

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР

Н.И. Никифорова

« 3 » 05 2023 г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине (модулю)

Б1.В.10 Проектирование элементов оборудования нефтегазопереработки  
(наименование дисциплины (модуля))

15.03.02 Технологические машины и оборудование  
(код и наименование направления подготовки/ специальности)

Оборудование нефтегазопереработки  
(наименование профиля/программы/направленности/специализации)

бакалавр

квалификация

заочная

форма обучения

Нижнекамск, 2023 г.

Составитель ФОС:

доцент каф. МАХП

(должность)



(подпись)

И.Н. Мадышев

(Ф.И.О.)

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры МАХП,  
протокол от 19.04.2023 г. № 8

Зав. кафедрой



(подпись)

И.Н. Мадышев

(Ф.И.О.)

Эксперт:

Руководитель ООП Мадышев И.Н. доц. МАХП НХТИ

Ф.И.О., должность, организация, подпись



**Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием этапов формирования в процессе освоения дисциплины**

Компетенция:

ПК-5 Способен анализировать исходные данные для разработки проектных решений технологического комплекса механосборочного цеха.

Индикаторы достижения компетенции:

5.1. знает типы и основные характеристики машиностроительного производства, а также правила разработки, комплектации, оформления и обращения технологической документации

5.2 умеет применять действующие нормы технологического проектирования технологических комплексов; анализировать структуру действующих технологических комплексов

5.3 владеет навыками применения норм технологического проектирования при разработке современных проектных решений механосборочных цехов.

<b>Индикаторы достижения компетенции</b>	<b>Этапы формирования в процессе освоения дисциплины</b> (указать все темы из РПД)				<b>Наименование оценочного средства</b>
	<b>Лекции</b>	<b>Практические Занятия, лабораторный практикум</b>	<b>Лабораторные занятия</b>	<b>Курсовой работа</b>	
ПК-5.1	<i>Раздел 1–раздел 5</i>	<i>Раздел 1–раздел 5</i>	<i>Раздел 1–раздел 5</i>	<i>Раздел 1–раздел 3</i>	<i>Экзамен, лабораторное и практическое занятие, доклад</i>
ПК-5.2	<i>Раздел 1–раздел 5</i>	<i>Раздел 1–раздел 5</i>	<i>Раздел 1–раздел 5</i>	<i>Раздел 1–раздел 3</i>	<i>Экзамен, лабораторное и практическое занятие, доклад</i>
ПК-5.3	<i>Раздел 1–раздел 5</i>	<i>Раздел 1–раздел 5</i>	<i>Раздел 1–раздел 5</i>	<i>Раздел 1–раздел 3</i>	<i>Экзамен, лабораторное и практическое занятие, доклад</i>

***Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)***

<b><i>Оценочные средства</i></b>	<b><i>Кол-во</i></b>	<b><i>Min, баллов (базовый уро- вень)</i></b>	<b><i>Max, баллов (повышенный уро- вень)</i></b>
<b><i>Лабораторная работа</i></b>	<b><i>5</i></b>	<b><i>12</i></b>	<b><i>24</i></b>
<b><i>Контрольная работа</i></b>	<b><i>4</i></b>	<b><i>15</i></b>	<b><i>18</i></b>
<b><i>Реферат</i></b>	<b><i>1</i></b>	<b><i>9</i></b>	<b><i>18</i></b>
<b><i>Экзамен</i></b>	<b><i>1</i></b>	<b><i>24</i></b>	<b><i>40</i></b>
<b><i>Итого:</i></b>		<b><i>60</i></b>	<b><i>100</i></b>

<b><i>Оценочные средства</i></b>	<b><i>Кол-во</i></b>	<b><i>Min, баллов (базовый уро- вень)</i></b>	<b><i>Max, баллов (повышенный уро- вень)</i></b>
<b><i>Курсовая работа</i></b>	<b><i>1</i></b>	<b><i>60</i></b>	<b><i>100</i></b>

### ***Шкала оценивания***

<b>Цифровое выражение</b>	<b>Выражение в баллах:</b>	<b>Словесное выражение</b>	<b>Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:</b>
			экзамен
5	87 - 100	Отлично (зачтено)	Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий
4	74 - 86	Хорошо (зачтено)	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
3	60 - 73	Удовлетворительно (зачтено)	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
2	Ниже 60	Неудовлетворительно (не зачтено)	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному

### Краткая характеристика оценочных средств

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование оценочного средства</i>	<i>Краткая характеристика оценочного средства</i>	<i>Представление оценочного сред- ства в фонде</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1.	Лабораторная работа	Это вид учебной работы, целью которой является изучение (исследование, измерение) характеристик лабораторного объекта. Цель лабораторных занятий: освоение изучаемой учебной дисциплины; приобретение навыков практического применения знаний учебной дисциплины (дисциплин) с использованием технических средств и (или) оборудования	Темы лабораторных работ, контрольные вопросы по теме лабораторной работы, вопросы к коллоквиуму
2.	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.	Комплект контрольных заданий по вариантам
3.	Дискуссия	Оценочные средства, позволяющие включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их умение аргументировать собственную точку зрения.	Перечень дискуссионных тем для проведения круглого стола, дискуссии, полемики, диспута, дебатов

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет механический  
Кафедра Машины и аппараты химических производств

Учебным планом по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование для обучающихся предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине Б1.В.10 Проектирование элементов оборудования нефтегазопереработки.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения: лабораторного оборудования, образцов для исследований, методических пособий. Цель проведения лабораторных работ - практическое освоение теоретических положений лекционного материала, а также выработка студентами определенных умений и навыков самостоятельного экспериментирования.

