

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

« 14 » апреля 2021 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине (модулю)

Б1.В.10 Проектирование элементов оборудования нефтегазопереработки

(код и наименование дисциплины (модуля))

15.03.02. Технологические машины и оборудование

(код и наименование направления подготовки)

Оборудование нефтегазопереработки

(профиль подготовки)

бакалавр


квалификация

очная, очно-заочная

форма обучения

Нижекамск 2021

Составитель ФОС:  
доцент каф. МАХП  
(должность)



И.Н. Мадышев  
(Ф.И.О)

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры МАХП,  
протокол от 10.03.2021 г. № 7

Зав. кафедрой

  
(подпись)

И.А. Сабанаев  
(Ф.И.О.)

Эксперт:

Руководитель ООП Мадышев И.Н. доц. МАХП НХТИ  
Ф.И.О., должность, организация, подпись



**Перечень компетенций с указанием этапов их формирования**

<b>Индекс компетенции</b>	<b>Содержание компетенции</b>	<b>Этапы формирования компетенции</b>				<b>Наименование оценочного средства</b>
		<b>Лекции</b>	<b>Лабораторные занятия</b>	<b>Практические занятия</b>	<b>Курсовая работа</b>	
ОПК-4	пониманием сущности и значения информации в развитии современного общества, способностью получать и обрабатывать информацию из различных источников, готовностью интерпретировать, структурировать и оформлять информацию в доступном для других виде	<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-3	способностью использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программ и баз данных для	<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>

	расчета технологических параметров оборудования и мониторинга природных сред					
ПК-4	способностью использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий	<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	готовностью обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду	<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-6	способностью следить за выполнением правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной	<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>

	безопасности и норм охраны труда на предприятиях					
ПК-9	способностью анализировать технологический процесс как объект управления	<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-18	способностью проектировать отдельные узлы (аппараты) с использованием автоматизированных прикладных систем	<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>

Таблица 2. Расчет текущего рейтинга

Название	Кол-во	Оценка за одно		Суммарн. оценка	
		Миним.	Максим.	Миним.	Максим.
лекция (конспект)	10	1		10	10
Практическое занятие (выполнение заданий)	9	1	2	9	18
Лабораторная работа	5	2		10	10
доклад	1	3	10	3	10
дискуссия	1	4	12	4	12
Экзамен				24	40
Всего				60	100
Курсовая работа	1	60	100	60	100

**Показатели и критерии оценивания компетенций с описанием шкал оценивания**

Индекс компетенции	Содержание компетенции	Уровни освоения компетенции		
		Пороговый	Продвинутый	Превосходный
ОПК-4	пониманием сущности и значения информации в развитии современного общества, способностью получать и обрабатывать информацию из различных источников, готовностью интерпретировать, структурировать и оформлять информацию в доступном для других виде	<p><b>Знать:</b> социальные и психологические основы работы с информацией.</p> <p><b>Уметь:</b> самостоятельно работать с различными источниками информации, анализировать их и применять для разрешения конкретных практических ситуаций.</p> <p><b>Владеть:</b> способами ориентации в профессиональных источниках информации (журналы, сайты, файловые сервера), технологиями работы с различного рода источниками информации, в том числе в глобальной сети Интернет.</p>	<p><b>Знать:</b> принципы оценки достоверности профессиональной информации.</p> <p><b>Уметь:</b> формулировать информационный запрос, работать с научной и производственной информацией, использовать отечественный и зарубежный опыт в профессиональной деятельности, систематизировать и обобщать информацию;</p> <p><b>Владеть:</b> методиками формулировки запросов для поиска в автоматизированных информационных системах; основными методами систематизации и библиографической обработки информации.</p>	<p><b>Знать:</b> основные характеристики процессов сбора, передачи, поиска, обработки и накопления информации</p> <p><b>Уметь:</b> оценивать достоверность полученной информации; находить и критически оценивать информацию в глобальной сети Интернет.</p> <p><b>Владеть:</b> способностью к обобщению, анализу информации, приемами критического восприятия получаемой информации.</p>
ПК-3	способностью использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных	<p><b>Знать:</b> неполные знания современных информационных технологий.</p> <p><b>Уметь:</b> в целом успешно, но не систематически проводить обработку информации с использованием прикладных программ и баз данных для расчета технологических параметров оборудования и</p>	<p><b>Знать:</b> сформировавшиеся, но содержащие отдельные пробелы знания современных информационных технологий.</p> <p><b>Уметь:</b> в целом успешно, но с некоторыми пробелами проводить обработку информации с использованием прикладных программ и баз данных для расчета технологических параметров</p>	<p><b>Знать:</b> сформированные и систематические знания современных информационных технологий.</p> <p><b>Уметь:</b> успешно и систематически проводить обработку информации с использованием прикладных программ и баз данных для расчета технологических</p>

