

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

Рабочая программа дисциплины (модуля)  
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ НЕФТЕГАЗОВОГО  
КОМПЛЕКСА**

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

Год набора на ОПОП  
2022

Форма обучения  
очная

Владивосток 2023

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Технологические машины и оборудование нефтегазового комплекса» 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):

*Городников О.А., старший преподаватель, Кафедра транспортных процессов и технологий, Gorodnikov.O@vvsu.ru*

Утверждена на заседании кафедры транспортных процессов и технологий от 18.04.2023 , протокол № 8

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой (разработчика)

Кузнецов П.А.

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

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

Целью освоения дисциплины «Технологические машины и оборудование нефтегазового комплекса» является теоретическая подготовка студентов к практической деятельности в области сооружения и ремонта основного и вспомогательного оборудования газонефтепроводов.

Задача дисциплины - научить:

- эксплуатировать и обслуживать технологическое оборудование, используемое при хранении и сбыте нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов;
- осуществлять технологические процессы хранения и сбыта нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов;
- эксплуатировать и обслуживать технологическое оборудование, используемое при трубопроводном транспорте нефти и газа;
- выполнять работы по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих;
- осуществлять размещение технологического оборудования, расчет производственных мощностей загрузки оборудования по действующим методикам и нормативам.

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)	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	РД1	Знание	состава и назначения технологического оборудования и основных узлов, применяемых на магистральных газонефтепроводах
			РД2	Умение	эксплуатировать и обслуживать технологическое оборудование, используемое при трубопроводном транспорте нефти и газа
			РД3	Навык	расчета параметров технологического оборудования, используемого при трубопроводном транспорте нефти и газа
		ПКВ-1.2к : анализирует параметры работы технологического оборудования в соответствии с нормативами в рамках решения поставленных задач	РД4	Знание	методов анализа параметров технического состояния технологического оборудования, используемого при трубопроводном транспорте нефти и газа

		профессиональной деятельности	РД5	Умение	проводить анализ параметров работы технологического оборудования, используемого при трубопроводном транспорте нефти и газа
			РД6	Навык	определения и расчета работы технологического оборудования, используемого при транспорте и хранении углеводородов
		ПКВ-1.3к : использует методы диагностики и технического обслуживания технологического оборудования (наружный и внутренний осмотр) в соответствии с требованиями промышленной безопасности и охраны труда	РД7	Знание	методов диагностики и технического обслуживания технологического оборудования, используемого при транспорте и хранении углеводородов
			РД8	Умение	проведения диагностики технологического оборудования, используемого при транспорте и хранении углеводородов
			РД9	Навык	применения средств диагностики и технического обслуживания технологического оборудования, используемого при транспорте и хранении углеводородов

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Технологические машины и оборудование нефтегазового комплекса» входит в структуру вариативной 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.В	5	5	91	36	18	36	1	0	89	Э

## 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	Состав и назначение оборудования нефтепроводов, головных и промежуточных насосных станций для перекачки нефти	РД4, РД8	2	0	0	6	Практические задания, собеседование
2	Агрегатные системы НПС, оборудование резервуарного парка	РД2, РД3, РД4	6	4	8	14	Практические задания, собеседование
3	Влияние характеристик нефти на процесс транспортировки, средства измерения расхода и качества нефти	РД7	4	2	4	10	Практические задания, собеседование
4	Состав и назначение основного оборудования газопроводов	РД1, РД5	2	0	0	6	Практические задания, собеседование
5	Агрегатные системы КС и газоперекачивающих установок	РД2, РД5, РД7	6	4	8	14	Практические задания, собеседование
6	Влияние характеристик газа на процесс транспортировки, средства измерения расхода газа и его характеристик	РД5, РД8	4	2	4	10	Практические задания, собеседование
7	Оборудование для распределения и хранения газа	РД2, РД3, РД6, РД9	4	2	6	10	Практические задания, собеседование
8	Трубопроводная арматура систем транспортировки нефти и газа	РД9	4	2	4	9	Практические задания, собеседование
9	Вспомогательные системы нефтеперекачивающих и компрессорных станций.	РД2, РД8	4	2	2	10	Практические задания, собеседование
<b>Итого по таблице</b>			<b>36</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>89</b>	

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

*Тема 1 Состав и назначение оборудования нефтепроводов, головных и промежуточных насосных станций для перекачки нефти.*

Содержание темы: Виды нефтепроводов. Основные объекты и сооружения магистрального нефтепровода. Системы перекачки нефти. Основные виды насосов и требования к насосному оборудованию НПС, их показатели. Комплексная характеристика насоса.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции, практические занятия.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Изучение конспекта лекций. Подготовка к практическим занятиям.

*Тема 2 Агрегатные системы НПС, оборудование резервуарного парка.*

Содержание темы: Система разгрузки и охлаждения торцевых уплотнений. Система смазки и охлаждения подшипников. Система откачки утечек от торцевых уплотнений. Средства контроля и защиты насосного агрегата. Система подготовки и подачи сжатого

воздуха. Система сглаживания волн давления. Основные сведения о резервуарных парках. Оборудование резервуаров. Предотвращение образования отложений и удаление нефтеосадков из резервуаров.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции, практические занятия.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Изучение конспекта лекций. Подготовка к практическим занятиям.

*Тема 3 Влияние характеристик нефти на процесс транспортировки, средства измерения расхода и качества нефти.*

Содержание темы: Классификация товарных видов нефти. Основные физические свойства нефти и их влияние на процесс транспортировки. Учет количества нефти при хранении и транспортировке.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции, практические занятия.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Изучение конспекта лекций. Подготовка к практическим занятиям.

*Тема 4 Состав и назначение основного оборудования газопроводов.*

Содержание темы: Виды магистральных газопроводов. Основные объекты и сооружения магистральных газопроводов. Виды газоперекачивающих агрегатов на компрессорных станциях и их показатели.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции, практические занятия.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Изучение конспекта лекций. Подготовка к практическим занятиям.

*Тема 5 Агрегатные системы КС и газоперекачивающих установок.*

Содержание темы: Системы очистки технологического газа. Аппараты для охлаждения газа. Установки для подготовки топливного, пускового и импульсного газа для собственных нужд. Системы маслоснабжения компрессорных станций и газоперекачивающих агрегатов.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции, практические занятия.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Изучение конспекта лекций. Подготовка к практическим занятиям.

*Тема 6 Влияние характеристик газа на процесс транспортировки, средства измерения расхода газа и его характеристик.*

Содержание темы: Влияние свойств газов на технологию их транспорта. Термодинамика процессов сжатия газа. Конструктивные особенности центробежных компрессоров. Методы и устройства измерения расхода газа. Автоматизированные измерительные комплексы для пунктов учета газа.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции, практические занятия.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Изучение конспекта лекций. Подготовка к практическим занятиям.

*Тема 7 Оборудование для распределения и хранения газа.*

Содержание темы: Методы компенсации неравномерности потребления газа. Хранение газа в газгольдерах. Подземные газохранилища. Газораспределительные сети. Устройство газорегуляторных пунктов и установок. Устройство газораспределительных станций.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции, практические занятия.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Изучение конспекта лекций. Подготовка к практическим занятиям.

#### *Тема 8 Трубопроводная арматура систем транспортировки нефти и газа.*

Содержание темы: Общие сведения об арматуре. Запорная арматура. Приводы запорной арматуры. Обратные клапаны. Предохранительные устройства. Регулирующие заслонки.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции, практические занятия.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Изучение конспекта лекций. Подготовка к практическим занятиям.

#### *Тема 9 Вспомогательные системы нефтеперекачивающих и компрессорных станций.*

Содержание темы: Назначение вспомогательных систем. Системы водоснабжения. Системы водоотведения. Системы теплоснабжения. Системы вентиляции. Электроснабжение перекачивающих станций.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции, практические занятия.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Изучение конспекта лекций. Подготовка к практическим занятиям.

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

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

В ходе изучения данного курса студент слушает лекции по основным темам, посещает практические занятия, занимается индивидуально. Практические занятия предполагают как индивидуальное, так и групповое выполнение поставленных задач, коллективное обсуждение полученных результатов.

Особое место в овладении данным курсом отводится самостоятельной работе по изучению литературы, электронных изданий, работе с библиотечными и поисковыми системами.

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;
- информационные технологии: Microsoft Office Professional Plus 2013 Russian.

#### **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. Баяндин, В. В. Основные объекты и оборудование газонефтепроводов : учебное пособие / В. В. Баяндин. — Иркутск : ИРНИТУ, 2019. — 144 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/217295> (дата обращения: 17.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Елькин, Б. П. Технологические процессы нефтегазового комплекса : учебное пособие / Б. П. Елькин, В. А. Иванов, А. В. Рябков ; под. ред. Б. П. Елькина. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 168 с. - ISBN 978-5-9729-0782-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1904196> (дата обращения: 15.05.2024).

3. Карагодин, В. И., Технологические процессы технического обслуживания и ремонта транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования (строительные и дорожные машины) : учебник / В. И. Карагодин. — Москва : КноРус, 2022. — 329 с. — ISBN 978-5-406-09754-0. — URL: <https://book.ru/book/944572> (дата обращения: 15.05.2024). — Текст : электронный.

4. Харлов, М. В. Эксплуатация машин : учебное пособие / М. В. Харлов. — Санкт-Петербург : ПГУПС, 2019 — Часть 1 : Эксплуатация машин — 2019. — 51 с. — ISBN 978-5-7641-1365-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153628> (дата обращения: 17.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **7.2 Дополнительная литература**

1. Оборудование нефтегазопереработки, химических и нефтехимических производств : учебник : в 2 книгах / А. С. Тимонин, Г. В. Божко, В. Я. Борщев [и др.] ; под общ. ред. А. С. Тимониной. — Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — Книга 1. — 476 с. : ил., табл., схем., граф. — Режим доступа: по подписке. — URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617825> (дата обращения: 03.05.2023). — Библиогр. в кн. — ISBN 978-5-9729-0268-2 (Кн. 1). -ISBN 978-5-9729-0270-5. — Текст : электронный.