**Лабораторная работа №1** Исследование напряжений, действующих в стенке цилиндра.

1. Напряжения, возникающие в тонкостенном цилиндре.
2. Вывод формулы для расчёта толщины цилиндрической обечайки по 3 теории прочности.
3. Вывод уравнения равновесия зоны оболочки.
4. Расчет кольцевых и меридиональных напряжений в оболочках различной формы.

**Лабораторная работа №2** Определение напряжений в днищах различной формы, нагруженных внутренним давлением.

1. Эллиптические днища и их конструкция.
2. Сферические, полушаровые, торосферические крышки и днища, работающие под внутренним газовым давлением.
3. Конические днища под внутренним давлением.
4. Расчёт плоских и слабовыпуклых крышек и днищ.

**Лабораторная работа №3** Исследование устойчивости цилиндрических оболочек, нагруженных внешним давлением

1. Явление потери устойчивости формы цилиндрических обечаек, нагруженных внешним давлением.
2. Критическое давление, коэффициент запаса устойчивости.
3. Критическое давление для «коротких» и «длинных» цилиндров.
4. Выбор расчётной длины при расчёте на устойчивость.

**Лабораторная работа №4** Определение критической скорости вращения вала с одним диском.

1. Исследование напряжений в быстровращающихся дисках.
2. Определение критической скорости вращения вала с одним диском.

3. Определение критических скоростей вращения вала с несколькими сосредоточенными нагрузками.

**Лабораторная работа №5** Исследование напряжений, действующих в стенке толстостенных цилиндров, нагруженных внутренним давлением.

1. Исследование напряжений, действующих в стенке толстостенных цилиндров, нагруженных внутренним давлением.

2. Трехосное напряженное состояние в аппаратах высокого давления.

3. Изменение напряжённого состояния материала стенки цилиндрического корпуса при повышении внутреннего давления.

4. Расчёт толстостенных корпусов по несущей способности

### Критерии оценки лабораторных работ

При подготовке к лабораторной работе по дисциплине Б1.В.10 Проектирование элементов оборудования нефтегазопереработки в 6/7 семестре студент должен выполнить следующие виды работ:

Виды работ	Минимальный балл	Максимальный балл
Самостоятельная проработка теоретического материала к лабораторной работе	2	4
Ознакомление с установкой, прибором, методикой выполнения лабораторной работы	2	4
Выполнение необходимого эксперимента	2	4
Обработка результатов исследования, построение графиков	3	6
Анализ результатов исследования и вывод по работе	3	6
<b>ИТОГО:</b>	<b>12</b>	<b>24</b>

Таким образом, каждая лабораторная работа оценивается минимум в 12 баллов, максимум в 24 баллов. После выполнения всех работ рассчитывается итоговый балл по данному оценочному средству, как среднее арифметическое по всем лабораторным работам.



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет \_\_\_\_\_ механический \_\_\_\_\_

Кафедра Машины и аппараты химических производств

Учебным планом по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование для обучающихся предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине Б1.В.10 Проектирование элементов оборудования нефтегазопереработки. Обучающимся предлагаются разноуровневые задачи и задания реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей.

**Задание 1 - Расчет на прочность и устойчивость элементов и узлов химической аппаратуры**

Расчет фланцевого соединения

**Задание 2 - Критические скорости вращающихся валов.**

Инженерный расчет валов на прочность, жесткость и виброустойчивость.

Остальные варианты заданий приведены в методическом указании, разработанном на кафедре МАХП

**Критерии оценки практических занятий**

В 6/7 семестре обучающийся выполняет 4 индивидуальных задания. За решение каждого он может получить от 15 до 18 баллов.

Итоговый рейтинг по практическим занятиям проставляется как среднее арифметическое полученных баллов за решение 4 индивидуальных заданий.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет \_\_\_\_\_ механический \_\_\_\_\_

Кафедра Машины и аппараты химических производств

Направление подготовки: 15.03.02 Технологические машины и оборудование  
Профиль/программа: Оборудование нефтегазопереработки  
(наименование)

### **Темы докладов по дисциплине**

#### Проектирование элементов оборудования нефтегазопереработки

Основы конструирования и расчета химических машин и аппаратов.

Общие принципы и методология конструирования машин и аппаратов отрасли. Конструирование и проектирование, соотношение между сферами инженерной деятельности;

Конструкционные материалы, применяемые для машин и аппаратов химических производств. Классификация материалов и область их применения;

Особенности конструирования литой, стальной сварной, эмалированной, биметаллической, гумированной, пластмассовой, углеграфитовой, стеклянной аппаратуры, а также аппаратуры из цветных материалов и сплавов;

Расчёт и конструирование тонкостенных аппаратов. Общие сведения по устройству, расчёту и испытанию аппаратов. Нормативные параметры: рабочее и пробное давление, рабочая и расчётная температура, допускаемые напряжения;

Тонкостенные оболочки, нагруженные внутренним давлением. Общие сведения об оболочках, основные понятия и определения. Напряжённое состояние материала упругих осесимметричных оболочек. Безмоментная теория оболочек. Условие прочности;

Укрепление отверстий в оболочках. Расчёт укрепления по геометрическому критерию. Основные положения стандарта "Сосуды и аппараты";

Конструкции разъёмных соединений и область их применения. Фланцевые соединения и их расчёт на прочность и герметичность. Основные положения стандарта Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность фланцевых соединений;

Другие типы плотно-прочных разъёмных соединений.