	программ и баз данных для расчета технологических параметров оборудования и мониторинга природных сред	мониторинга природных сред. <b>Владеть:</b> в целом успешно, но не систематически навыками расчета технологических параметров оборудования и мониторинга природных сред с использованием современных информационных технологий.	оборудования и мониторинга природных сред. <b>Владеть:</b> в целом успешно, но с отдельными ошибками навыками расчета технологических параметров оборудования и мониторинга природных сред с использованием современных информационных технологий.	параметров оборудования и мониторинга природных сред. <b>Владеть:</b> успешно и систематически навыками расчета технологических параметров оборудования и мониторинга природных сред с использованием современных информационных технологий.
ПК-4	способностью использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий	<b>Знать:</b> неполные знания нормативных документов по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий. <b>Уметь:</b> в целом успешно, но не систематически использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий. <b>Владеть:</b> в целом успешно, но не систематически навыками использования нормативных документов в целях сохранения качества продукции, ее стандартизации и сертификации.	<b>Знать:</b> сформировавшиеся, но содержащие отдельные пробелы знания нормативных документов по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий. <b>Уметь:</b> в целом успешно, но с некоторыми пробелами использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий. <b>Владеть:</b> в целом успешно, но с отдельными ошибками навыками использования нормативных документов в целях сохранения качества продукции, ее стандартизации и сертификации.	<b>Знать:</b> сформированные и систематические знания нормативных документов по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий. <b>Уметь:</b> успешно и систематически использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий. <b>Владеть:</b> успешно и систематически навыками использования нормативных документов в целях сохранения качества продукции, ее стандартизации и сертификации.
ПК-5	готовностью обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических	<b>Знать:</b> неполные знания технических решений при разработке технологических процессов. <b>Уметь:</b> в целом успешно, но не систематически выбирать технические средства и	<b>Знать:</b> сформировавшиеся, но содержащие отдельные пробелы знания технических решений при разработке технологических процессов. <b>Уметь:</b> в целом успешно, но с некоторыми пробелами выбирать	<b>Знать:</b> сформированные и систематические знания технических решений при разработке технологических процессов. <b>Уметь:</b> успешно и систематически выбирать



	процессов; выбирать технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду	технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду. <b>Владеть:</b> в целом успешно, но не систематически навыками обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов.	технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду. <b>Владеть:</b> в целом успешно, но с отдельными ошибками навыками обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов.	технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду. <b>Владеть:</b> успешно и систематически навыками обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов.
ПК-6	способностью следить за выполнением правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда на предприятиях	<b>Знать:</b> неполные знания правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда на предприятиях. <b>Уметь:</b> в целом успешно, но не систематически следить за выполнением правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда на предприятиях. <b>Владеть:</b> в целом успешно, но не систематически методами и средствами измерений.	<b>Знать:</b> сформировавшиеся, но содержащие отдельные пробелы знания правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда на предприятиях. <b>Уметь:</b> в целом успешно, но с некоторыми пробелами следить за выполнением правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда на предприятиях. <b>Владеть:</b> в целом успешно, но с отдельными ошибками методами и средствами измерений.	<b>Знать:</b> сформированные и систематические знания правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда на предприятиях. <b>Уметь:</b> успешно и систематически следить за выполнением правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда на предприятиях. <b>Владеть:</b> успешно и систематически методами и средствами измерений.
ПК-9	способностью анализировать технологический процесс как объект управления	<b>Знать:</b> неполные знания теории, принципов и методов анализа технологического процесса как объекта управления. <b>Уметь:</b> в целом успешно, но не	<b>Знать:</b> сформировавшиеся, но содержащие отдельные пробелы знания теории, принципов и методов анализа технологического процесса как объекта управления. <b>Уметь:</b> в целом успешно, но с	<b>Знать:</b> сформированные и систематические знания теории, принципов и методов анализа технологического процесса как объекта управления. <b>Уметь:</b> успешно и

