9800 \text{ кг}; \\ g_2 &= 11200 \text{ кг}; \\ g_3 &= 29000 \text{ кг}. \end{aligned}$$

Действительная газовая нагрузка на один пылеуловитель определяется по формуле (35).

$$q_n = \frac{q_c}{n}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (35)$$

Далее необходимо проверить скорость газа в контактных трубках. Для этого необходимо определить суммарную площадь поперечного сечения контактных трубок по формуле (36).

$$\sum f_k = \left( \frac{\pi \cdot d_k^2}{4} \right) \cdot n_k, \text{ м}^2; \quad (36)$$

где  $d_k$  – диаметр контактных трубок, м;

$n_k$  – число контактных трубок, шт.

Действительная скорость газа в контактных трубках вычисляется по формуле (37).

$$W_k = \frac{q_n}{\sum f_k}, \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad (37)$$

Далее необходимо проверить действительную скорость газа в осадительной секции. Для этого определим площадь свободного поперечного сечения осадительной секции по формуле (38).

$$f_0 = f_p - f_d, \text{ м}^2; \quad (38)$$

где  $f_d$  – суммарная площадь, занимаемая дренажными трубками,  $\text{м}^2$  (вычисляется по формуле (39)).

$$f_d = \left( \frac{\pi \cdot d_d^2}{4} \right) \cdot n_d, \text{ м}^2; \quad (39)$$

где  $d_d$  – диаметр дренажных трубок, м;

$n_d$  – число дренажных трубок, шт.

Определяем действительную скорость газа в осадительной секции по формуле (40).

$$W_0 = \frac{q_n}{f_0}, \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad (40)$$

#### 4. Гидравлический расчёт вертикального масляного пылеуловителя

Потери давления в пылеуловителе, вызванные местными сопротивлениями рассчитываются по формуле (41).

$$h = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6, \text{ кг/м}^2; \quad (41)$$

где  $h_1$  – потери при внезапном расширении газа на входе,  $\text{кг/м}^2$ ;

$h_2$  – потери при внезапном сужении на входе в контактные трубки,  $\text{кг/м}^2$ ;

$h_3$  – потери в контактных трубках,  $\text{кг/м}^2$ ;

$h_4$  – потери при внезапном расширении газа на выходе из контактных трубок,  $\text{кг/м}^2$ ;

$h_5$  – потери в жалюзийном сепараторе,  $\text{кг/м}^2$ ;

$h_6$  – потери на выходе газа из пылеуловителя при внезапном сужении,  $\text{кг/м}^2$ .

Потери при внезапном расширении и сужении газа определяются по формуле (42).

$$h_i = \xi \cdot \frac{\rho \cdot W^2}{2 \cdot g}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}; \quad (42)$$

где  $\xi$  – коэффициент местных сопротивлений;

$\rho$  – относительная плотность газа,  $\text{кг/м}^3$ ;

$W$  – скорость газа на данном участке,  $\text{м/с}$ ;

$g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ .

Значения коэффициентов местного сопротивления выбираются из таблицы 3.

Таблица 3 – Значения коэффициентов местного сопротивления

№	Вид сопротивлений	Коэффициент гидравлического сопротивления
1	Внезапное расширение газа на входе в пылеуловитель	0,25...0,35
2	Внезапное сужение газа на входе в контактные трубки	0,55
3	Контактные трубки	0,083
4	Внезапное расширение газа на выходе из контактных трубок	1
5	Жалюзийный аппарат	0,2
6	Внезапное сужение газа на выходе из пылеуловителя	0,5

Скорости при внезапном расширении газа на входе в пылеуловитель  $W_1$  и при внезапном сужении при входе в контактные трубки  $W_2$  равны и определяются по формуле (43).

$$W_1 = W_2 = \frac{q_c}{2 \cdot 0,785 \cdot d_p^2}, \text{ м/с}; \quad (43)$$

где  $d_p$  – диаметр подводящего патрубка, м.

Потери в контактных трубках рассчитываются по формуле (44).

$$h_3 = \lambda \cdot \frac{(W_k - W_g)^2}{2 \cdot g \cdot d_k} \cdot L \cdot \left( \rho_g - (\rho_g - \rho) \cdot \frac{W_k}{W_k - W_g} \right), \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}; \quad (44)$$

где  $\lambda$  – коэффициент гидравлического сопротивления;

$W_g$  – скорость жидкости, м/с;

$W_k$  – допустимая скорость в контактных трубках, м/с;

$L$  – длина трубок, м;

$\rho_v$  – плотность жидкости в рабочих условиях, кг/м<sup>3</sup>.