Колонные аппараты. Расчётная схема колонного аппарата. Основные положения стандарта "сосуды и аппараты". Нормы и методы расчёта на прочность;

Конструирование и расчёт аппаратов высокого давления. Нормативные параметры: расчётные давление и температура, коэффициент прочности сварных соединений. Допускаемые напряжения с учётом длительной прочности материала и конструктивного исполнения корпуса;

Машины и аппараты с вращающимися конструктивными элементами. Расчёт элементов машин и аппаратов, подверженных механическим колебаниям;

Уплотняющие устройства подвижных элементов. Типы конструкций уплотняющих устройств аппаратов. Уплотнение валов и штоков. Особенности их конструкции и расчёта. Область применения отдельных уплотняющих устройств в зависимости от условий эксплуатации (давления, температуры, свойств обрабатываемой среды);

Элементы медленно вращающихся и тяжело нагруженных барабанных аппаратов.

### **Критерии оценки:**

Выступление студента с докладом предполагает значительную самостоятельную работу студента. Доклад должен выполнять ряд требований: его содержание соответствовать заявленной теме; цели соответствовать задачам; логичность и последовательность изложения материала; способность к работе с литературными источниками, Интернет-ресурсами, справочной и энциклопедической литературой; объем исследованной литературы и других источников информации; способность к анализу и обобщению информационного материала, степень полноты обзора состояния вопроса; обоснованность выводов; правильность оформления (соответствие стандарту, структурная упорядоченность, ссылки, цитаты, таблицы и т.д.). В балльно-рейтинговой системе выступление с докладом относится к дополнительным видам работ. Шкала дифференцирована по ряду критериев. Общий результат складывается как сумма баллов по представленным критериям. Максимальный балл за выступление с докладом – 6 баллов.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»


Факультет механический

Кафедра Оборудование нефтегазопереработки

Направление подготовки: 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Профиль/программа: Оборудование нефтегазопереработки

Семестр 6/7

Зав. кафедрой  УТВЕРЖДАЮ И.Н. Мадышев


«19» апреля 2023 г.

### Экзаменационный билет №1

По дисциплине (модулю) Проектирование элементов оборудования нефтегазопереработки

1. Конструкционные материалы в химическом машиностроении. Критерии работоспособности материала. Основные конструкционные материалы в химической промышленности.
2. Основы расчета тонкостенных аппаратов работающих под наружным давлением. Понятие «коротких» и «длинных» цилиндров и особенности их расчета.

Рекомендуемый формат для оформления экзаменационного билета: А5.


Зав. кафедрой  УТВЕРЖДАЮ И.Н. Мадышев

«19» апреля 2023 г.

### Экзаменационный билет № 2

по дисциплине: Проектирование элементов оборудования нефтегазопереработки


1. Основные конструкционные материалы в химической промышленности. Стали. Классификация сталей, границы применимости различных марок сталей.
2. Конструирование и расчет элементов тонкостенных сосудов и аппаратов. Расчет цилиндрических обечаек.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  УТВЕРЖДАЮ И.Н. Мадышев

«19» апреля 2023 г.

**Экзаменационный билет № 3**  
по дисциплине: Проектирование элементов оборудования нефтегазопереработки

1. Основные конструкционные материалы в химической промышленности. Чугуны. Цветные металлы и сплавы, области их применения.
2. Конструирование и расчет элементов тонкостенных сосудов и аппаратов. Крышки и днища химических аппаратов. Расчет на прочность выпуклых крышек и днищ.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  УТВЕРЖДАЮ И.Н. Мадышев

«19» апреля 2023 г.

**Экзаменационный билет № 4**  
по дисциплине: Проектирование элементов оборудования нефтегазопереработки

1. Основные конструкционные материалы в химической промышленности. Неметаллические конструкционные материалы и области их применения.
2. Конструирование и расчет элементов тонкостенных сосудов и аппаратов. Крышки и днища химических аппаратов. Расчет на прочность плоских крышек и днищ.

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ И.Н. Мадышев

«19» апреля 2023 г.

**Экзаменационный билет № 5**

по дисциплине: Проектирование элементов оборудования нефтегазопереработки

1. Основные расчетные параметры химического оборудования.
2. Моментная теория расчета оболочек вращения. Основы теории расчета, понятия и определения. Расчет краевых сил и моментов.

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ И.Н. Мадышев

«19» апреля 2023 г.

**Экзаменационный билет № 6**

по дисциплине: Проектирование элементов оборудования нефтегазопереработки

1. Расчет химического оборудования на механическую прочность. Основные понятия и расчетные закономерности.
2. Моментная теория расчета оболочек вращения. Порядок определения краевых напряжений от известных сил и моментов.

Зав. кафедрой



УТВЕРЖДАЮ

И.Н. Мадышев

«19» апреля 2023 г.

**Экзаменационный билет № 7**

по дисциплине: Проектирование элементов оборудования нефтегазопереработки

1. Безмоментная теория расчета оболочек вращения. Уравнения равновесия элемента оболочки. Уравнение равновесия зоны оболочки.
2. Укрепления отверстий в стенке оболочки. Расчет укрепления отверстий. Основные конструкции укрепления отверстий.

Зав. кафедрой



УТВЕРЖДАЮ

И.Н. Мадышев

«19» апреля 2023 г.

**Экзаменационный билет № 8**

по дисциплине: Проектирование элементов оборудования нефтегазопереработки

1. Безмоментная теория расчета оболочек вращения. Расчет напряжений в цилиндрической и сферической оболочке.
2. Основные разъемные соединения химической аппаратуры. Основные типы фланцев и их применение.