		<p>систематически анализировать технологический процесс как объект управления.</p> <p><b>Владеть:</b> в целом успешно, но не систематически методами анализа технологического процесса как объекта управления.</p>	<p>некоторыми пробелами анализировать технологический процесс как объект управления.</p> <p><b>Владеть:</b> в целом успешно, но с отдельными ошибками методами анализа технологического процесса как объекта управления.</p>	<p>систематически анализировать технологический процесс как объект управления.</p> <p><b>Владеть:</b> успешно и систематически методами анализа технологического процесса как объекта управления.</p>
ПК-18	<p>способностью проектировать отдельные узлы (аппараты) с использованием автоматизированных прикладных систем</p>	<p><b>Знать:</b> неполные знания отдельных узлов (аппаратов) технологического процесса.</p> <p><b>Уметь:</b> в целом успешно, но не систематически проектировать отдельные узлы (аппараты) с использованием автоматизированных прикладных систем.</p> <p><b>Владеть:</b> в целом успешно, но не систематически навыками использования стандартных пакетов прикладных программ для проектирования отдельных узлов (аппаратов) технологических схем.</p>	<p><b>Знать:</b> сформировавшиеся, но содержащие отдельные пробелы знания отдельных узлов (аппаратов) технологического процесса.</p> <p><b>Уметь:</b> в целом успешно, но с некоторыми пробелами проектировать отдельные узлы (аппараты) с использованием автоматизированных прикладных систем.</p> <p><b>Владеть:</b> в целом успешно, но с отдельными ошибками навыками использования стандартных пакетов прикладных программ для проектирования отдельных узлов (аппаратов) технологических схем.</p>	<p><b>Знать:</b> сформированные и систематические знания отдельных узлов (аппаратов) технологического процесса.</p> <p><b>Уметь:</b> успешно и систематически проектировать отдельные узлы (аппараты) с использованием автоматизированных прикладных систем.</p> <p><b>Владеть:</b> успешно и систематически навыками использования стандартных пакетов прикладных программ для проектирования отдельных узлов (аппаратов) технологических схем.</p>

### ***Шкала оценивания***

<b>Цифровое выражение</b>	<b>Выражение в баллах БРС:</b>	<b>Словесное выражение</b>	<b>Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:</b>
			<b>экзамен</b>
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 матери-ал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий
4	73 - 87	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


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  
(код и наименование)

Профиль подготовки: Оборудование нефтегазопереработки  
(наименование)

Зав. кафедрой  УТВЕРЖДАЮ  
И.А. Сабанаев  
« 10 » марта 2021 г.

### Экзаменационный билет № 1

по дисциплине: Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли

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.


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: Направление подготовки: 15.03.02. Технологические машины и оборудование  
(код и наименование)

Профиль подготовки: Оборудование нефтегазопереработки  
(наименование)

Зав. кафедрой  УТВЕРЖДАЮ  
И.А. Сабанаев  
« 10 » марта 2021 г.

### Экзаменационный билет № 2

по дисциплине: Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли

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.

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  
(код и наименование)

Профиль подготовки: Оборудование нефтегазопереработки  
(наименование)

### Экзаменационный билет № 3

по дисциплине: Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли

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.

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  
(код и наименование)

Профиль подготовки: Оборудование нефтегазопереработки  
(наименование)

### Экзаменационный билет № 4

по дисциплине: Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли

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.

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.

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  
(код и наименование)

Профиль подготовки: Оборудование нефтегазопереработки  
(наименование)

### Экзаменационный билет № 7

по дисциплине: Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли

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.

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  
(код и наименование)

Профиль подготовки: Оборудование нефтегазопереработки  
(наименование)

### Экзаменационный билет № 8

по дисциплине: Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли

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.

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  
(код и наименование)

Профиль подготовки: Оборудование нефтегазопереработки  
(наименование)

### Экзаменационный билет № 9

по дисциплине: Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли

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.