2. Технологические процессы технического обслуживания и ремонта транспортно-технологических машин и оборудования : методические указания / Соколов В.Д.; Мелентьев Ю.К. — Кинель : РИО СамГАУ, 2019. — 35 с. — URL: <https://lib.rucont.ru/efd/690753> (дата обращения: 14.05.2024)



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

1. Электронно-библиотечная система "BOOK.ru"
2. Электронно-библиотечная система "ZNANIUM.COM"
3. Электронно-библиотечная система "ЛАНЬ"
4. Электронно-библиотечная система "РУКОНТ"
5. Электронно-библиотечная система "УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН"
6. Open Academic Journals Index (ОАИ). Профессиональная база данных - Режим доступа: <http://oaji.net/>
7. Президентская библиотека им. Б.Н.Ельцина (база данных различных профессиональных областей) - Режим доступа: <https://www.prlib.ru/>
8. 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
- Проектор
- Экран настенный рулонный

Программное обеспечение:

- AutoCAD
- Microsoft Office Professional Plus 2010
- SolidWorks

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

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

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ НЕФТЕГАЗОВОГО  
КОМПЛЕКСА**

Направление и направленность (профиль)

21.03.01 Нефтегазовое дело. Нефтегазовое дело

Год набора на ОПОП  
2022

Форма обучения  
очная

Владивосток 2023

## 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)	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
		ПКВ-1.2к : анализирует параметры работы технологического оборудования в соответствии с нормативами в рамках решения поставленных задач профессиональной деятельности
		ПКВ-1.3к : использует методы диагностики и технического обслуживания технологического оборудования (наружный и внутренний осмотр) в соответствии с требованиями промышленной безопасности и охраны труда

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 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 результата	Тип результата	Результат	
ПКВ-1.1к : применяет знания назначения, правил эксплуатации и ремонта нефтегазового оборудования, методов монтажа, регулировки и наладки оборудования	РД1	Знание	состава и назначения технологического оборудования и основных узлов, применяемых на магистральных газонефтепроводах	Сформированное систематическое знание состава и назначения технологического оборудования и основных узлов, применяемых на магистральных газонефтепроводах
	РД2	Умение	эксплуатировать и обслуживать технологическое оборудование, используемое при трубопроводном транспорте нефти и газа	Сформированное систематическое умение эксплуатировать и обслуживать технологическое оборудование, используемое при трубопроводном транспорте нефти и газа

	Р Д 3	Н а в ы к	расчета параметров технологического оборудования, используемого при трубопроводном транспорте нефти и газа	Сформировавшиеся систематические навыки расчета параметров технологического оборудования, используемого при трубопроводном транспорте нефти и газа
ПКВ-1.2к : анализирует параметры работы технологического оборудования в соответствии с нормативами в рамках решения поставленных задач профессиональной деятельности	Р Д 4	Зн а н и е	методов анализа параметров технического состояния технологического оборудования, используемого при трубопроводном транспорте нефти и газа	Сформировавшееся систематическое знание методов анализа параметров технического состояния технологического оборудования, используемого при трубопроводном транспорте нефти и газа
	Р Д 5	У м е н и е	проводить анализ параметров работы технологического оборудования, используемого при трубопроводном транспорте нефти и газа	Сформировавшееся систематическое умение проводить анализ параметров работы технологического оборудования, используемого при трубопроводном транспорте нефти и газа
	Р Д 6	Н а в ы к	определения и расчета работы технологического оборудования, используемого при транспорте и хранении углеводородов	Сформировавшиеся систематические навыки определения и расчета работы технологического оборудования, используемого при транспорте и хранении углеводородов
ПКВ-1.3к : использует методы диагностики и технического обслуживания технологического оборудования (наружный и внутренний осмотр) в соответствии с требованиями промышленной безопасности и охраны труда	Р Д 7	Зн а н и е	методов диагностики и технического обслуживания технологического оборудования, используемого при транспорте и хранении углеводородов	Сформировавшееся систематическое знание методов диагностики и технического обслуживания технологического оборудования, используемого при транспорте и хранении углеводородов
	Р Д 8	У м е н и е	проведения диагностики технологического оборудования, используемого при транспорте и хранении углеводородов	Сформировавшееся систематическое умение проведения диагностики технологического оборудования, используемого при транспорте и хранении углеводородов
	Р Д 9	Н а в ы к	применения средств диагностики и технического обслуживания технологического оборудования, используемого при транспорте и хранении углеводородов	Сформировавшиеся систематические навыки применения средств диагностики и технического обслуживания технологического оборудования, используемого при транспорте и хранении углеводородов

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

### 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 : состава и назначения технологического оборудования и основных узлов, применяемых на магистральных газонефтепроводах	1.4. Состав и назначение основного оборудования газопроводов	Собеседование	Экзамен в устной форме
РД2	Умение : эксплуатировать и обслуживать технологическое оборудование, используемое при трубопроводном транспорте нефти и газа	1.2. Агрегатные системы НПС, оборудование резервуарного парка	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
			Собеседование	Экзамен в устной форме
		1.5. Агрегатные системы КС и газоперекачивающих установок	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
			Собеседование	Экзамен в устной форме
		1.7. Оборудование для распределения и хранения газа	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
			Собеседование	Экзамен в устной форме
		1.9. Вспомогательные системы нефтеперекачивающих и компрессорных станций.	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
			Собеседование	Экзамен в устной форме
РД3	Навык : расчета параметров технологического оборудования, используемого при трубопроводном транспорте нефти и газа	1.2. Агрегатные системы НПС, оборудование резервуарного парка	Практическая работа	Экзамен в устной форме
			Собеседование	Экзамен в устной форме
		1.7. Оборудование для распределения и хранения газа	Практическая работа	Экзамен в устной форме
			Собеседование	Экзамен в устной форме
РД4	Знание : методов анализа параметров технического состояния технологического оборудования, и спользуемого при трубопроводном транспорте нефти и газа	1.1. Состав и назначение оборудования нефтепроводов, головных и промежуточных насосных станций для перекачки нефти	Собеседование	Экзамен в устной форме
		1.2. Агрегатные системы НПС, оборудование резервуарного парка	Собеседование	Экзамен в устной форме
РД5	Умение : проводить анализ параметров работы технологического оборудования, используемого при трубопроводном транспорте нефти и газа	1.4. Состав и назначение основного оборудования газопроводов	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме

			Собеседование	Экзамен в устной форме
		1.5. Агрегатные системы КС и газоперекачивающих установок	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
			Собеседование	Экзамен в устной форме
		1.6. Влияние характеристик газа на процесс транспортировки, средства и измерения расхода газа и его характеристик	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
			Собеседование	Экзамен в устной форме
РД6	Навык : определения и расчета работы технологического оборудования, и используемого при транспорте и хранении углеводородов	1.7. Оборудование для распределения и хранения газа	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
			Собеседование	Экзамен в устной форме
РД7	Знание : методов диагностики и технического обслуживания технологического оборудования, используемого при транспорте и хранении углеводородов	1.3. Влияние характеристик нефти на процесс транспортировки, средства измерения расхода и качества нефти	Собеседование	Экзамен в устной форме
		1.5. Агрегатные системы КС и газоперекачивающих установок	Собеседование	Экзамен в устной форме
РД8	Умение : проведения диагностики технологического оборудования, используемого при транспорте и хранении углеводородов	1.1. Состав и назначение оборудования нефтепроедов, головных и промежуточных насосных станций для перекачки нефти	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
			Собеседование	Экзамен в устной форме
		1.6. Влияние характеристик газа на процесс транспортировки, средства и измерения расхода газа и его характеристик	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
			Собеседование	Экзамен в устной форме
		1.9. Вспомогательные системы нефтеперекачивающих и компрессорных станций.	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
			Собеседование	Экзамен в устной форме
РД9	Навык : применения средств диагностики и технического обслуживания технологического оборудования, используемого при транспорте и хранении углеводородов	1.7. Оборудование для распределения и хранения газа	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
			Практическая работа	Экзамен в устной форме
			Собеседование	Экзамен в устной форме

	1.8. Трубопроводная арматура систем транспортировки нефти и газа	Лабораторная работа	Экзамен в устной форме
		Практическая работа	Экзамен в устной форме
		Собеседование	Экзамен в устной форме

#### 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			Инд. задание №1	Инд. задание №2	Практические занятия	Лабораторные работы	Итоговый экзамен	Итого
	Устное собеседование	Доклад	Доклад						
Лекции	10								10
Практические занятия						20			20
Лабораторные работы							20		20
Самостоятельная работа		10	10	10	10				30
Промежуточная аттестация								20	20
Итого	10	10	10	10	10	20	20	20	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 и 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 41 до 60	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	У студента не сформированы дисциплинарные компетенции, проявляется недостаточность знаний, умений, навыков.
от 0 до 40	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	Дисциплинарные компетенции не сформированы. Проявляется полное или практически полное отсутствие знаний, умений, навыков.

#### 5 Примерные оценочные средства

## 5.1 Собеседование – защита индивидуального задания

1. Способы очистки и оборудование для очистки природного газа перед транспортировкой и в процессе транспортировки.
2. Способы подготовки и оборудование для подготовки нефти перед транспортировкой (включая подготовку высоковязкой нефти).
3. Использование энергии компремированного газа на ГРС и ГРП (турбодетандеры, вихревые трубы и т.д.).
4. Методы хранения природного газа и оборудование газохранилищ.
5. Методы хранения и транспортировки сжиженного газа и оборудование хранилищ сжиженного газа.
6. Образование газогидратов при транспортировке газа и методы борьбы с этим процессом.
7. Методы и оборудование для снижения температуры газа за компрессорными станциями с целью снижения затрат на транспортировку газа.
8. Влияние характеристик нефти на энергозатраты при ее транспортировке, способы снижения энергозатрат.
9. Методы и оборудование для утилизации паров нефти в резервуарных парках и нефтеперегрузочных терминалах.
10. Методы и оборудование для очистки резервуаров нефтехранилищ от отложений.
11. Системы и оборудование для вентиляции компрессорных станций и нефтеперекачивающих станций.
12. Системы и оборудование для электроснабжения компрессорных станций.
13. Системы и оборудование для электроснабжения нефтеперекачивающих станций.
14. Системы и оборудование для водоснабжения нефтеперекачивающих станций и компрессорных станций.
15. Системы и оборудование для теплоснабжения компрессорных станций (отопительные котельные и котлы-утилизаторы).
16. Системы и оборудование для теплоснабжения нефтеперекачивающих станций (отопительные котельные).
17. Очистка сточных вод на НПС и нефтебазах.
18. Оборудование ГРС и ГРП.
19. Использование природного газа в когенерационных установках.
20. Методы и устройства для предотвращения кавитации в магистральных и подпорных насосах.
21. Использование сжиженных углеводородных газов в системе газоснабжения.
22. Перекачка высоковязких и застывающих нефтей по магистральным нефтепроводам.
23. Методы и средства защиты нефте и газопроводов от коррозии.
24. Методы и средства для измерения расхода и количества природного газа.
25. Методы и средства для измерения расхода и количества нефти.
26. Современные тенденции в сооружении и эксплуатации резервуаров.
27. Трубопроводная арматура, применяемая на НПС и компрессорных станциях.
28. Основные физико-химические свойства и состав нефти, методы контроля качества нефти.

