

Заместитель

Заместитель директора по УР

« 30 » мая 2022 г.

по дисциплине (модулю)

### 15.04.02 «Технологические машины и оборудование»

(код и наименование направления подготовки/специальности)

«Химическое машино- и аппаратостроение»

(наименование профиля/направленности/специализации)

*магистр*

квалификация

очная, очно-заочная

(форма обучения)

Нижнекамск 2022

Составитель ФОС:  
доцент каф. МАХП  
(должность)



(подпись)

И.А. Сабанаев  
(И.О. Фамилия)

ФОС рассмотрен и одобрена на заседании кафедры МАХП  
протокол № 8 от «12» апреля 2022 г.

Заведующий кафедрой



(подпись)

И.Н. Мадышев  
(И.О. Фамилия)

Эксперт:

Руководитель ООП, Мадышев И.Н. доцент каф. МАХП НХТИ  
Ф.И.О., должность, организация,



подпись

***Перечень компетенций с указанием уровней их формирования***

ПК-6	способен применять актуальную нормативную документацию при выполнении опытно-конструкторских работ
ПК-6.1	Знает актуальную нормативную документацию при выполнении ОКР в области химического машино- и аппаратостроения
ПК-6.2	Умеет применять актуальную нормативную документацию при выполнении ОКР
ПК-6.3	Владеет навыками использования актуальной нормативной документации при выполнении ОКР
ПК-3	способен разрабатывать планы и методические программы проведения исследований и разработок по теме
ПК-3.1	Знает научные проблемы по тематике проводимых исследований и разработок в области химического машино- и аппаратостроения
ПК-3.2	Умеет разрабатывать планы и методические программы проведения исследований в области химического машино- и аппаратостроения
ПК-3.3	Владеет навыками разработки планов и методических программ проведения исследований и разработок по определенной тематике
ПК-7	способен применять методы и средства планирования, организации, проведения, оформления результатов и внедрения опытно-конструкторских разработок
ПК-7.1	Знает методы, средства и практику планирования, организации, проведения и внедрения опытно-конструкторских разработок
ПК-7.2	Умеет применять методы и средства планирования, организации, проведения и внедрения опытно-конструкторских разработок
ПК-7.3	Владеет навыками использования методов и средств планирования, организации, проведения и внедрения ОКР

Индекс компетенции	Этапы формирования компетенции (указать все темы из РПД)				Наименование оценочного средства
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Курсовой проект	
ПК-3.1	Тема 1, Тема-2	Тема 1, Тема-2	Тема 1, Тема-2	-	тетрадь с решенными задачами, отчет по лабораторной работе
ПК-3.2	Тема 1, Тема-2	Тема 1, Тема-2	Тема 1, Тема-2	-	тетрадь с решенными задачами, отчет по лабораторной работе, реферат
ПК-3.3	Тема 1, Тема-2	Тема 1, Тема-2	Тема 1, Тема-2	-	тетрадь с решенными задачами, контрольная работа, отчет по лабораторной работе, реферат
ПК-6.1	Тема 3, Тема 4	Тема 3, Тема 4	Тема 3, Тема 4	-	тетрадь с решенными задачами, выступление с рефератом, отчет по лабораторной работе, собеседование
ПК-6.2	Тема 3, Тема 4	Тема 3, Тема 4	Тема 3, Тема 4	-	тетрадь с решенными задачами, участие в собеседовании, отчет по лабораторной работе, контрольная работа
ПК-6.3	Тема 3, Тема 4	Тема 3, Тема 4	Тема 3, Тема 4	-	тетрадь с решенными задачами, раздел проекта с описанием расчетов, отчет по лабораторной работе, контрольная работа
ПК-7.1	Тема 5, Тема 6, Тема 7	Тема 5, Тема 6, Тема 7	Тема 5, Тема 6, Тема 7	-	тетрадь с решенными задачами, отчет по лабораторной работе
ПК-7.2	Тема 5, Тема 6, Тема 7	Тема 5, Тема 6, Тема 7	Тема 5, Тема 6, Тема 7	-	тетрадь с решенными задачами, отчет по лабораторной работе
ПК-7.3	Тема 5, Тема 6, Тема 7	Тема 5, Тема 6, Тема 7	Тема 5, Тема 6, Тема 7	-	тетрадь с решенными задачами, отчет по лабораторной работе