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  
(код и наименование)

Профиль подготовки: Оборудование нефтегазопереработки  
(наименование)

### Экзаменационный билет № 10

по дисциплине: Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли

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



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

Направление подготовки: 15.03.02. Технологические машины и оборудование  
(код и наименование)

Профиль подготовки: Оборудование нефтегазопереработки

(наименование)

### Экзаменационный билет № 11

по дисциплине: Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли

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.

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  
(код и наименование)

Профиль подготовки: Оборудование нефтегазопереработки

(наименование)

### Экзаменационный билет № 12

по дисциплине: Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли

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.

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  
(код и наименование)

Профиль подготовки: Оборудование нефтегазопереработки  
(наименование)

### Экзаменационный билет № 13

по дисциплине: Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли

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.

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  
(код и наименование)

Профиль подготовки: Оборудование нефтегазопереработки  
(наименование)

### Экзаменационный билет № 14

по дисциплине: Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли

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

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

Направление подготовки: 15.03.02. Технологические машины и оборудование  
(код и наименование)

Профиль подготовки: Оборудование нефтегазопереработки

(наименование)

**Экзаменационный билет № 15**

по дисциплине: Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли

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.

**Критерии оценки:** оценка за ответ на вопросы экзаменационного билета, проводимый в форме устного опроса знаний студентов, осуществляется в соответствии с балльно-рейтинговой системой и предполагает максимальный балл за ответ – 40. Оценивание ответа студента производится по следующей шкале баллов.

Критерий оценки	Балл
Демонстрирует полное понимание поставленного вопроса. Дает полный развернутый ответ на основной вопрос. Дает логически обоснованный и правильный ответ на дополнительный вопрос. <b>Оценка «отлично»</b> выставляется студенту, если он исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал рекомендуемой литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач. <b>Знает:</b> общие принципы и методологию конструирования машин и аппаратов отрасли; методы расчета и конструирования тонкостенных сосудов; методы расчета и конструирования плотно-прочных разъёмных соединений; методы расчета и конструирования аппаратов высокого давления; методы расчета и конструирования элементов колонных аппаратов; методы расчета и конструирования аппаратов с перемешивающими устройствами; методы расчета быстровращающихся оболочек и дисков; методы расчета оборудования, работающего в условиях динамических колебаний; влияние конструкционного материала и технологии изготовления на конструкцию машин и аппаратов. <b>Может:</b> подобрать материал и выбрать расчетную схему для проектируемого оборудования и его элементов; проводить технические расчеты по	36-40

<p>определению напряжений в оборудовании и его элементах; по заданным рабочим параметрам с учетом свойств выбранного конструкционного материала определять основные конструктивные размеры проектируемого оборудования и его элементов; разрабатывать конструкторскую документацию на проектируемое оборудование; выполнять поверочные расчеты на прочность и устойчивость оборудования и его элементов.</p> <p><b>Способен:</b> владеть: основными понятиями и терминологией, принятыми в практике расчета и конструирования элементов безопасного оборудования для химических и нефтехимических производств; методами составления расчетных схем для проведения расчетов на прочность и устойчивость элементов конструкции проектируемого оборудования и машин отрасли; навыками выполнения проверочных расчетов на прочность и устойчивость оборудования и его элементов; практическими навыками по проектированию и оформлению предусмотренной нормативными материалами конструкторской документации на технологическое оборудование и машины отрасли.</p>	
<p>Дает достаточно полный ответ, с нарушением последовательности изложения. Отвечает на дополнительный вопрос, но обосновать не может.</p> <p><b>Оценка «хорошо»</b> выставляется студенту, если он по существу излагает материал, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов.</p> <p><b>Знает:</b> общие принципы и методологию конструирования машин и аппаратов отрасли; методы расчета и конструирования тонкостенных сосудов; методы расчета и конструирования плотно-прочных разъёмных соединений; методы расчета и конструирования элементов колонных аппаратов; методы расчета быстровращающихся оболочек и дисков; методы расчета оборудования, работающего в условиях динамических колебаний; влияние конструкционного материала и технологии изготовления на конструкцию машин и аппаратов.</p> <p><b>Может:</b> подобрать материал для проектируемого оборудования и его элементов; проводить технические расчеты по определению напряжений в оборудовании и его элементах; по заданным рабочим параметрам с учетом свойств выбранного конструкционного материала определять основные конструктивные размеры проектируемого оборудования и его элементов; выполнять поверочные расчеты на прочность и устойчивость оборудования и его элементов.</p> <p><b>Способен:</b> владеть: основными понятиями и терминологией, принятыми в практике расчета и конструирования элементов безопасного оборудования для химических и нефтехимических производств; методами составления расчетных схем для проведения расчетов на прочность и устойчивость элементов конструкции проектируемого оборудования и машин отрасли; навыками выполнения проверочных расчетов на прочность и устойчивость оборудования и его элементов.</p>	30-35
<p>Дает неполный ответ на основной вопрос. Не дает ответа на дополнительный вопрос.</p> <p><b>Оценка «удовлетворительно»</b> выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.</p> <p><b>Знает:</b> общие принципы конструирования машин и аппаратов отрасли; методы расчета и конструирования тонкостенных сосудов; методы расчета и конструирования плотно-прочных разъёмных соединений; методы расчета и конструирования элементов колонных аппаратов; методы расчета быстровращающихся оболочек и дисков; влияние конструкционного материала</p>	24-29