### *Краткие методические указания*

Собеседование проводится как специальная беседа преподавателя со студентом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, рассчитанная на выяснение объема знаний студента по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Уровень усвоения теоретического материала проверяется посредством опроса по одному вопросу из каждого представленного выше раздела.

Самостоятельная работа выполняется в виде доклада, подготовленного в форме презентации по выбранной тематике. Презентация должна состоять из слайдов,



последовательно раскрывающих тему доклада. При подготовке презентации приветствуется использование мультимедийных технологий, улучшающих оформление и представление материала. Оценивание самостоятельной работы происходит в виде семинара, на котором студенты выступают с докладами.

#### *Шкала оценки*

Оценка	Баллы	Описание
отлично	10	Студент правильно, полно и четко отвечает на поставленный вопрос, используя профессиональную терминологию
хорошо	7	Студент правильно, полно и четко отвечает на поставленный вопрос, но затрудняется в формулировке профессиональных терминов
удовлетворительно	5	Студент правильно, но неполно и нечетко отвечает на поставленный вопрос и затрудняется в формулировке профессиональных терминов
плохо	3	Студент неправильно отвечает на поставленный вопрос
неудовлетворительно	1-2	Студент не отвечает на поставленный вопрос

## **5.2 Примеры заданий для выполнения практических работ**

### *Занятие 1. Расчет гидравлической системы с подбором центробежного насоса.*

1. Методы определения местных и линейных сопротивлений трубопровода.
2. Методы расчета характеристики трубопровода.
3. Определение параметров для выбора центробежного насоса.
4. Построение совместной характеристики трубопровода и центробежного насоса.
5. Определение рабочей точки насосного агрегата и параметров насоса на расчетном режиме.

### *Занятие 2. Поверочный расчет центробежного насоса.*

1. Предварительный расчет показателей центробежного насоса.
2. Расчет размеров рабочего колеса центробежного насоса.
3. Расчет скоростных показателей насоса в первом приближении.
4. Расчет скоростных показателей насоса во втором приближении.

### *Занятие 3. Оптимизация режима работы насоса в тракте.*

1. Обработка результатов испытаний центробежного насоса.
2. Определение максимальной подачи и напора насосного агрегата при заданном КПД установки.
3. Определение мощности привода центробежного насоса при заданных условиях эксплуатации.

### *Занятие 4. Последовательная, параллельная работа насосов, регулирование насосных агрегатов.*

1. Исследование параллельной работы насосов с построением совместной характеристики.
2. Исследование последовательной работы насосов с построением совместной характеристики.
3. Расчет процессов регулирования насоса при использовании задвижки (дросселированием) и изменении числа оборотов рабочего колеса.

### *Занятие 5. Расчет параметров транспортировки нефти при изменении температуры и плотности среды.*

1. Расчет показателей нефти при изменении ее температуры.
2. Определение основных характеристик трубопровода при транспортировке подогретой нефти.

### *Занятие 6. Расчет показателей газотранспортной системы.*

1. Расчет количества компрессорных станций и выбор типа газоперекачивающих агрегатов.
2. Определение показателей агрегатных систем компрессорной станции.
3. Определение характеристик газораспределительной станции.
4. Определение характеристик газорегуляторного пункта.

### *Занятие 7. Расчет изменения основных параметров природного газа при*

транспортировке.

1. Расчет изменения параметров газа в газопроводе при изменении давления и температуры.

2. Оценка влияния температуры и давления газа на сопротивление тракта и аккумулирующую способность газопровода.

3. Расчет сужающего устройства для измерения расхода газа в трубопроводе.

*Занятие 8. Расчет процессов сжатия газа в центробежном компрессоре.*

1. Расчет параметров в процессах изотермического и адиабатного сжатия газа.

2. Определение основных термодинамических показателей центробежного компрессора.

3. Расчет мощности центробежного компрессора.

*Занятие 9. Семинар. Заслушивание и обсуждение презентаций по индивидуальным темам самостоятельной работы.*

1. Прослушивание презентаций.

2. Обсуждение. Ответы на вопросы.

*Краткие методические указания*

Для того, чтобы подготовиться к практическому занятию, сначала следует ознакомиться с соответствующим текстом учебника (лекции). Подготовка к практическому занятию начинается после изучения задания и подбора соответствующих литературы и нормативных источников. Работа с литературой может состоять из трёх этапов - чтение, конспектирование и заключительное обобщение сути изучаемой работы. Подготовка к практическим занятиям, подразумевает активное использование справочной литературы (энциклопедий, словарей, альбомов схем и др.) и периодических изданий. Владение понятийным аппаратом изучаемого курса является необходимостью.

*Шкала оценки*

№	Баллы по результатам итоговой оценки	Описание
отлично	20	Обучающийся показывает высокий уровень знаний при выполнении заданий
хорошо	18	Обучающийся показывает хороший уровень знаний при выполнении заданий
удовлетворительно	15	Обучающийся показывает средний уровень знаний при выполнении заданий
плохо	12	Обучающийся показывает низкий уровень знаний при выполнении заданий
неудовлетворительно	0-8	Обучающийся не продемонстрировал знаний по теме при выполнении заданий.

### 5.3 Примерный перечень вопросов по темам

#### Экзамен в устной форме

Примерный перечень вопросов:

1. Состав и назначение оборудования нефтепроводов, головных и промежуточных насосных станций для перекачки нефти.

2. Трубопроводная арматура систем транспортировки нефти и газа.

3. Основные виды насосов и требования к насосному оборудованию НПС, показатели и характеристика насосов.

4. Работа насосных агрегатов на нефтепровод.

5. Вспомогательные системы нефтеперекачивающих станций.

6. Агрегатные системы НПС.

7. Состав и назначение основного оборудования газопроводов.

8. Оборудование резервуарного парка НПС.

9. Агрегатные системы КС и газоперекачивающих установок.

10. Влияние характеристик нефти на процесс транспортировки.

11. Оборудование для распределения и хранения газа.
12. Вспомогательные системы компрессорных станций.
13. Средства измерения расхода и качества нефти.
14. Основные виды газоперекачивающих агрегатов на компрессорных станциях и их показатели.
15. Методы и средства измерения расхода газа при транспортировке, хранении и распределении газа.
16. Режимы работы насосного оборудования НПС.
17. Влияние свойств газа на процесс транспортировки.
18. Назначение и состав резервуарных парков.
19. Назначение и виды систем газораспределения.
20. Технологические особенности транспортировки сжатого газа.

*Краткие методические указания*

Экзамен в устной форме проводится как специальная беседа преподавателя со студентом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, рассчитанная на выяснение объема знаний студента по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Уровень усвоения теоретического материала проверяется посредством выборочного опроса по разделам дисциплины.

*Шкала оценки*

№	Баллы	Описание
отлично	20	Студент правильно, полно и четко отвечает на поставленный вопрос, используя профессиональную терминологию
хорошо	18	Студент правильно, полно и четко отвечает на поставленный вопрос, но затрудняется в формулировке профессиональных терминов
удовлетворительно	15	Студент правильно, но неполно и нечетко отвечает на поставленный вопрос и затрудняется в формулировке профессиональных терминов
плохо	12	Студент неправильно отвечает на поставленный вопрос
неудовлетворительно	0-8	Студент не отвечает на поставленный вопрос

#### **5.4 Пример заданий на лабораторную работу**

*Лабораторная работа №1. Основные параметры центробежных насосов*

1. Теоретические основы работы центробежного насоса.
2. Ознакомление с экспериментальной установкой.
3. Определение параметров центробежного насоса.
4. Анализ и сопоставление полученных данных.

*Лабораторная работа №2. Исследование процессов регулирования работы центробежных насосов*

1. Теоретические основы процессов регулирования центробежного насоса.
2. Ознакомление с экспериментальной установкой.
3. Построение совместной характеристики насосов при последовательной и параллельной работе.

4. Построение совместной характеристики насоса и нефтепровода.

5. Анализ и сопоставление полученных данных.

*Лабораторная работа №3. Основные параметры центробежных нагнетателей*

1. Теоретические основы работы центробежного нагнетателя.
2. Ознакомление с экспериментальной установкой.
3. Определение параметров центробежного нагнетателя.
4. Анализ и сопоставление полученных данных.

*Лабораторная работа №4. Обеспечение беспомпажной работы нагнетателей КС*

1. Особенности работы центробежного нагнетателя на газопровод.
2. Оценка эффективности противопомпажных устройств.
3. Ознакомление с экспериментальной установкой.

4. Определение границы помпажа центробежного нагнетателя по его характеристике.
4. Анализ и сопоставление полученных данных.

*Лабораторная работа №5. Компоновка газоперекачивающего агрегата*

1. Ознакомление с компоновкой газоперекачивающего агрегата.
2. Определение показателей агрегатных систем газоперекачивающего агрегата.
3. Ознакомление с экспериментальной установкой.
4. Анализ и сопоставление полученных данных.

*Лабораторная работа №6. Исследование работы компрессорной установки для сжатия воздуха*

1. Теория термодинамических процессов сжатия газов.
2. Методика определения параметров в адиабатном процессе сжатия газа.
3. Ознакомление с экспериментальной установкой.
4. Анализ и сопоставление полученных данных.

*Лабораторная работа №7. Определение расхода и параметров газа в нагнетательной линии компрессора и дросселе*

1. Средства измерения расхода и показателей сжатого воздуха.
2. Ознакомление с экспериментальной установкой.
3. Анализ и сопоставление полученных данных.

*Лабораторная работа №8. Исследование эффекта Джоуля-Томсона при расширении газа в дросселе*

1. Теория дроссельного эффекта Джоуля-Томсона.
2. Предварительный расчет процесса охлаждения газа при расширении.
3. Ознакомление с экспериментальной установкой.
4. Анализ и сопоставление полученных данных.