Зав. кафедрой



УТВЕРЖДАЮ

И.Н. Мадышев

«19» апреля 2023 г.

**Экзаменационный билет № 9**

по дисциплине: Проектирование элементов оборудования нефтегазопереработки

1. Безмоментная теория расчета оболочек вращения. Расчет напряжений в конической оболочке.
2. Основные разъемные соединения химической аппаратуры. Специальные типы фланцев. Выбор типа и материала прокладки.

Зав. кафедрой



УТВЕРЖДАЮ

И.Н. Мадышев

«19» апреля 2023 г.

**Экзаменационный билет № 10**

по дисциплине: Проектирование элементов оборудования нефтегазопереработки

1. Безмоментная теория расчета оболочек вращения. Основы расчета тонкостенных сосудов, работающих под внутренним давлением.
2. Конструкции опор аппаратов химической промышленности.



Зав. кафедрой \_\_\_\_\_



УТВЕРЖДАЮ

И.Н. Мадышев

«19» апреля 2023 г.

**Экзаменационный билет № 11**

по дисциплине: Проектирование элементов оборудования нефтегазопереработки

1. Конструирование и расчет элементов тонкостенных сосудов и аппаратов. Крышки и днища химических аппаратов. Расчет на прочность плоских крышек и днищ.
2. Сосуды и аппараты высокого давления. Напряжения в стенке толстостенного цилиндра.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_



УТВЕРЖДАЮ


И.Н. Мадышев

«19» апреля 2023 г.

**Экзаменационный билет № 12**

по дисциплине: Проектирование элементов оборудования нефтегазопереработки

1. Основные конструкционные материалы в химической промышленности. Стали. Классификация сталей, границы применимости различных марок сталей.
2. Безмоментная теория расчета оболочек вращения. Расчет напряжений в конической оболочке.


Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ И.Н. Мадышев

«19» апреля 2023 г.

**Экзаменационный билет № 13**

по дисциплине: Проектирование элементов оборудования нефтегазопереработки

1. Безмоментная теория расчета оболочек вращения. Уравнения равновесия элемента оболочки. Уравнение равновесия зоны оболочки.
2. Укрепления отверстий в стенке оболочки. Расчет укрепления отверстий. Основные конструкции укрепления отверстий.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ И.Н. Мадышев

«19» апреля 2023 г.

**Экзаменационный билет № 14**

по дисциплине: Проектирование элементов оборудования нефтегазопереработки

1. Конструирование и расчет элементов тонкостенных сосудов и аппаратов. Расчет цилиндрических обечаек.
2. Конструкции опор аппаратов химической промышленности.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_



УТВЕРЖДАЮ

И.Н. Мадышев

«19» апреля 2023 г.

**Экзаменационный билет № 15**

по дисциплине: Проектирование элементов оборудования нефтегазоперера-  
ботки

1. Безмоментная теория расчета оболочек вращения. Уравнения равновесия элемента оболочки. Уравнение равновесия зоны оболочки.
2. Моментная теория расчета оболочек вращения. Основы теории расчета, понятия и определения. Расчет краевых сил и моментов.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет механический

Кафедра Оборудование нефтегазопереработки

Направление подготовки: 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Профиль/программа: Оборудование нефтегазопереработки

Семестр 6/7

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_



УТВЕРЖДАЮ

И.Н. Мадышев

«19» апреля 2023 г.

### **Курсовая работа**

по дисциплине Б1.В.10 Проектирование элементов оборудования нефтегазо-  
переработки

*(наименование дисциплины)*

В заданиях на курсовую работу предлагаются варианты расчетов двух типов оборудования:

1. Колонное оборудование, нагруженное внутренним или внешним давлением, осевой сжимающей силой и ветровым изгибающим моментом.

2. Аппараты (сосуды) с рубашками, охватывающими корпус, а иногда и днище аппарата. В промежуток между корпусом и рубашкой подается тепло- или хладагент.

Разработаны схемы 2-х исполнений колонных аппаратов и семи исполнений аппаратов с рубашкой, а также вариантов рабочих условий для колонных аппаратов и 25 вариантов для аппаратов с рубашкой.

Номер варианта задания и схема аппарата указывается преподавателем при выдаче задания.

### **Колонное оборудование**

Содержание расчёта:

1. Выбор конструкционных материалов для элементов колонны.
2. Определение толщины стенки корпуса, крышки, днища, люка, штуцеров с учётом давления, веса и ветровой нагрузки из условий прочности и устойчивости формы.
3. Расчёт фланцевых соединений штуцеров с трубопроводами.
4. Выбор опоры аппарата и расчёт ее на прочность и устойчивость.
5. Расчёт на прочность укреплений штуцеров.
6. Выбор стандартных (по размерам) фланцев и патрубков штуцеров.

7. Расчёт колец жесткости (для вакуумных колонн).

Рассчитать и спроектировать (разработать сборочный чертёж) ректификационную колонну, схема которой показана на рис 1. Технологические и конструктивные параметры (в зависимости от варианта) принять из табл. 1-2. Тарелки решетчатые, провальные. Нормативный скоростной напор ветра принять для III района территории Российской Федерации ( $q_0=450$  Па).