<p>на конструкцию машин и аппаратов.</p> <p><b>Может:</b> подобрать материал для проектируемого оборудования и его элементов; проводить технические расчеты по определению напряжений в оборудовании и его элементах; выполнять проверочные расчеты на прочность и устойчивость оборудования и его элементов.</p> <p><b>Способен:</b> владеть: основными понятиями и терминологией, принятыми в практике расчета и конструирования элементов безопасного оборудования для химических и нефтехимических производств; навыками выполнения проверочных расчетов на прочность и устойчивость оборудования и его элементов.</p>	
<p>Нет ответа.</p> <p><b>Оценка «неудовлетворительно»</b> выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями отвечает на вопросы. Как правило, ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.</p>	0

Суммарный рейтинг студента в баллах за семестр складывается из оценки его деятельности в течение семестра и оценки, полученной на экзамене, в соотношении 60:40. Максимальный балл, который может набрать студент за один семестр в ходе изучения дисциплины в целом, равен 100. В соответствии с положением о балльно-рейтинговой системе (БРС) к набранной за семестр сумме баллов (от 36 до 60) добавляется при сдаче зачета от 24 до 40 баллов.

#### Перечень и краткая характеристика оценочных средств

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Доклад	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы	Темы докладов
2	Дискуссия	Оценочные средства, позволяющие включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их умение аргументировать собственную точку зрения.	Перечень дискуссионных тем

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижнекамский 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/специальность: 15.03.02. \_\_\_\_\_ Технологические  
машины и оборудование \_\_\_\_\_

Программа подготовки: Оборудование нефтегазопереработки  
(наименование)

### Темы докладов

по дисциплине Б1.В.10 Конструирование и расчёт элементов оборудования  
отрасли

**Раздел 1.** Основы конструирования и расчета химических машин и аппаратов.

1. 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 – 12 баллов.

Критерий оценки	Балл
Актуальность темы	2
Полное раскрытие проблемы	2
Наличие собственной точки зрения	1
Наличие презентации	2
Наличие ответов на вопросы аудитории	2
Логичность и последовательность изложения	2
Отсутствие ошибочных или противоречивых положений	1
<i>Итого</i>	<i>12</i>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижнекамский 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/специальность: 15.03.02. Технологические  
машины и оборудование  
(код и наименование)

Программа подготовки: Оборудование нефтегазопереработки  
(наименование)

**Темы дискуссий**  
по дисциплине Б1.В.10 Конструирование и расчёт элементов оборудования  
отрасли  
(наименование дисциплины)

## **Раздел 2. Теория и расчет тонкостенных оболочек вращения.**

Определение оболочки. Оболочки как основные элементы химической аппаратуры. Определение оболочки вращения.

Основные соотношения для геометрических параметров элемента. Понятие об осесимметричной равномерно распределённой нагрузке, ее особенности.

Внутренние силы и моменты действующие на элемент оболочки; природа их возникновения. Размерности внутренних и внешних силовых факторов.

Вывод уравнений равновесия сил и моментов, действующих на элемент оболочки вдоль осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Напряжения, вызываемые внутренними силами и моментами. Методика расчёта оболочки на прочность по этим напряжениям.