*Лабораторная работа №9. Итоговый семинар. Заслушивание и обсуждение результатов лабораторных работ.*

1. Анализ результатов исследований.
2. Обсуждение. Ответы на вопросы.
3. Защита лабораторных работ.

*Краткие методические указания*

Результаты, полученные в ходе выполнения лабораторных работ должны быть оформлены в виде отчета. Студентом должны быть подготовлены ответы на контрольные вопросы по темам лабораторных работ. В лабораторных работах осваиваются навыки, которые необходимы, чтобы качественно выполнить кейс и затем использовать эти навыки при выполнении студенческих работ, а затем и в профессиональной деятельности.

*Шкала оценки*

№	Баллы по результатам итоговой оценки	Описание
отлично	20	Обучающийся показывает высокий уровень знаний при выполнении лабораторных работ
хорошо	18	Обучающийся показывает хороший уровень знаний при выполнении лабораторных работ
удовлетворительно	15	Обучающийся показывает средний уровень знаний при выполнении лабораторных работ
плохо	12	Обучающийся показывает низкий уровень знаний при выполнении лабораторных работ
неудовлетворительно	0-8	Обучающийся не продемонстрировал знаний по теме при выполнении лабораторных работ

## **КЛЮЧИ К ОЦЕНОЧНЫМ МАТЕРИАЛАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА»**

### **5.1 Собеседование – защита индивидуального задания**

1. На первом этапе осуществляется сушка – абсорбционная или адсорбционная. На втором этапе проводится сепарация при низких температурах. Третий этап – масляная абсорбция.

- 2. дегазация – удаление из сырья газов;
- стабилизация – удаление ненужных легких фракций;
- обезвоживание – отделение нефти от воды;
- обессоливание – изымание из энергоресурса лишних солей.

3. турбодетандеры, вихревые трубы

4. Подземные газохранилища (в пористых породах, полости горных пород), изотермические подземные хранилища.

5. Хранилища для хранения сжиженного газа делятся на четыре типа:

- Хранилища класса А, которые находятся на заводах по переработке нефти и газа.
- Хранилища класса Б, которые находятся на перевалочных портовых и кустовых базах и резервуарных парках.
- Хранилища группы В, которые находятся у крупных потребителей (населённые пункты и промышленные предприятия).
- Хранилища класса Г, которые предназначены для сглаживания неравномерности потребления газа, которая чаще всего является сезонной.

Существует несколько способов транспортировки сжиженного газа:

- Транспортировка сжиженного газа автотранспортом с помощью автоцистерн, в которые закачивается газ после сжатия.
- Транспортировка сжиженного газа трубопроводным транспортом.
- Транспортировка сжиженного газа железнодорожным транспортом с использованием специальной цистерны.

6. Для предупреждения образования газогидратов при транспортировке газа можно использовать следующие методы:

- Поддержание температуры потока газа выше температуры гидратообразования с помощью подогревателей, теплоизоляции трубопроводов и подбора режима эксплуатации.
- Понижение температуры точки росы газа.

- Уменьшение плотности газа путём извлечения из него тяжёлых углеводородов.

7. Установки воздушного охлаждения газа, состоящие из различного числа аппаратов воздушного охлаждения.

8. плотность

- вязкость
- испаряемость
- температура вспышки

9. установки рекуперации паров

10. Механическая зачистка.

- Химическая зачистка.
- Гидродинамическая зачистка.
- Пескоструйная зачистка.
- Ультразвуковая зачистка.

11. вытяжная и приточная вентиляция

12. Централизованное электроснабжение, собственные электростанции, когенерационная установка

13. Централизованное электроснабжение, собственные электростанции

14. Открытые водоёмы и подземные источники воды

15. Отопительные котельные и котлы-утилизаторы, когенерационная установка

16. Отопительные котельные

17. Механическая. Извлечение твёрдых и жидких грубодисперсных примесей.

- Физико-химическая. Очистка от коллоидных частиц.
- Биологическая. Удаление растворенных примесей.

18. узел переключения;

- узел очистки газа и сбора конденсата;
- узел предотвращения гидратообразования;
- узел подготовки газа для собственных нужд;
- узел редуцирования;
- узел подготовки теплоносителя;
- узел отопления;
- узел учёта газа;
- узел одоризации газа.

19. Когенерационная установка на основе природного газа позволяет одновременно производить электрическую и тепловую энергию из одного источника энергии в рамках единой интегрированной системы.

20. Для предотвращения кавитации в насосах можно использовать следующие меры:

- Опустить насос ближе к поверхности перекачиваемой жидкости для повышения давления во всасывающем патрубке.

- Увеличить диаметр и сократить длину всасывающего трубопровода.
- Снизить сопротивление на всасывающем трубопроводе: убрать изгибы под прямым углом, установить обратные клапаны и фильтры.
- При допустимости незначительного снижения напора и производительности уменьшить скорость вращения вала.
- Установить насос на оптимальной высоте, которая вычисляется по приведённым в паспорте устройства параметрам.

21. Сжиженный углеводородный газ (СУГ) используется в системе автономного газоснабжения.

Это альтернативный вариант традиционному газоснабжению, при котором обеспечивается бесперебойная подача газа из независимого от магистрального газопровода резервуара.

22. Перекачка высоковязких и высокозастывающих нефтей по магистральным нефтепроводам затруднена из-за их повышенной вязкости, высокой температуры застывания и других реологических особенностей.

Для обеспечения нормальных условий перекачки применяют специальные технологии:

- Гидроперекачку.
- Перекачку с предварительным улучшением реологических свойств нефти за счёт механического воздействия.
- Перекачку высоковязкой нефти в смеси с жидкими углеводородными разбавителями.
- Перекачку термически обработанных нефтей.
- Перекачку высокозастывающих парафинистых нефтей с депрессорными присадками.
- Перекачку нефти с подогревом.

### 23. пассивный

- активный
- уменьшение агрессивности среды

### 24. прямой метод

- косвенный метод
- измерение расхода газа по перепаду давлений
- скоростной метод
- ультразвуковой метод

### 25. объемный метод

- весовой метод
- объемно-весовой метод

26. К современным тенденциям в резервуаростроении можно отнести:

- Интеграцию в систему международных норм и стандартов по проектированию, изготовлению, сооружению и эксплуатации резервуаров.
- Гармонизацию отечественных стандартов с международными.
- Участие в деятельности межгосударственных советов по стандартизации, метрологии и сертификации.
- Модернизацию технологии сооружения стальных резервуаров из укрупнённых конструктивных узлов и частей, рулонированных полотнищ листовых частей, изготовленных в заводских условиях.
- Совершенствование системы лицензирования и допуска юридических и физических лиц на выполнение определённых технологических процессов по сооружению резервуаров, их парков.
- Развитие прогрессивных моделей организации резервуаростроения, в частности, модели «резервуарный парк „под ключ“».

27. краны

- задвижки
- вентили
- обратные клапаны
- перепускные клапаны

28. физико-химические свойства нефти:

- плотность
- вязкость
- испаряемость
- температура вспышки

Методы контроля качества нефти:

- физические методы
- химические методы
- физико-химические методы

## **5.2 Примеры заданий для выполнения практических работ**

*Занятие 1. Расчет гидравлической системы с подбором центробежного насоса.*

Для подбора центробежного насоса, в первую очередь, следует рассчитать напор насоса для заданной технологической схемы (сети).

Предположим, что в результате расчета получился напор насоса равный  $H_c = 81,6$  м при заданной производительности насоса  $V = 18, 20$  м<sup>3</sup> /ч. Таким образом, задача подбора насоса формулируется следующим образом: Для данной сети подобрать



центробежный насос с числом оборотов  $n = 2900$  об/мин, обеспечивающий подачу ( $V$ )  $18,20$  м<sup>3</sup> рабочей жидкости в час и напор  $H_c = 81,6$  м. Для решения этой задачи следует найти насос, напор которого ( $H_n$ ) больше, чем рассчитанный напор сети:  $H_n > H_c$  т.е.  $H_n > 81,6$  м при производительности  $V = 18,20$  м<sup>3</sup>/ч.

Для нахождения подходящего насоса воспользуемся полем характеристик насосов. На этом поле отмечаем необходимые для данной сети производительность и напор. В данном случае подходящим насосом является насос 65-40-250 (Рис. 1).

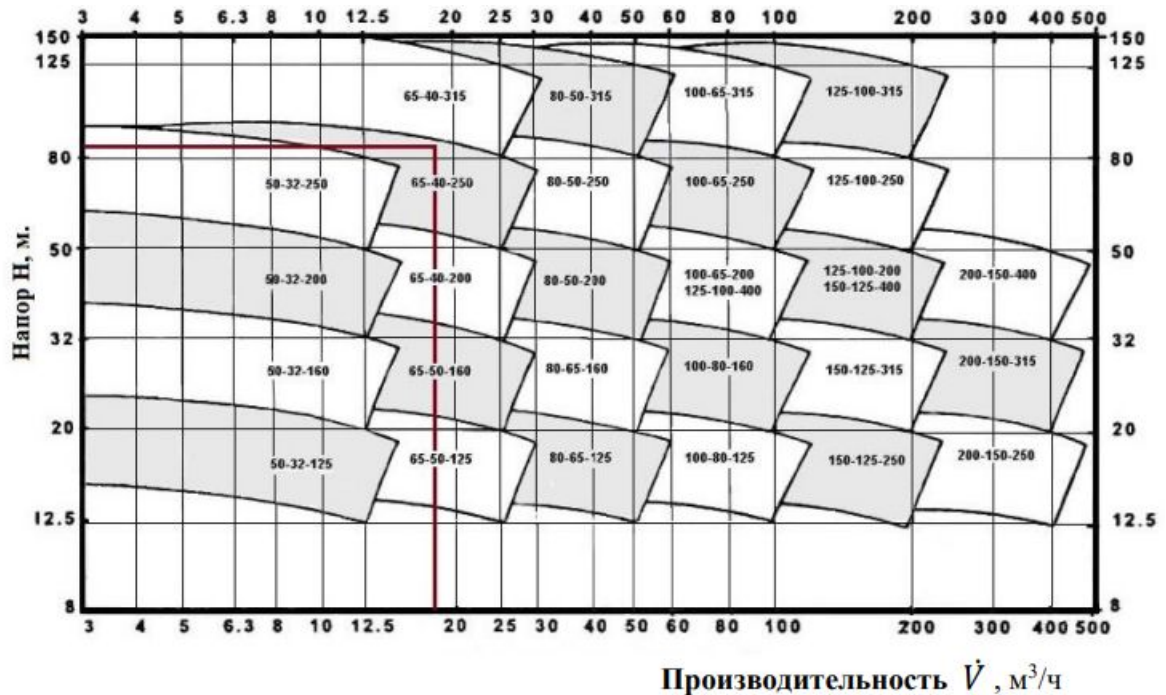


Рис. 1. Поле характеристик центробежных насосов при числе оборотов  $n=2900$  об/мин

При заданной производительности  $V = 18,20$  м<sup>3</sup>/ч  $= 5,08 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с

- напор насоса  $82$   $H_n = \text{м}$
- потребляемая мощность насоса  $N_{\text{справ}} = 9,8$  кВт (по воде)
- коэффициент полезного действия насоса  $\eta_{\text{нас}} = 42\%$ .