**Перечень оценочных средств для оценки (промежуточный контроль - экзамен)**

Название	Кол-во	Оценка за одно		Суммарн. оценка	
		Миним.	Максим.	Миним.	Максим.
практическ. занятие (тетрадь с решением)	6	2	3	12	18
лабораторные занятия (выполнение и отчет)	3	2	4	6	12
реферат	1	4	5	4	6
Контрольная работа	1	6	10	6	12
дискуссия	1	4	5	4	6
доклад	1	4	5	4	6
Всего				36	60
экзамен				24	40
ИТОГО				60	100

### Шкала оценивания

Цифровое выражение	Выражение в баллах:	Словесное выражение	Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:
			экзамен
5	87 - 100	Отлично	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	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	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	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 средства

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование оценочного средства</i>	<i>Краткая характеристика оценочного средства</i>	<i>Представление оценочного средства в фонде</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.	Практическое занятие	В ходе практических работ студенты овладевают умениями пользоваться работать с нормативными документами и инструктивными материалами, справочниками, составлять техническую документацию; выполнять чертежи, схемы, таблицы, решать разного рода задачи, делать вычисления, определять характеристики различных веществ, объектов, явлений. Цель практических занятий заключается в выработке у студентов навыков применения полученных знаний для решения практических задач в процессе совместной деятельности с преподавателями.	Темы практических занятий; контрольные вопросы и задания по теме практического занятия
3.	Кейс-задача	Проблемное задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию, необходимую для решения данной проблемы.	Задания для решения кейс-задачи
4.	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.	Комплект контрольных заданий по вариантам
6	Расчетно-графическая работа	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом.	Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы
7	Реферат	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения	Темы рефератов
8	Собеседование	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
9	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых 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»

Учебным планом по направлению подготовки магистров: 15.04.02 «Технологические машины и оборудование»

-

(код и наименование)

Профиль/программа: «Химическое машино- и аппаратостроение»

(наименование)

для обучающихся предусмотрено проведение лабораторных занятий.

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.**

Расчет плоских элементов оборудования разложением в двойной тригонометрический ряд Фурье.

(тема лабораторной работы)

- 1) приводятся и поясняются теоретические аспекты, раскрывающие суть лабораторной работы;
- 2) дается пример, решения задачи, аналогичной задаче, поставленной в лабораторной работе;
- 3) приводятся методические указания для выполнения лабораторной работы;
- 4) предлагается примерная структура отчета по лабораторной работе;
- 5) приводятся контрольные вопросы к защите отчета по работе.

### **Лабораторная работа №2.**

Решение линейной стационарной задачи элементов оборудования типа брус методом конечных разностей.

(тема лабораторной работы)

- 1) приводятся и поясняются теоретические аспекты, раскрывающие суть лабораторной работы;
- 2) дается пример, решения задачи, аналогичной задаче, поставленной в лабораторной работе;
- 3) приводятся методические указания для выполнения лабораторной работы;
- 4) предлагается примерная структура отчета по лабораторной работе;
- 5) приводятся контрольные вопросы к защите отчета по работе.

### **Лабораторная работа №3.**

Реализация алгоритма решения задачи расчета методом конечных элементов применительно к простейшей схеме

(тема лабораторной работы)

- 1) приводятся и поясняются теоретические аспекты, раскрывающие суть лабораторной работы;



- 2) дается пример, решения задачи, аналогичной задаче, поставленной в лабораторной работе;
- 3) приводятся методические указания для выполнения лабораторной работы;
- 4) предлагается примерная структура отчета по лабораторной работе;
- 5) приводятся контрольные вопросы к защите отчета по работе.