Понятие о безмоментной теории расчёта тонкостенных оболочек. Вывод уравнений безмоментной теории: уравнения равновесия элемента (уравнение Лапласа) и уравнение равновесной зоны.

Применение уравнений безмоментной теории к расчёту напряжений в цилиндрической и конической оболочках, нагруженных внутренним давлением.



**Критерии оценки:** Максимальный балл за участие в дискуссии – 10 баллов.

<b>Критерий</b>	<b>Балл</b>
Демонстрирует полное понимание обсуждаемой проблемы, высказывает собственное суждение по вопросу, аргументировано отвечает на вопросы участников, соблюдает регламент выступления	10
Понимает суть рассматриваемой проблемы, может высказать типовое суждение по вопросу, отвечает на вопросы участников, однако выступление носит затянутый или не аргументированный характер	6
Принимает участие в обсуждении, однако собственного мнения по вопросу не высказывает, либо высказывает мнение, не отличающееся от мнения других докладчиков	3
Не принимает участия в обсуждении	0

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижнекамский 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/специальность: 15.03.02. Технологические  
машины и оборудование  
(код и наименование)

Программа подготовки: Оборудование нефтегазопереработки  
(наименование)

### **Перечень практических заданий**

по дисциплине Б1.В.10 Конструирование и расчёт элементов оборудования  
отрасли

(наименование дисциплины)

**Раздел дисциплины** – Основы конструирования и расчета химических машин и аппаратов.

Тема практического занятия – Расчет на прочность от действия внутреннего давления.

*Вопросы для опроса по теме занятия:*

1. Корпусы и днища аппаратов высокого давления со сплошной стенкой.
2. Конструкции концевых частей корпусов.
3. Расчёт толстостенных корпусов по несущей способности.
4. Изменение напряжённого состояния материала стенки цилиндрического корпуса при повышении внутреннего давления.

**Раздел дисциплины** – Теория и расчет тонкостенных оболочек вращения.

Тема практического занятия – Расчет на прочность и устойчивость от действия внутреннего и наружного давлений.

*Вопросы для опроса по теме занятия:*

1. Тонкостенные цилиндрические обечайки, напряжения, возникающие в тонкостенном цилиндре.
2. Вывод формулы для расчёта толщины цилиндрической обечайки по 3 и 4 теориям прочности.
3. Явление потери устойчивости формы цилиндрических обечаек, нагруженных внешним давлением.
4. Расчёт толщины стенки «коротких» и «длинных» цилиндров при действии наружного давления.

**Раздел дисциплины** – Расчет на прочность и устойчивость элементов и узлов химической аппаратуры.

Тема практического занятия – Расчет фланцевого соединения.

*Вопросы для опроса по теме занятия:*

1. Какие основные типы фланцевых соединений?
2. Уплотнительные поверхности во фланцах арматуры.
3. Расчет фланцевых соединений.
4. Определение нагрузок на болты.

Тема практического занятия – Расчет на прочность и устойчивость от действия внутреннего и наружного давлений.

*Вопросы для опроса по теме занятия:*

1. Основные требования, предъявляемые к химической аппаратуре.
2. Общие положения и рекомендации по конструированию и расчёту основных узлов и деталей химических аппаратов.
3. Поведение сталей при повышенных и пониженных температурах.

**Раздел дисциплины** – Критические скорости вращающихся валов.

Тема практического занятия – Инженерный расчет валов на прочность, жесткость и виброустойчивость.

*Вопросы для опроса по теме занятия:*

1. Возможность неустойчивого состояния точно отбалансированного вала при определённой скорости вращения.
2. Прогиб приближённо отбалансированного вертикального вала под действием центробежной силы.
3. Самоцентрирование вращающегося вала с одним диском. Совпадение критической скорости со скоростью вращения, вызывающей потерю устойчивости.

**Раздел дисциплины** – Аппараты и затворы высокого давления.

Тема практического занятия – Днища и крышки сосудов высокого давления

*Вопросы для опроса по теме занятия:*

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

Тема практического занятия – Напряжение в стенке толстостенных цилиндров.