В заключение работы следует написать вывод (пример): Подобран центробежный насос марки 65-40-250, обеспечивающий при производительности  $V = 18,20$  м<sup>3</sup>/ч напор  $H_n=82$  м при потребляемой мощности  $N_e = 9,64$  кВт и коэффициенте полезного действия насоса  $\eta = 42\%$

### *Занятие 2. Поверочный расчет центробежного насоса.*

Напор насоса определяется по формуле:

$$H = H_{\text{вак}} + H_M + h_0 + (v_n^2 - v_{\text{вс}}^2) / (2g),$$

Расчет рабочего колеса центробежного насоса ведется по заданным значениям подачи  $Q$ , напора  $H$ , давления  $p = \rho gH$ , числа оборотов  $n$  (частоты вращения  $\omega = \pi n / 30$ )

рабочего колеса насоса с целью определения размеров проточной части последнего.  $\rho$  – плотности жидкости.

Необходимые величины рассчитываются в следующей последовательности:

1. Подача ступени

$$Q_c = Q / i_n, \text{ м}^3 / \text{с}.$$

где  $i_n$  – число подводов к колесу. Значение  $Q$  подставляется в  $\text{м}^3 / \text{с}$ .

2. Напор ступени

$$H_c = H / i_c, \text{ м}.$$

где  $i_c$  – число ступеней насоса. Значение  $H$  подставляется в  $\text{м}$ .

3. Коэффициент быстроходности

$$n_s = \frac{3,65n\sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}}, \text{ об/мин}.$$

4. Приведенный диаметр рабочего колеса

$$D_{1np} = (4 - 4,5)^3 \sqrt{\frac{Q_c}{n}}, \text{ м}.$$

Коэффициент окружной скорости на выходе из колеса

$$K_{u_2} = C_{u_2} / U_2 = (1,87 - 2,0) \cdot n_s^{-0,28}$$

В первом приближении принимается  $K_{u_2} = 0,5$ .

Окружная скорость на наружном диаметре колеса (первое приближение)

$$U_2 = \sqrt{gH_T / K_{u_2}} \approx \sqrt{2gH_T}, \text{ м/с}$$

Окружная скорость на выходе колеса (второе приближение)

$$U_2 = 0,5 \left[ \frac{C_{m2}}{\text{tg}\beta_2} + \sqrt{\left( \frac{C_{m2}}{\text{tg}\beta_2} \right)^2 + 4gH_{T\infty}} \right], \text{ м/с}.$$

Наружный диаметр колеса (второе приближение)

$$D_2 = 2U_2 / \omega, \text{ м}.$$

### Занятие 3. Оптимизация режима работы насоса в тракте.

Для расчета напора насоса воспользуемся формулой:

$$H = H_z + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + h_n$$

Потребляемая мощность  $P$  центробежного насоса есть ни что иное как передаваемая от привода к муфте или валу насоса механическая энергия, она определяется при помощи следующей формулы:

$$P = \frac{\rho \cdot Q \cdot H}{367 \cdot \eta}$$

$$P = \frac{15 \cdot 25 \cdot 80}{367 \cdot 0,68} = 43,3 \text{ кВт}$$

### Занятие 4. Последовательная, параллельная работа насосов, регулирование насосных агрегатов.

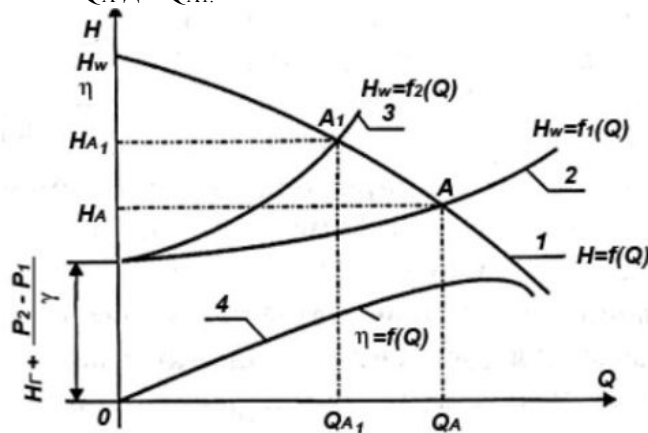
Параллельная работа насосов применяется при необходимости увеличения производительности сети, когда один насос не обеспечивает подачу необходимого количества жидкости в трубопроводе.

Рабочая характеристика параллельно работающих насосов строится следующим образом. При одинаковых значениях  $H$  определяется производительность для каждого насоса, значения которых складываются.

Последовательная работа используется в том случае, когда одного насоса недостаточно для преодоления сопротивления трубопровода.

Рабочая характеристика последовательно работающих насосов строится аналогично параллельному соединению. Только при одинаковой производительности складываются напоры. В остальном процедура построения характеристики та же.

С помощью открытия или закрытия задвижки на нагнетательной линии можно изменить подачу насоса от  $Q_A$  до  $Q_{A1}$ .



Изменяя частоту вращения, можно изменить подачу и напор насоса, что более выгодно экономически по сравнению с другими методами регулирования.

Регулирование подачи в широком диапазоне приводит к незначительному изменению КПД насоса.

Осуществляется этот метод с помощью гидромурфт, электромагнитных муфт, многоскоростных электродвигателей, двигателей внутреннего сгорания и т.д.

Частоту вращения рабочего колеса выбирают такой, чтобы характеристика насоса прошла через рабочую точку при заданном расходе.

### *Занятие 5. Расчет параметров транспортировки нефти при изменении температуры и плотности среды.*

При изменении давления и температуры плотность нефти или нефтепродукта изменяется. С повышением температуры плотность нефти уменьшается. От колебания температуры зависит и изменение объема нефти. Для оценки этого изменения введено понятие коэффициента теплового объемного расширения  $\xi$  – это относительное изменение объема жидкости при изменении температуры на 1 градус:

Коэффициент объемного расширения нефти в зависимости от плотности

Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент $\xi$ , 1/°С
700–719,9	0,001225
720–739,9	0,001183
740–759,9	0,001118
760–779,9	0,001054
780–799,9	0,000995
800–819,9	0,000937
820–839,9	0,000882
840–859,9	0,000831
860–879,9	0,000782
880–899,9	0,000734
900–919,9	0,000688
920–939,9	0,000645
940–959,9	0,000604
960–979,9	0,000564
980–1000	0,000526

Еще Д.И. Менделеевым было установлено, что для большинства нефтей и нефтяных фракций, особенно в небольших интервалах температур (от 0° до 50°), зависимость плотности и удельного веса от температуры имеет линейный характер, что выражается формулой:

$$\alpha = \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{t_1 - t_2},$$

Для расчета плотности нефти или нефтепродукта в зависимости от давления используется формула:

$$\rho(p) = \rho_{20} \left[ 1 + \beta_p (p - p_{\text{atm}}) \right] = \rho_{20} \left[ 1 + \frac{\delta - \delta_{\text{atm}}}{\hat{E}} \right],$$

Плотность газонасыщенной нефти в зависимости от температуры изменяется по линейному закону:

$$\rho = \rho_t - \alpha(t - t_0),$$

### *Занятие 6. Расчет показателей газотранспортной системы.*

Суточная производительность газопровода при стандартных условиях  $Q$  (млн м<sup>3</sup>/сут) определяется по формуле

$$Q = \frac{Q_r \cdot 10^3}{365 \cdot K_{II}}$$

Для определения числа компрессорных станций необходимо уточнить рабочее давление в газопроводе на входе и выходе компрессорной станции. Выбранные давления должны соответствовать нормативным давлениям на входе и выходе центробежных нагнетателей в соответствии с их характеристиками.

Длина линейного участка между компрессорными станциями:

$$l = \frac{105,287^2 \cdot D_{BH}^5 (p_H^2 - p_K^2)}{Q^2 \cdot \Delta \cdot \lambda \cdot Z_{CP} \cdot T_{CP}}$$

Регуляторы давления выбираются по расчетному (максимальному часовому) расходу газа при требуемом перепаде давления. Пропускная способность таких регуляторов определяется по паспортным данным заводов-изготовителей, полученным экспериментальным путем. Ее величину рекомендуется принимать на 15–20 % больше максимального значения расчетного расхода газа.

Пропускная способность регуляторов с односедельным клапаном определяется:

$$Q = 1595 f L P_1 \varphi \sqrt{1/\rho_0}$$

Предохранительные запорные отсекающие клапаны типа ПКН и ПКВ поставляются комплектно с соответствующими регуляторами давления газа. Они устанавливаются до регулятора давления газа после фильтра

Количество газа, подлежащего сбросу ПСК, определяют:

$$Q \geq 0,0005 Q_d$$

### *Занятие 7. Расчет изменения основных параметров природного газа при транспортировке.*

Поскольку изменение давления по длине газопровода происходит по закону параболы, то среднее давление необходимо определять как:

$$\frac{2}{3} \left| P_H + \frac{P_K^2}{P_H + P_K} \right|$$

С учетом коэффициента Джоуля-Томпсона закон изменения температуры по длине принимает вид:

$$T_x = T_0 + (T_H - T_0) \cdot e^{-a_i x} - D_i \cdot \frac{P_H^2 - P_K^2}{2 \cdot a_i \cdot L \cdot P_{CP}} \cdot (1 - e^{-a_i x})$$

*Занятие 8. Расчет процессов сжатия газа в центробежном компрессоре.*

Применительно к компрессору уравнение сохранения энергии можно записать в следующем виде:

$$\frac{C_1^2}{2g} + \frac{C_P}{A} T_1 + L_K + \frac{Q_{BH}}{A} = \frac{C_P}{A} T_K + \frac{C_4^2}{2g}$$

Полная энергия воздуха складывается из кинетической энергии и теплосодержания

$$L_K = \frac{C_4^2 - C_1^2}{2g} + \frac{C_P}{A} \cdot (T_K - T_1)$$

Политропная работа сжатия выражается зависимостью

$$L_{ПК} = \frac{n}{n-1} R(T_K - T_1) = \frac{n}{n-1} R T_1 \left| \pi_K^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right|$$

Для оценки совершенства проточной части компрессора используют адиабатический к.п.д.

$$\eta_{кад} = \frac{L_{кад}}{L_K - \frac{C_4^2 - C_1^2}{2g}} = \frac{L_{кад}}{L_{ПК} + L_{TK}} \approx \eta_K$$

*Занятие 9. Семинар. Заслушивание и обсуждение презентаций по индивидуальным темам самостоятельной работы.*

1. Прослушивание презентаций.
2. Обсуждение. Ответы на вопросы.