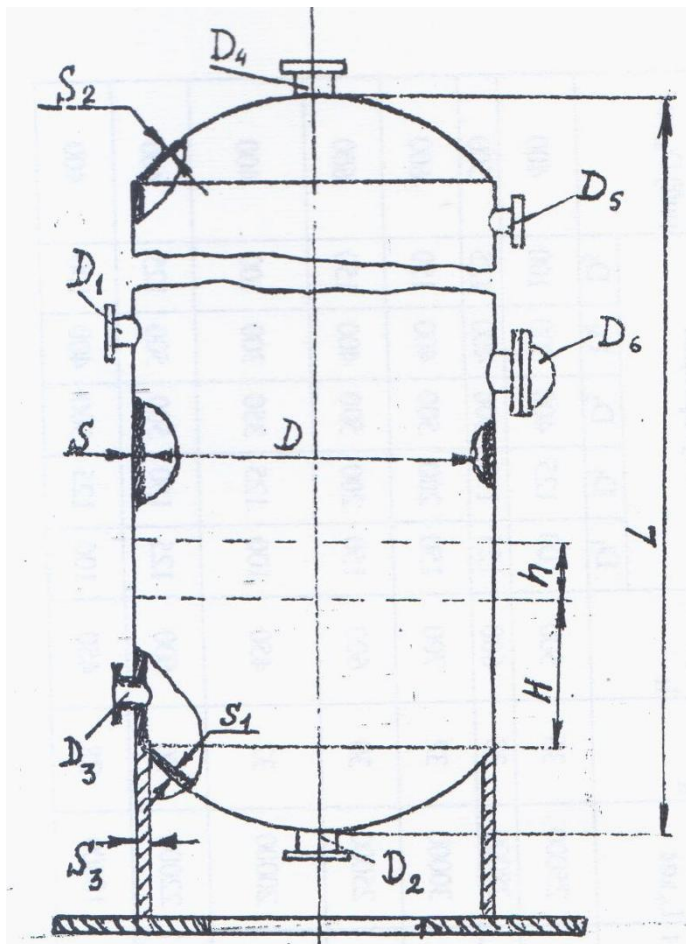


Рис. 1. Схема колонного аппарата.

Табл. 1. Исходные данные

вариант	Среды (разделяемая смесь)	Давление в колонне (абсолютное), МПа	Температура внизу колонны t°С	Диаметр колонны D, мм (внутренний)	Высота колонны L, мм	Число тарелок n	Шаг тарелок h	Условные диаметры штуцеров, мм					Диаметр люка (внутренний) D <sub>6</sub> , мм
								D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	D <sub>5</sub>	
1К	Ацетон-вода	0,2	121	1000	25000	36	500	100	125	400	300	100	400
2К	Вода-фенол	0,2	208	1200	28000	33	600	125	150	500	400	125	500
3К	Этан-этилен	4,0	+24	1600	30000	32	700	150	200	500	400	150	600
4К	Пропан-пропилен	2,0	58	1400	25000	30	600	150	200	500	400	150	600
5К	Вода-уксусная кислота	0,2	144	1000	20000	32	450	100	125	350	300	100	400
6К	Жирные кислоты	0,005	257	1200	22000	26	600	125	150	500	500	125	400
7К	Жирные кислоты	0,005	257	1000	18000	28	450	100	125	500	400	100	400

## Аппарат с рубашкой

Содержание расчёта:

1. Выбор конструкционных материалов для элементов аппарата.
2. Определение толщины стенки корпуса и рубашки.
3. Определение толщины стенки крышки и днищ.
4. Расчёт фланцевого соединения корпуса с крышкой (определение болтовой нагрузки, выбор прокладки, определение числа или диаметра болтов, расчёт толщины фланцев).
5. Выбор опор (стенок) и их расчёт на прочность.
6. Расчёт на прочность вала перемешивающего устройства и определение критической скорости вращения.
7. Расчёт мешалки на прочность.
8. Определение диаметров штуцеров и расчёт укрепления отверстий в аппарате.

Рассчитать и спроектировать (разработать сборочный чертёж) аппарат с мешалкой, схема которого представлена на рис. 2.

Технологические и конструктивные параметры аппарата принять из табл. 2 и 3.

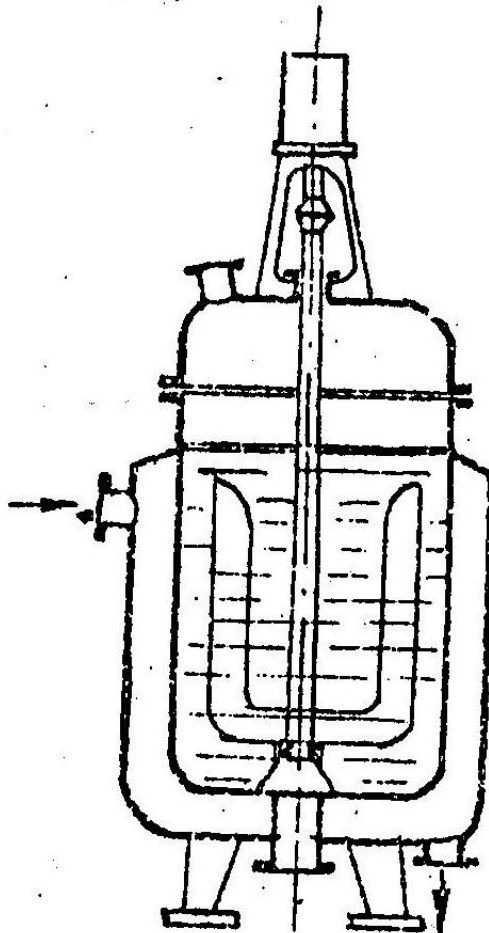


Рис. 2. Схема аппарата с рубашкой.