*Вопросы для опроса по теме занятия:*

1. Уравнение равновесия элемента толстостенной цилиндрической обечайки.
2. Деформации элемента толстостенной обечайки.
3. Анализ напряжённого состояния материала в толстостенной цилиндрической обечайке.

**Критерии оценки:** при изучении дисциплины предусматривается выполнение 9 практических работ, за выполнение и защиту которых студент может получить максимальное количество баллов – 18 (2 балла выполнение и защита каждой практической работы).

<b>Критерий оценки</b>	<b>Балл</b>
Демонстрирует полное понимание поставленной задачи. Дает логически обоснованный, полный и правильный ответ. Отсутствие ошибочных выводов.	2
Дает достаточно полный ответ, с нарушением последовательности изложения. Имеются трудности в обоснованности своего ответа.	1,5
Дает неполный ответ (в общих чертах). Нет выводов по выполненной работе.	1
Нет ответа. Трудности при выполнении.	0

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижнекамский 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/специальность: 15.03.02. Технологические  
машины и оборудование  
(код и наименование)

Программа подготовки: Оборудование нефтегазопереработки  
(наименование)

### Перечень лабораторных заданий

по дисциплине Б1.В.10 Конструирование и расчёт элементов оборудования  
отрасли  
(наименование дисциплины)

**Раздел дисциплины** – Основы конструирования и расчета химических машин и аппаратов.

Название лабораторной работы – Исследование напряжений, действующих в стенке цилиндра.

*Вопросы для опроса по теме лабораторной работы:*

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.

**Раздел дисциплины** – Теория и расчет тонкостенных оболочек вращения.

Название лабораторной работы – Определение напряжений в днищах различной формы, нагруженных внутренним давлением.

*Вопросы для опроса по теме лабораторной работы:*

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.

**Раздел дисциплины** – Расчет на прочность и устойчивость элементов и узлов химической аппаратуры.

Название лабораторной работы – Исследование устойчивости цилиндрических оболочек, нагруженных внешним давлением

*Вопросы для опроса по теме лабораторной работы:*

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.

**Раздел дисциплины** – Критические скорости вращающихся валов.

Название лабораторной работы – Определение критической скорости вращения вала с одним диском.

*Вопросы для опроса по теме лабораторной работы:*

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.

**Раздел дисциплины** – Аппараты и затворы высокого давления.

Название лабораторной работы – Исследование напряжений, действующих в стенке толстостенных цилиндров, нагруженных внутренним давлением.

*Вопросы для опроса по теме лабораторной работы:*

1. Исследование напряжений, действующих в стенке толстостенных цилиндров, нагруженных внутренним давлением.
2. Трехосное напряжённое 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:** при изучении дисциплины предусматривается выполнение 5 лабораторных работ, за выполнение и защиту которых студент может получить максимальное количество баллов – 10 (2 балла выполнение и защита каждой лабораторной работы).

Критерий оценки	Балл
Демонстрирует полное понимание выполненной лабораторной работы. Дает логически обоснованный, полный и правильный ответ. Отсутствие ошибочных выводов.	2
Дает достаточно полный ответ, с нарушением последовательности изложения. Имеются трудности в обоснованности своего ответа.	1,5
Дает неполный ответ (в общих чертах). Нет выводов по выполненной работе.	1
Нет ответа. Трудности при выполнении.	0

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижнекамский 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/специальность: 15.03.02. Технологические  
машины и оборудование

(код и наименование)

Программа подготовки:	Оборудование нефтегазопереработки
-----------------------	-----------------------------------

(наименование)

# Курсовая работа

по дисциплине Б1.В.10 Конструирование и расчёт элементов оборудования  
отрасли

(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.

Темы курсовых работ – Механический расчет колонны.