### 5.3 Примерный перечень вопросов по темам

**Экзамен в устной форме**

## 1. Состав и назначение оборудования нефтепроводов, головных и промежуточных насосных станций для перекачки нефти

Основное назначение каждой нефтеперекачивающей станции состоит в том, чтобы забрать нефть из сечения трубопровода с низким напором, с помощью насосов увеличить этот напор и затем ввести нефть в сечение трубопровода с высоким напором. Основными элементами НПС являются насосные агрегаты, резервуары, системы подводящих и распределительных трубопроводов, узлы учета, устройства приема и пуска очистных устройств и поточных средств диагностики, а также системы смазки, вентиляции, отопления, энергоснабжения, водоснабжения, автоматики, телемеханики и т.п.

## 2. Трубопроводная арматура систем транспортировки нефти и газа

Трубопроводная арматура — класс устройств, предназначенных для управления перемещением рабочей среды в трубопроводе. Они необходимы для обеспечения безопасной и надежной работы трубопроводной системы, бесперебойного функционирования узлов.

Арматура, используемая в нефтегазовой промышленности, подразделяется на следующие типы:

- Запорные устройства, предназначенные для полного перекрытия движения рабочей среды (задвижки, запорные клапаны и т. п.). Они герметично перекрывают проходное сечение, препятствуя перемещению нефти, нефтепродуктов или газа.
- Регулирующая арматуры, управляющая потоками нефтепродуктов. С ее помощью можно регулировать размер проходного отверстия для снижения давления в системе и контролировать другие характеристики потока (температуру, расход среды).
- Предохранительные клапаны, отвечающие за выброс рабочей среды или изменение движения потока при чрезмерном повышении давления в системе. Сброс среды продолжается, пока значения давления не опустятся до допустимых показателей.
- Контрольные устройства, предназначенные для контроля состояния рабочей среды в текущий момент времени.

## 3. Основные виды насосов и требования к насосному оборудованию НПС, показатели и характеристика насосов

Современным типом основных насосов являются насосы НМ, которые выпускаются на подачу от 125 до 10000 м<sup>3</sup>/ч.

Конструкция рассматриваемых насосов рассчитана на давление 9,9 МПа. Поэтому они допускают последовательное соединение на более двух насосов на подачу от 125 до 360 м<sup>3</sup>/ч и не более трех насосов на подачу 500 и 710 м<sup>3</sup>/ч.

Полная маркировка насосов типа НМ содержит группу буквенных обозначений, например: НМ 7000 – 210, где НМ обозначает нефтяной магистральный, 7000 – подачу в м<sup>3</sup>/ч, 210 – напор в метрах столба перекачиваемой жидкости.

Современным типом подпорных насосов являются насосы НПВ (нефтяные подпорные вертикальные). Они выпускаются четырех типоразмеров: НПВ 1250-60, НПВ 2500-80, НПВ 3600-90, НПВ 5000-120. Цифры в маркировке указывают на производительность (м<sup>3</sup>/ч) и напор насоса (м).

Основные насосы на НПС соединяются между собой главным образом последовательно. При этом допускается иметь не более трёх рабочих насосов, исходя из прочности агрегатов. В дополнение к трём рабочим насосам на станциях устанавливается по одному резервному агрегату.

#### 4. Работа насосных агрегатов на нефтепровод



Насосы на подачу от 125 до 710 м<sup>3</sup>/ч секционные, трёхступенчатые (рис. 3.15). Корпус их состоит из входной 1 и напорной крышек 4, к которым крепятся узлы уплотнений торцевого типа и подшипниковые узлы б. Заодно с крышками отлиты опорные лапы насоса, входной и напорный патрубки. Между крышками корпуса располагаются три секции 2 с направляющими аппаратами. В каждой секции находится центробежное рабочее колесо. Крышки и находящиеся между ними секции стянуты шпильками 3, проходящими вдоль вала насоса.

Ротор насоса включает вал, насаженный на него три центробежных колеса б и одно предвключенное литое колесо типа шнек 7. Опорами ротора служат подшипники скольжения с кольцевой смазкой. Охлаждение масла осуществляется с помощью змеевиков, размещенных в корпусах подшипниковых узлов. Через змеевики циркулирует вода или перекачиваемая нефть.

Ротор имеет гидравлическую разгрузку от осевых сил, осуществляемую с помощью разгрузочного диска 5. Остаточные осевые силы воспринимаются радиально-упорным шароподшипником.

#### 5. Вспомогательные системы нефтеперекачивающих станций



Вспомогательные системы НПС служат для нормального функционирования магистральной насосной станции и должны всегда находиться в исправном работоспособном состоянии.

К вспомогательным системам НПС относятся системы:

- пенного пожаротушения;
- водоснабжения;
- канализации;
- система смазки узлов насосного агрегата;
- система сбора и откачки утечек;
- вентиляции;
- теплоснабжения;
- электроснабжения.

## 6. Агрегатные системы НПС

Насосы центробежные нефтяные типа НК, НПС, НСД применяются на технологических установках нефтегазоперерабатывающих

## 7. Состав и назначение основного оборудования газопроводов

Газ из трубопровода поступает на пылеуловители, где очищается от механических примесей. Очищенный продукт подается в газовые редукторы, где давление ГРС снижается до заданного уровня. Давление контролируется входными и выходными манометрами, при его превышении срабатывает предохранительный клапан, сбрасывающий избытки в атмосферу через газовую свечу.

## 8. Оборудование резервуарного парка НПС

Резервуарный парк головной нефтеперекачивающей станции включает металлические и железобетонные резервуары с единичным объёмом 50 000 м<sup>3</sup>.

Технологические трубопроводы головной нефтеперекачивающей станции оборудуются переключающими, предохранительными и регулирующими устройствами, обеспечивающими приём нефти и нефтепродуктов, очистку их от механических примесей, замер и учёт их количества, защиту трубопроводов и резервуарного парка от повышения давления, регулирование давления на выходе станции, периодический запуск специальных устройств для очистки внутренней полости трубопровода.

## 9. Агрегатные системы КС и газоперекачивающих установок

Основные элементы газоперекачивающего оборудования — это нагнетатель природного газа (компрессор) и его привод, всасывающее и выхлопное устройства, маслосистема, топливовоздушные коммуникации, автоматика и вспомогательное оборудование.

## 10. Влияние характеристик нефти на процесс транспортировки

При транспортировке тяжелых нефтей возникает много серьезных проблем, обусловленных высокой вязкостью нефтяных флюидов, образованием асфальтосмолопарафинистых отложений.

## 11. Оборудование для распределения и хранения газа

Газгольдеры предназначены для хранения и транспортировки различных газов.

Газораспределительная станция включает в себя следующие основные блоки.

- Переключающий (БП) предназначен для обеспечения возможности переключения потока с магистрального газопровода на обводную линию в случае аварии или проведения ремонтных работ.
- Технологический (БТ) осуществляет снижение давления газа и его очистку от механических примесей.
- Блок подготовки теплоносителя (БПТ) для обогрева всего узла.
- КИПиА (БКИП) осуществляет контроль и управление технологическими процессами.
- Блок одоризации (БО).
- Азотная рампа (АР) для хранения и подачи азота, используемого для продувки технологических трубопроводов.
- Емкостное оборудование (ЕО) для обеспечения бесперебойной работы ГРС в случае аварии.

## 12. Вспомогательные системы компрессорных станций

Вспомогательное оборудование компрессорных станций включает устройства для очистки воздуха или газа от твердых и жидких частиц (сепараторы), устройства охлаждения и осушения сжимаемого воздуха или газа, устройства для автоматического контроля и управления работой компрессорных установок.

## 13. Средства измерения расхода и качества нефти

Системы измерений количества и качества нефти (СИКН) предназначены для автоматического оперативного измерения массы (объема) нефти; определения ее качественных характеристик (плотность, влагосодержание, давление, температура); отбора пробы нефти в соответствии с ГОСТ 2517; поверки преобразователя расхода на месте эксплуатации без нарушения режима нефтепровода; контроля метрологических характеристик средств измерений; передачи информации на АРМ оператора.

## 14. Основные виды газоперекачивающих агрегатов на компрессорных станциях и их показатели

Основными типами газоперекачивающих агрегатов (ГПА) на компрессорных станциях (КС) в настоящее время являются:

1. Агрегаты с приводом от газотурбинных установок (ГТУ).
2. Электроприводные агрегаты.
3. Поршневые газомотокомпрессоры.

Особенности работы газотурбинного привода в наилучшей степени отвечают требованиям эксплуатации газотранспортных систем:

- высокая единичная мощность (от 6 до 25 МВт),
- небольшая относительная масса,
- блочно-комплектная конструкция,
- высокий уровень автоматизации и надежности,
- автономность привода,
- работа на перекачиваемом газе.

## 15. Методы и средства измерения расхода газа при транспортировке, хранении и распределении газа

Основным методом измерения количества транспортируемого природного газа является метод определения перепада давления на сужающих устройствах, в качестве которых используются разного рода измерительные диафрагмы, сопла, трубки Вентури.

В качестве приборов определения расхода газа применяются и дифференциальные сильфонные самопишущие манометры (ДСС), и более современные микропроцессорные измерительные комплексы, например "Суперфлоу-II".