Табл. 2. Исходные данные

Вариант	Рубашка					Аппарат			
	Давление, МПа	$t_{нач}$ , °C	$t_{кон}$ , °C	расход, кг/ч	среда	давление, МПа	Температура $t_{ап}$ , °C	среда	Коэффициент заполнения аппарата $\phi$ или высота слоя жидкости в аппарате, $H_{ж}$
1АМ	0,3	20	45	6500	вода	0,6	65	Смесь азотной и серной кислот $\rho = 1600 \text{ кг/м}^3$	$H_{ж} = D_{в}$
2АМ	0,17	114,5	114,5	140	Конденсирующийся водяной пар	0,4	100	Толуол $\rho = 870 \text{ кг/м}^3$	$H_{ж} = D_{в}$
3АМ	0,5	157	157	240	-//-	0,4	90	Глицерин $\rho = 1239 \text{ кг/м}^3$	$\phi = 0,75$
4АМ	0,5	-17	9	4800	Рассол (20% NaCl) $\rho = 1150 \text{ кг/м}^3$	1,0		Диэтиловый эфир $\rho = 716 \text{ кг/м}^3$	$\phi = 0,75$
5АМ	0,7	170	170	200	Конденсирующийся водяной пар	0,5	120	Реакт. масса (сильная щелочь) $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$	$H_{ж} = D_{в}$



Вари- -ант	Внутрен- ний диаметр корпуса $D_K$ , мм	Внутрен- ний диаметр рубашки $D_P$ , мм	Высота рубаш- ки $H_P$ , мм	Тип мешалки	Тип привода	Расчетная мощность на перемеш- ивание $N_{П}$ , кВт	Скорость вращения мешалки $\omega$ , 1/сек ( $n$ , об/мин)
1АМ	1600	1700	1680	Лопастная (тип 1)	Верти- кальный по нМ 5855-66 (тип 1)	0,5	6,6 (63)
2АМ	1400	1500	1380	Якорная (тип 3)	-//-	1,1	4,2 (39,6)
3АМ	1200	1300	1740	Якорная (тип 3)	-//-	0,7	4,2 (39,6)
4АМ	1800	1900	2495	Рамная (тип 4)	-//-	0,1	2,1 (19,8)
5АМ	1000	1100	1565	Лопастная (тип 1)	-//-	0,6	8,4 (78)

Расчеты включают в себя:

- 1) выбор конструкционных материалов для рассчитываемых элементов аппарата,
- 2) расчеты на прочность и устойчивость корпуса аппарата и рубашки, а также расчеты крышек и днищ,
- 3) конструирование и расчеты элементов фланцевого соединения крышки и корпуса аппарата или крышки люка,
- 4) конструирование и расчет опор аппарата из условий прочности и устойчивости.

В графической части работы прилагается схема аппарата с обозначением размеров на листе формата А3; и эскизы элементов аппарата и расчетные их схемы.

Расчеты выполняются на листах формата А4, расчетные формулы и величины сопровождаются пояснениями (указывается литературный источник и номер страницы).

Список литературных источников, использованных в работе, оформленный по общепринятым правилам, помещается в конце курсовой работы.

**Критерии оценки:** оценка рейтинга курсовой работы (КР) по дисциплине «Конструирование и расчёт элементов оборудования отрасли» производится преподавателем в баллах, с учетом качества и полноты выполнения следующих составляющих курсовой работы, а также сроков и итогов его публичной защиты:

1. Соответствие представленной пояснительной записки курсовой работы заданию и требованиям стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) к текстовой документации;
2. Итоги публичной защиты курсовой работы на заседании приемной ко-

миссии кафедры;

3. Соответствие сроков выполнения и представления готовой работы к защите утвержденной учебным планом графику.

Рейтинг курсовой работы ( $R_{кр}$ ) определяется путем вычитания из максимально возможного количества баллов, равного 100 баллам, суммы штрафных баллов ( $\Sigma R_i$ ), которые выставляются преподавателем за ошибки, допущенные студентом при оформлении пояснительной записки ( $R_{пз}$ ), по итогам публичной защиты работы ( $R_{заш}$ ) и за отставание от графика защиты курсовой работы ( $R_{ср}$ ) по уравнению:

$$R_{кр} = 100 - \Sigma(R_{пз} + R_{заш} + R_{ср}) \text{ баллов.}$$

Максимальное количество баллов – 100, минимальное – 60, которые определяются преподавателем дифференцированно, оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» в соответствии с критериями, представленными в таблице:

### Критерии оценки рейтинга составляющих курсовой работы

<i>Составляющие КР</i>	<i>Критерии оценки и рекомендуемые баллы</i>		
<b>1. Качество пояснительной записки (ПЗ)</b>	ПЗ выполнена в полном объеме, качественно, в соответствии с заданием. Все разделы ПЗ выполнены в полном объеме и оформлены правильно, практически без ошибок и отклонений от требований стандартов ЕСКД к текстовой документации. Все расчеты содержат расчетные схемы и ссылки на литературу в полном объеме.	ПЗ выполнена в целом в соответствии с заданием и с соблюдением требований норм ЕСКД к текстовой документации. В разделах ПЗ допущены 1-2 ошибки не принципиального характера, в виде неточностей в обозначениях в расчетных схемах и списке используемой литературы.	ПЗ выполнена с некоторыми отклонениями от задания в части объема выполненных расчетов. В ПЗ допущены более двух технических ошибок в виде отсутствия ссылок на литературу и недостаточного количества расчетных схем машин и аппаратов. Имеются неточности и ошибки в оформлении списка использованной литературы.
<b>1.1. Штрафные баллы за ПЗ (<math>R_{пз}</math>)</b>	<b>0 – 3 балла</b>	<b>4 – 7 баллов</b>	<b>7 – 10 баллов</b>
<b>2. Уровень теоретической и практической подготовки по итогам защиты КР</b>	Теоретическая и практическая подготовка высокая. Студент уверенно и аргументированно отвечает практически на все практические и теоретические вопросы, изложенные в пояснительной записке.	Средний уровень теоретической и практической подготовки. Студент весьма уверенно и подробно отвечает на большинство заданных вопросов по теме работы, но допускает неточности в ответах на вопросы предыдущих общетеоретических дисциплин.	Невысокий уровень теоретической и практической подготовки по теме работы. На ряд заданных в ходе защиты теоретических и практических вопросов ответы не полные, допускаются ошибки в основных понятиях и определениях дисциплины, требуется уточняющая подсказка преподавателя.
<b>2.1. Штрафные баллы за защиту (<math>R_{заш}</math>)</b>	<b>0 – 4 балла</b>	<b>4 – 7 баллов</b>	<b>7 – 11 баллов</b>
<b>3. Сроки выполнения и защиты КР</b>	Курсовая работа выполнена практически в утвержденные сроки, отставание от графика не превышает 1 неделю.	Курсовая работа выполнена и представлен к защите с небольшим отставанием от графика не более на 1-2 недели.	Курсовая работа выполнена с значительным отставанием от утвержденного графика более чем на 2 – 3 недели.