## 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).

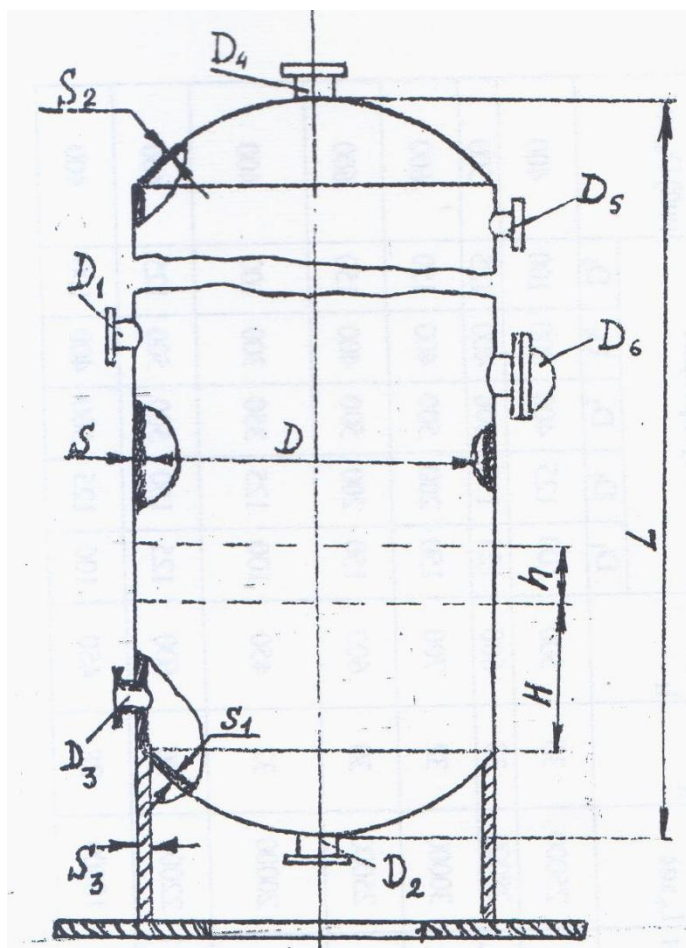


Рис. 1. Схема колонного аппарата.



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.

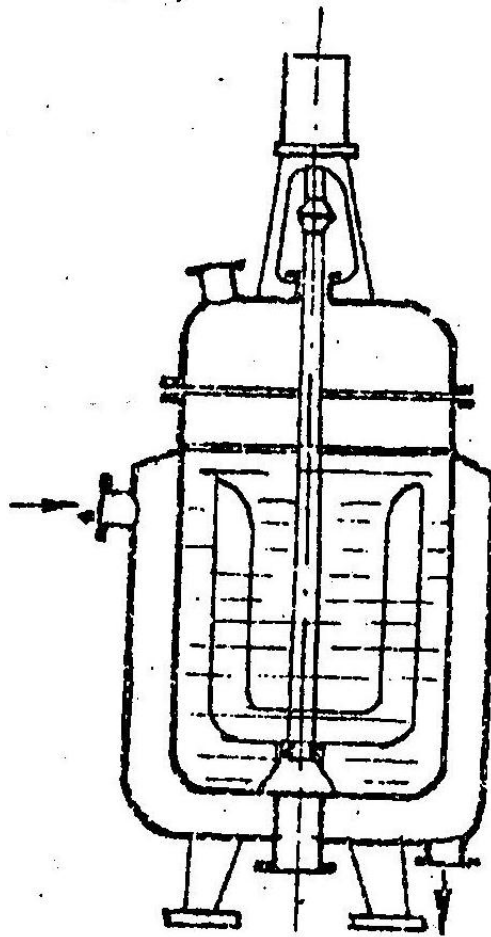


Рис. 2. Схема аппарата с рубашкой.

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) $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$	$H_{ж} = D_{в}$

Вариант	Внутренний диаметр корпуса $D_K$ , мм	Внутренний диаметр рубашки $D_R$ , мм	Высота рубашки $H_R$ , мм	Тип мешалки	Тип привода	Расчетная мощность на перемешивание $N_{\text{п}}$ , кВт	Скорость вращения мешалки $\omega$ , 1/сек (n, об/мин)
1АМ	1600	1700	1680	Лопастная (тип I)	Вертикальный по нМ 5855-66 (тип I)	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 I)	-//-	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 комиссии 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 (R<sub>ЗАЩ</sub>)</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 (R<sub>СР</sub>)</b>	<b>0 – 3 балла</b>	<b>3 – 5 баллов</b>	<b>6 – 8 баллов</b>
<b>4. Сумма штрафных баллов (ΣR)</b>	<b>0 – 10 баллов</b>	<b>11 – 19 баллов</b>	<b>20 – 29 баллов</b>
<b>Суммарный рейтинг (R<sub>КР</sub>) 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.