## 16. Режимы работы насосного оборудования НПС

Существуют следующие режимы работы насосного оборудования нефтеперекачивающей станции:

1. «Через ёмкость». Поступающая на станцию нефть поступает в один или несколько резервуаров, а из другого резервуара подпорной НПС нефть отбирается в магистральный трубопровод.
2. «С подключенной ёмкостью». Основной поток нефти подаётся непосредственно на всасывание подпорной НПС, а в резервуары или из них поступает только часть нефти, которая равна разности между потоками до и после станции.
3. «Без ёмкости» («из насоса в насос»). Весь поток нефти из трубопровода на приёме станции поступает на всасывание основной магистральной НПС.

## 17. Влияние свойств газа на процесс транспортировки

Основными свойствами газов, влияющими на технологию их транспорта по трубопроводам, являются:

- Плотность
- вязкость,
- сжимаемость
- способность образовывать газовые гидраты.

## 18. Назначение и состав резервуарных парков

Резервуарные парки необходимы для:

- приема нефти от добывающих предприятий;
- учета нефти;
- обеспечения заданных свойств нефти, включающих возможное смешивание одних сортов с другими (компаундирование);
- хранения с целью компенсации неравномерности приема-отпуска нефти и работы МН.

## 19. Назначение и виды систем газораспределения

Системы газораспределения могут быть как магистральными (для доставки газа на большие расстояния), так и внутривозводскими (для обеспечения промышленных предприятий газом).

## 20. Технологические особенности транспортировки сжатого газа

- Транспортировка баллонов допускается только при их полной исправности, включая заглушки, «башмаки» и арматуру.
- Ёмкости должны иметь предохранительные колпаки, знаки опасности и цветовую маркировку.
- Наполнение сосудов на газовой станции происходит до установленной нормы.
- На бортовых машинах газовые баллоны укладываются горизонтально на деревянных подкладках с гнездами подходящего диаметра, вентили при этом располагаются внутрь кузова.
- При вертикальной транспортировке на сосуды устанавливаются специальные кольца толщиной 25 мм, которые выполняют функцию амортизации.
- Степень загрузки автотранспортных средств зависит от категории дорожного покрытия.
- В летнее время опасный груз укрывается брезентом для предотвращения нагрева баллонов солнечными лучами.

## 5.4 Пример заданий на лабораторную работу

*Лабораторная работа №1. Основные параметры центробежных насосов*

Параметры центробежных насосов:

- Производительность или подача;
- Давление на входе и выходе насоса (напор на входе и выходе);
- Полное давление, развиваемое насосом;
- Полный напор, развиваемый насосом;
- Коэффициент полезного действия;
- Мощность;
- Кавитационный запас насоса;

- Критический и допустимый кавитационные запасы насоса;
- Допустимая высота всасывания насоса;
- Коэффициент быстроходности насоса.

Экспериментальная установка состоит из центробежного насоса марки  $X$ , откачивающего нефть из резервуара с давлением над уровнем нефти  $P_0$ . Давление на входе и выходе насоса равно соответственно  $P_1$  и  $P_2$  и измеряется манометрами в точках с геодезическими отметками  $Z_1$  и  $Z_2$ . Показания расходомера насоса и ваттметра двигателя насоса составляют соответственно  $Q$  и  $W$ . Потери напора во всасывающем трубопроводе принять равными 5 м.

### *Лабораторная работа №2. Исследование процессов регулирования работы центробежных насосов*

Существующие методы регулирования работы НПС подразделяются на методы плавного и ступенчатого регулирования. К теоретически возможным методам плавного регулирования относятся: перепуск, дросселирование, изменение числа оборотов ротора насосов.

К методам ступенчатого регулирования относят: изменение числа работающих насосов НПС, изменение схемы соединения насосов на НПС, изменение числа ступеней у многоступенчатых насосов, замена роторов (рабочих колёс) насосов, изменение диаметра рабочего колеса насосов.

Нефтеперекачивающая станция оснащена  $K$  насосами марки  $X$ , работающих в режиме последовательного соединения и подающих нефть с плотностью  $\rho$  и вязкостью  $\nu$  в магистральный нефтепровод длиной  $L$  с внутренним диаметром  $D$ .

Требуется определить какой метод регулирования режимов работы станции (перепуск или дросселирование) является наиболее экономичным при снижении объемов перекачки на короткий период на  $Y\%$ .

При расчетах принять: КПД НПС постоянным и равным  $\eta_{нпс}$ ; режим работы нефтепровода – турбулентный в области гидравлически гладких труб.

### *Лабораторная работа №3. Основные параметры центробежных нагнетателей*

К основным параметрам центробежных нагнетателей относятся следующие величины:

1. Производительность;
2. Давление на входе и выходе ( $P_1$  и  $P_2$ );
3. Температура газа на входе и выходе ( $T_1$  и  $T_2$ );
4. Частота оборотов ротора ( $n$ );
5. КПД ( $\eta$ );
6. Мощность.

Применительно к нагнетателям различают 5 видов производительности: массовые производительности на входе  $M_1$  и на выходе  $M_2$ , кг/с; объёмные производительности на входе  $Q_1$  и на выходе  $Q_2$  м<sup>3</sup>/с; коммерческая производительность  $Q_k$ , м<sup>3</sup>/с.

Степень сжатия нагнетателя:

$$\varepsilon = \frac{P_2}{P_1}$$

Экспериментальная установка состоит из центробежного нагнетателя, сжимающего газ с относительной плотностью по воздуху  $\Delta$ , который в рассматриваемом процессе может приниматься как идеальный. Манометрическое давление на входе и на выходе нагнетателя  $P_1$  и  $P_2$ , температура –  $T_1$  и  $T_2$ . Утечки газа в компрессоре отсутствуют. Массовая производительность на всасывании равна  $M_1$ .

Требуется определить: объёмную производительность на входе, объёмную производительность на выходе, коммерческую производительность, степень сжатия.

#### *Лабораторная работа №4. Обеспечение беспомпажной работы нагнетателей КС*

При эксплуатации лопастных компрессорных машин, к которым относятся и центробежные нагнетатели магистральных газопроводов, возможно возникновение особого явления, называемого помпажем. Данное явление способно вызвать серьезные последствия, вплоть до разрушения компрессорной машины.

Ввиду особой опасности помпажа, каждый нагнетатель и осевой компрессор обязательно оснащаются противопомпажной системой, кроме того, каждая КС обязательно оснащается общей противопомпажной системой. Эти системы настраиваются либо на максимальную степень сжатия нагнетателей  $\varepsilon_{max}$ , либо на  $Q_{кр}$ , соответствующей  $\varepsilon_{max}$ , либо на оба эти параметра.

Компрессорная станция оснащена тремя нагнетателями, соединенными параллельно. Каждый нагнетатель работает с частотой вращения ротора  $n$  и объёмной производительностью  $Q_v$ . Параметры газа на входе в нагнетатель  $Z_1, R, T_{s1}$ . При помощи приведённой характеристики нагнетателя (рис. 2.2, 2.3) определить в каком режиме работают нагнетатели – помпажном или беспомпажном.

#### *Лабораторная работа №5. Компоновка газоперекачивающего агрегата*

Газоперекачивающие агрегаты, состоящие в цехе, импортные, типа «Коберра-182». Каждый ГПА в свою очередь состоит из следующих агрегатов и узлов:

- двухступенчатого нагнетателя природного газа типа RF 2BB-3, осуществляющего сжатие и перекачку газа;
- нагнетатель смонтирован внутри индивидуального укрытия с отоплением и вентиляцией;

- двухвальной газотурбинной установки (ГТУ), состоящей из газогенератора (турбины высокого давления (ТВД)) с расположенным на одном валу с ней осевым компрессором – ОК и силовой турбины (турбины низкого давления – ТНД).

Для очистки воздуха, поступающего в камеры сгорания ГТУ, применяется система фильтрации, состоящая из ряда инертных фильтров и сменных фильтрующих элементов второй ступени. Очищенный от пыли воздух далее поступает в глушитель шума, а затем в воздуховод газогенератора. Все элементы воздухозаборной системы смонтированы внутри отдельного стального каркаса, расположенного перед зданием в ГПА.

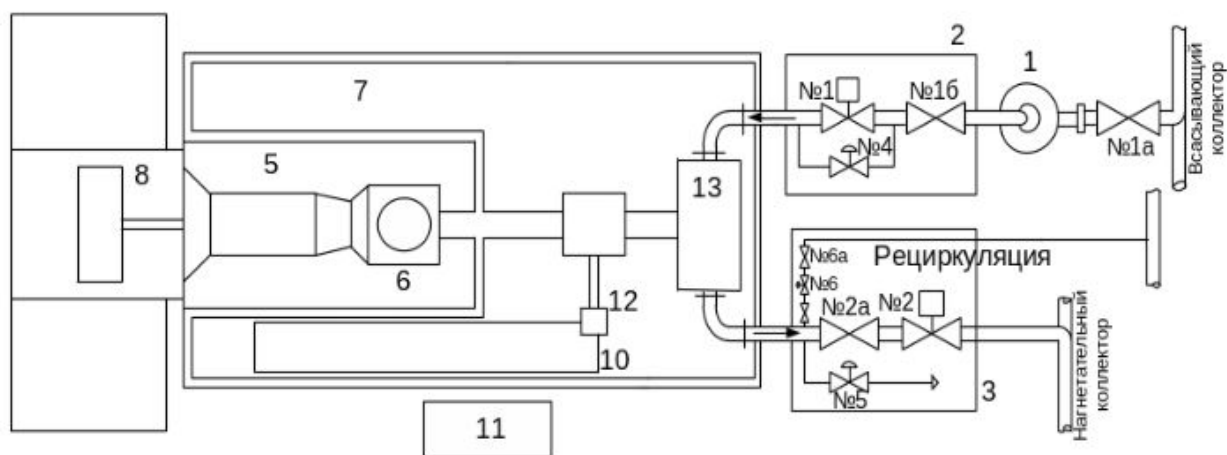


Рис.1 - Компоновка ГПА

*Лабораторная работа №6. Исследование работы компрессорной установки для сжатия воздуха*

Лабораторная установка (рис.1) включает одноступенчатый поршневой воздушный компрессор 1, электродвигатель переменного тока 2 и необходимое вспомогательное и измерительное оборудование. Всасываемый воздух сжимается до давления, равного давлению воздуха в ресивере 6(при этом давлении открывается шариковый клапан в нагнетающем канале 9), и начинается механический процесс выталкивания воздуха в ресивер. Давление  $P_2$  воздуха в ресивере измеряют манометром 4 и регулирует вентилем 7. Температуру сжатого воздуха  $T_2$  измеряют термомпарой с помощью милливольтметра 5. Перевод в градусы Цельсия осуществляется с помощью справочной таблицы термомпары, с учетом комнатной температуры. Поступающий в компрессор воздух проходит через газовый счетчик 3. Замеряя время прохождения определенного объема воздуха, определяют секундный объемный расход воздуха. Параметры состояния на входе в компрессор принимают равные параметрам воздуха в лаборатории. Мощность электродвигателя измеряют с помощью ваттметра.