<b>3.1. Штрафные баллы за сроки (<math>R_{CP}</math>)</b>	<b>0 – 3 балла</b>	<b>3 – 5 баллов</b>	<b>6 – 8 баллов</b>
<b>4. Сумма штрафных баллов (<math>\Sigma R</math>)</b>	<b>0 – 10 баллов</b>	<b>11 – 19 баллов</b>	<b>20 – 29 баллов</b>
<b>Суммарный рейтинг (<math>R_{KP}</math>) и оценки</b>	<b>100 – 87 баллов «Отлично»</b>	<b>86 – 74 баллов «Хорошо»</b>	<b>60 – 73 баллов «Удовлетворительно»</b>

При сумме баллов ниже 60 курсовая работа **не зачитывается** и подлежит повторной защите после исправления выявленных ошибок и после дополнительной теоретической подготовки по теме курсовой работы.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет механический

Кафедра Оборудование нефтегазопереработки

Направление подготовки: 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Профиль/программа: Оборудование нефтегазопереработки

Семестр 6/7

Зав. кафедрой



УТВЕРЖДАЮ

И.Н. Мадышев

«19» апреля 2023 г.

### Контрольная работа

по дисциплине Б1.В.10 Проектирование элементов оборудования нефтегазо  
(наименование дисциплины)  
переработки

Вариант выбирается студентом по последней цифре шифра его зачетной книжки. Студенту необходимо дать ответ на поставленный вопрос, используя варианты ответов. В качестве объекта исследований выбирается оборудование, имеющееся на месте работы учащегося.

#### Вопросы к контрольной работе

1. Определение оболочки вращения, срединной поверхности, первого и второго радиусов кривизны. Вывод уравнения равновесия сил, действующих на элемент оболочки по оси  $Z$ .
2. Почему внутренние силы и моменты, действующие на верхнюю и нижнюю грани элемента оболочки, имеют в общем случае приращение в отличие от сил и моментов, действующих на боковые грани?
3. Как выделяется элемент оболочки? Силы и моменты, действующие на оболочки, природа их возникновения, размерности.
4. Вывод уравнения равновесия моментов, действующих на элемент оболочки по оси  $Y$ . Напряжения, вызываемые внутренними силами и моментами.

5. Сущность безмоментной теории расчёта тонкостенных оболочек. Вывод уравнений безмоментной теории: уравнение Лапласа и уравнение равновесия зоны.
6. Силы и моменты действующие на элемент оболочки, природа их возникновения и размерности. Выбор системы осей координат.
7. Сущность краевой задачи. Причины возникновения краевых сил и моментов и характер их действия по длине оболочки.
8. Сравнительная характеристика безмоментной и моментной теории расчёта тонкостенных оболочек. Вывод уравнения безмоментной теории.

### Задачи к контрольной работе

А-1. По безмоментной теории определить требуемую толщину конической оболочки, заполненной жидкостью и имеющей наружную теплоизоляцию (рис. 1), если заданы: средний диаметр основания конуса  $D_{\text{ср.}}$ , угол при вершине конуса  $\alpha$ , толщина теплоизоляции  $\delta_{\text{из.}}$ , допускаемое напряжения для материала оболочки  $[\sigma]$ , плотности жидкости  $\rho_{\text{ж}}$  и материала изоляции  $\rho_{\text{из.}}$ .

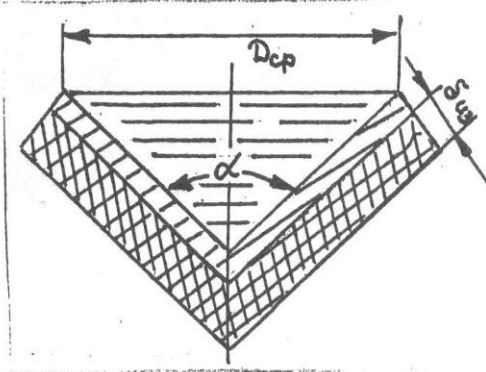


Рис. 1

Таблица 4

Исходные данные

Варианты	$D_{\text{ср.}}$ мм	$\alpha$ , град	$\delta_{\text{из.}}$ мм	$[\sigma]$ , МПа	$\rho_{\text{ж}}$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho_{\text{из.}}$ , кг/м <sup>3</sup>
а	1394	90	120	120	880	1900
б	1014	60	100	130	1630	2600

в	1990	120	150	120	1200	2600
г	906	120	100	125	1500	2600
д	714	90	120	140	1630	1900
е	1594	60	180	160	880	1900

А-2. По безмоментной теории определить напряжения, возникающие в стенке конической оболочки, заполненной жидкостью и нагруженной внешним равномерно распределенным газовым давлением (рис. 2), если заданы: наружный диаметр основания конуса  $D_n$ , толщина оболочки  $\delta$ , угол при вершине  $\alpha$ , величина внешнего давления  $p$ , плотность жидкости  $\rho_{ж}$ .