Потери в жалюзийном сепараторе находятся по формуле (45).

$$h_5 = \xi_5 \cdot \frac{\rho \cdot W_{gat}^2}{2 \cdot g \cdot F_a} \cdot \frac{L}{m}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}; \quad (45)$$

где  $W_{gat}$  – скорость набегания газа на элементы жалюзийного сепаратора, м/с;

$F_a$  – коэффициент живого сечения сепаратора (вычисляется по формуле (46));

$H$  – высота жалюзийного сепаратора, м;

$m$  – гидравлический радиус жалюзийного сепаратора, м (рассчитывается по формуле (47)).

$$F_a = \frac{\delta}{\delta + \zeta}; \quad (46)$$

где  $\delta$  – ширина между жалюзи, м;

$\zeta$  – толщина места жалюзи, м.

$$m = \frac{F_1}{\rho}, \text{ м}; \quad (47)$$

где  $F_1$  – площадь живого сечения сепаратора, м<sup>2</sup> (вычисляется по формуле (48)).

$$F_1 = \frac{H}{\delta}, \text{ м}^2. \quad (48)$$

## 5. Техника безопасности при работе на насосно-компрессорной станции

Обвязочные газопроводы, находящиеся на территории и в цехах компрессорной станции, характеризуются высокими давлениями транспортируемого газа как в самих газопроводах, так и в аппаратах, установках и других коммуникациях, из которых возможен выход газа при нарушении герметичности фланцевых соединений и арматуры, а также возможными образованиями пирофорных соединений в пылеуловителях, отстойниках, емкостях и других местах. Вредными для организма человека являются повышенная

температура, вибрация оборудования и шумы в компрессорных цехах, поэтому при выполнении любых работ в производственных помещениях, внутри аппаратов, сосудов и на других коммуникациях КС от персонала требуется строгое соблюдение правил техники безопасности и организация безопасных условий труда.

К работе на КС допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие вводный инструктаж, обучение безопасным приемам и методам работы, инструктаж на рабочем месте по правилам внутреннего распорядка, технике безопасности при эксплуатации технологического оборудования по профессиям и выполнению отдельных видов работ, правилам пожарной безопасности на КС и успешно сдавшие экзамены на допуск к самостоятельной работе. Весь персонал должен уметь оказывать первую помощь пострадавшим.

Лицам, не занятым эксплуатацией или ремонтом газоперекачивающих агрегатов (ГПА) и их оборудования, запрещается заходить в помещения компрессорных цехов или блок-боксы контейнерного типа, на площадки стационарных коллекторов, узлы подключения КС без разрешения руководства КС. Каждый работник должен немедленно сообщить своему непосредственному начальнику о нарушениях правил и инструкций, а также о неисправностях оборудования, защитных устройств и т.п. Ответственность за соблюдение правил техники безопасности несет весь персонал КС в соответствии с выполняемыми обязанностями.

Персонал должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты (СИЗ) в соответствии с типовыми отраслевыми нормами и характером выполняемой работы.

Содержание горючих газов и паров в воздухе производственных помещений при эксплуатации не должно превышать 5% их нижнего предела взрываемости (НПВ). Помещения, где возможно образование опасных газоздушных смесей, в соответствии с проектом оборудуются сигнализаторами дозврывоопасных концентраций газов, сблокированных с автоматикой включения аварийной вентиляции. Первый сигнал (звуковой) подается от сигнализатора при достижении содержания горючего газа в воздухе помещения или в одном из возможных мест его скопления, равной 10% его НПВ (около 0,5% по метану), при одновременном автоматическом включении аварийной вытяжной вентиляции. По этому сигналу необходимо принять меры по обнаружению места утечки газа и ее ликвидации. При содержании горючего газа в помещении сверх 20% его НПВ (1% по метану) эксплуатация оборудования должна быть прекращена автоматически. Запрещается эксплуатировать компрессорный цех с выключенной или неисправной системой контроля загазованности. Работоспособность автоматической сигнализации и автоматическое включение аварийной вентиляции проверяются персоналом ежемесячно.

Эксплуатация ГПА должна быть прекращена в случаях, оговоренных техническими инструкциями по эксплуатации отдельных типов агрегатов, в том числе при неисправности запорной и регулирующей арматуры, контрольных приборов, кнопок управления и сигнализации на щите управления, маслонасосов или масляных фильтров; снижении уровня масла в маслобаке или давления масла в системе ниже допустимого значения; значительных утечках масла или газа; отключенных автоматических защитах; в случае возгорания ГПА и др. обстоятельствах, угрожающих целостности оборудования и жизни обслуживающего персонала. Обнаруженные неисправности нельзя устранять на работающем ГПА.

Газоперекачивающий агрегат, остановленный для вывода его в резерв или для ремонта, должен быть немедленно отключен от технологических, пусковых, топливных и импульсных газопроводов. При грозе запрещается пуск ГПА и проведение переключений на технологической обвязке и силовом электрооборудовании.

Дежурный персонал КС при приеме смены обязан проверить действующие или подготовленные к пуску установки с целью обнаружения возможных неисправностей или дефектов; получить информацию от сдающих смену о технологических особенностях и режимах работы оборудования, а также сведения об исправности защитных устройств и

приспособлений; немедленно сообщить вышестоящему руководителю или диспетчеру о всех замеченных нарушениях или необычных условиях работы КС или ГПА при приеме смены.

Прием и сдача смены во время производимых переключений, при операциях по пуску или остановке оборудования, как правило, не разрешаются.