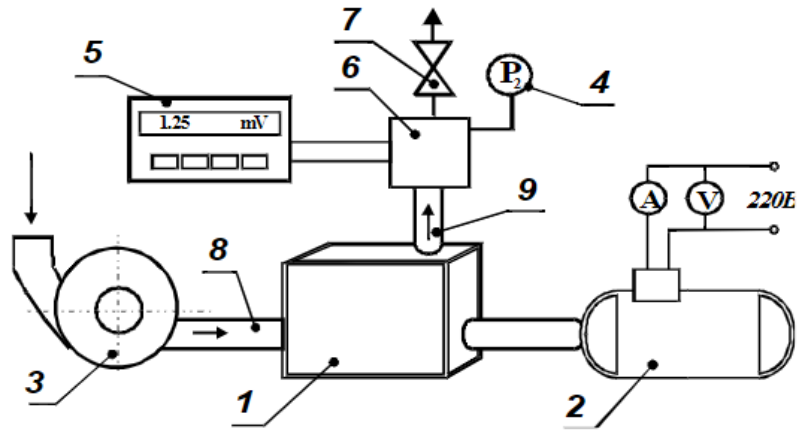


Рис.1. Схема лабораторной установки: 1 - компрессор; 2 - электродвигатель; 3 - газовый счетчик; 4 - манометр; 5 - милливольтметр; 6 - ресивер; 7 - вентиль; 8 - канал всасывающий; 9 - канал нагнетания

Рабочий цикл любого идеального одноступенчатого компрессора (рис.2), осуществляемый с 1 кг рабочего тела, можно представить состоящим из трех последовательных процессов.

Первый - обратимый (без трения и других диссипативных эффектов) механический процесс всасывания газа в компрессор.

Второй - обратимый термодинамический процесс 1 – 2 сжатия рабочего тела в компрессоре с показателем политропы  $n$ , определяемым при выполнении лабораторной работы.

Третий - обратимый механический процесс 2 – b нагнетания газа в ресивер компрессора.

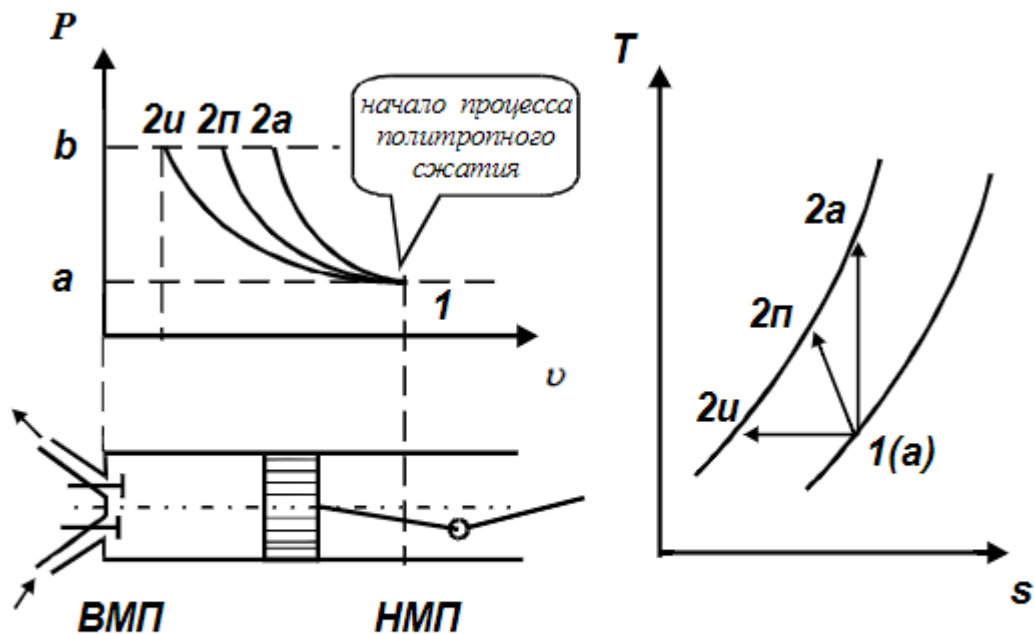


Рис. 2. Рабочий процесс идеального одноступенчатого компрессора: a - 1 - всасывание; 1 - 2 - сжатие в компрессоре; 2 - b - нагнетание



## *Лабораторная работа №7. Определение расхода и параметров газа в нагнетательной линии компрессора и дросселе*

Для учёта расхода газов разработано несколько видов расходомеров устройства и принципы действия, которых базируются на различных физических эффектах:

- Устройства, базирующиеся на измерении перепада давления
- Ротационные счётчики
- Турбинные счётчики
- Вихревые счётчики
- Ультразвуковые счётчики
- Лазерные расходомеры
- Термоанемометрические счётчики
- Кориолисовы расходомеры

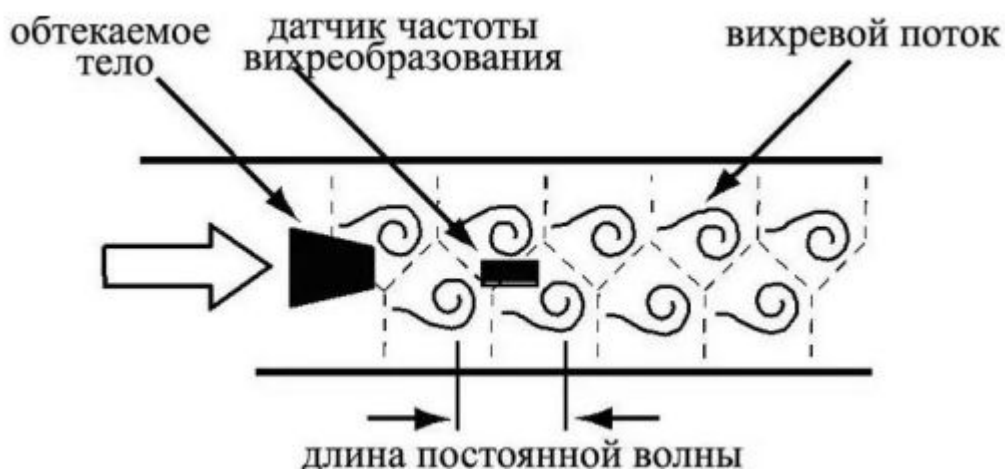


Схема работы вихревого расходомера

## *Лабораторная работа № 8. Исследование эффекта Джоуля-Томсона при расширении газа в дросселе*

Эффект Джоуля — Томсона — это явление изменения температуры газа или жидкости при стационарном адиабатическом дросселировании — медленном протекании газа под действием постоянного перепада давлений сквозь дроссель (пористую перегородку).

Используется как один из методов получения низких температур.

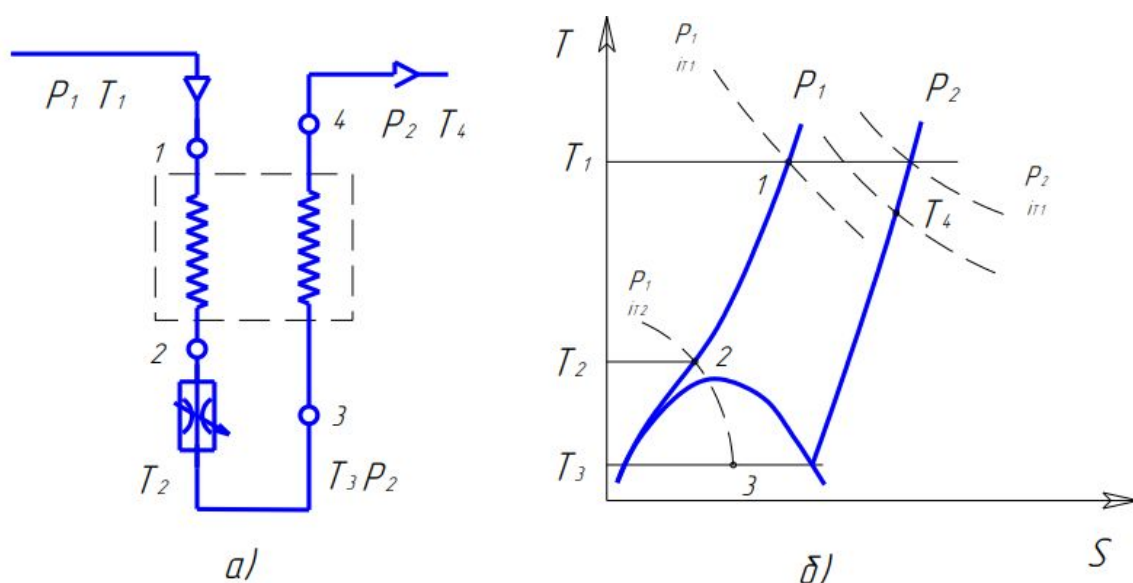
При дросселировании любого реального сжатого газа происходит изменение его температуры на  $\Delta T$  градусов. Между изменением давления  $\Delta P = P_1 - P_2$  и изменением температуры существует зависимость  $\Delta T = \alpha_i \cdot \Delta P$ .

Исходя из первого закона термодинамики, дифференциальный эффект дросселирования может быть выражен суммой

$$\alpha_i = \alpha_u + \alpha_{pv}$$

Эта зависимость показывает, что величина и знак дифференциального эффекта дросселирования определяются воздействием молекулярных сил и изменением потенциальной энергии газа.

Схема охлаждающего устройства, основанного на эффекте дросселирования, изображена на рисунке 1 (а); процессы, протекающие в нем – на рисунке 1 (б).



*Лабораторная работа №9. Итоговый семинар. Заслушивание и обсуждение результатов лабораторных работ.*

1. Анализ результатов исследований.
2. Обсуждение. Ответы на вопросы.
3. Защита лабораторных работ.