Построить графики напряжений в функции расстояния  $X$  от вершины.

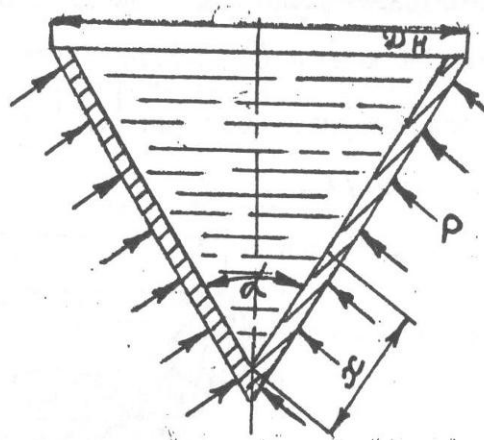


Рис. 2

Таблица 5

Исходные данные

Варианты	$D_n$ , мм	$\delta$ , мм	$\alpha$ , град	$p$ , МПа	$\rho_{ж}$ , кг/м <sup>3</sup>
а	1820	10	120	0,6	1040
б	1020	6	90	1,0	1280
в	920	8	60	1,6	1500

г	1412	6	90	0,8	1630
д	2016	8	60	1,0	1200
е	1020	6	120	1,6	1630

А-3. По безмоментной теории определить требуемую толщину стенки вращающейся вокруг собственной оси цилиндрической оболочки, закрытой с обоих концов крышками и нагруженной внутренним газовым давлением, если заданы: средний диаметр цилиндра  $D_{ср.}$ , скорость вращения оболочки  $n$ , величина внутреннего давления  $p$ , допускаемое напряжения для материала оболочки  $[\sigma]$ .

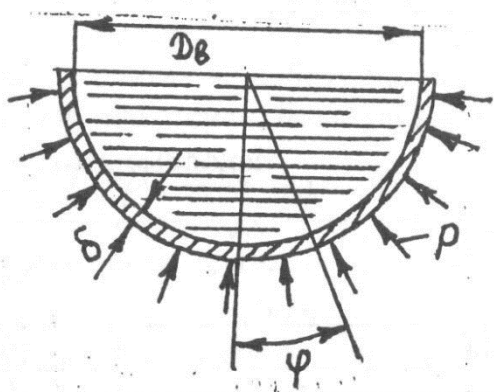


Рис. 3

Таблица 6

Исходные данные

Варианты	$D_{ср.}$ мм	$n$ , об/мин	$p$ , МПа	$[\sigma]$ , МПа
а	897	800	1,0	120

б	1096	1200	0,6	130
в	796	1500	1,25	160
г	1000	750	0,8	140
д	627	2800	1,6	160
е	1590	600	0,3	125

А-4. По безмоментной теории определить напряжения, возникающие в стенке полушаровой емкости, заполненной жидкостью и нагруженной внешним равномерно распределенным газовым давлением (рис. 3) если заданы: внутренний диаметр емкости  $D_v$ , толщина стенки емкости  $\delta$ , величина внешнего давления  $p$ , плотность жидкости  $\rho_{ж}$ . Построить график зависимости напряжений от угла  $\varphi$ .

Т а б л и ц а 7

Исходные данные

Варианты	$D_v$ , мм	$\delta$ , мм	$p$ , МПа	$\rho_{ж}$ , кг/м <sup>3</sup>
а	3600	10	0,6	1100
б	3800	14	0,4	1060
в	4000	20	0,4	1630
г	4500	12	1,0	1100
д	2500	10	0,6	870
е	5000	20	0,2	1500

А-5. По безмоментной теории определить напряжения, возникающие в стенке сферической оболочки, вращающейся вокруг собственной оси и нагруженной внутренним газовым давлением, если заданы: внутренний диаметр оболочки  $D_v$ , толщина стенки оболочки  $\delta$ , скорость вращения  $n$  и величина внутреннего давления  $p$ . Построить график зависимости напряжений от широты  $\varphi$ .

Т а б л и ц а 8

Исходные данные

Варианты	$D_v$ , мм	$\delta$ , мм	$n$ , об/мин	$p$ , МПа
а	500	4	1200	1,6
б	650	6	820	1,25
в	375	4	2800	0,4
г	800	6	950	0,6
д	1000	6	750	0,2
е	450	4	1500	0,8



**Критерии оценки:** Оценка работы студентов по выполнению контрольной работы производится путем подсчета количества данных верных ответов из максимально возможных, а также правильности выполнения задачи. Максимальный балл за выполнение контрольной работы – 10 баллов.

<b>Критерий оценки</b>	<b>Балл</b>
Демонстрирует полное понимание поставленной задачи. Дает логически обоснованный, полный и правильный ответ на вопросы. Отсутствие ошибочных высказываний, аргументированность.	10
Дает достаточно полный ответ, с нарушением последовательности изложения. Имеются трудности в обоснованности своего ответа.	8
Дает неполный ответ (в общих чертах) на вопрос.	6
Нет ответа.	0