#### **Лабораторная работа №4.**

##### Расчет элементов плоской формы с помощью компьютерных систем моделирования элементов оборудования.

(тема лабораторной работы)

- 1) приводятся и поясняются теоретические аспекты, раскрывающие суть лабораторной работы;
- 2) дается пример, решения задачи, аналогичной задаче, поставленной в лабораторной работе;
- 3) приводятся методические указания для выполнения лабораторной работы;
- 4) предлагается примерная структура отчета по лабораторной работе;
- 5) приводятся контрольные вопросы к защите отчета по работе.

#### **Критерии оценки лабораторных работ**

При подготовке к лабораторной работе по дисциплине «Современные программные комплексы для расчета оборудования» студент должен выполнить следующие виды работ:

<b>Виды работ</b>	<b>Минимальный балл</b>	<b>Максимальный балл</b>
Самостоятельная проработка теоретического материала к лабораторной работе	0,4	0,8
Ознакомление с установкой, прибором, методикой выполнения лабораторной работы	0,4	0,8
Выполнение необходимого эксперимента	0,4	0,8
Обработка результатов исследования, построение графиков	0,4	0,8
Анализ результатов исследования и вывод по работе	0,4	0,8
<b>ИТОГО :</b>	<b>2</b>	<b>4</b>

Таким образом, каждая лабораторная работа оценивается минимум в 2 балл, максимум в 4 балла. После выполнения всех работ рассчитывается итоговый балл по данному оценочному средству, как сумма 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»

Учебным планом по направлению подготовки магистров: 15.04.02 «Технологические машины и оборудование»

-  
(код и наименование)  
Профиль/программа: «Химическое машино- и аппаратостроение»  
(наименование)

для обучающихся предусмотрено проведение **практических занятий**.

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

1. Рассчитать распределение температуры (одномерное) для полого шара при ГУ 1 рода. Построить графики распределения температуры по радиусу шара. Определить величину теплового потока.

Исходные данные:

радиус внутренней полости шара  $R_1 = 20$  мм;

внешний радиус шара  $R_2 = 40$  мм;

температура внутренней поверхности  $TC_1 = 100$  °С;

температура внешней поверхности  $TC_2 = 40$  °С;

коэффициент теплопроводности материала шара  $\lambda = 45$  Вт/(м·К).

### Задание 2

2. Рассчитать одномерное температурное поле для стальной трубы при ГУ 1 рода. Построить графики распределения температуры по радиусу трубы. Определить величину теплового потока.

Исходные данные: внешний радиус трубы  $R_2 = 40$  мм;

внутренний радиус трубы  $R_1 = 20$  мм;

длина трубы  $L = 500$  мм;

температура внутренней поверхности  $TC_1 = 100$  °С;

температура внешней поверхности  $TC_2 = 40$  °С;

коэффициент теплопроводности материала трубы  $\lambda = 45$  Вт/(м·К).

### Задание 3

3. Определить распределение температуры для плоской стальной неограниченной пластины при ГУ 1 рода. Построить графики распределения температуры по толщине пластины. Определить величину теплового потока.

Исходные данные: толщина пластины  $L = 20$  мм;

температура левой поверхности пластины  $TC_1 = 100$  °С;

температура правой поверхности пластины  $TC2 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  
коэффициент теплопроводности материала пластины  $\lambda = 45\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ .

#### **Задание 4**

4. Определить распределение температуры (одномерное) для стального теплоизолированного снаружи шара при ГУ 1 рода. Построить графики распределения температуры по радиусу шара. Определить величину теплового потока.

Исходные данные: радиус шара  $R1 = 40\text{ мм}$ ;  
радиус теплоизоляции  $R2 = 45\text{ мм}$ ;  
температура поверхности шара  $TC1 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  
температура внешней поверхности изоляции  $TC3 = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  
коэффициент теплопроводности стали  $\lambda1 = 45\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ;  
коэффициент теплопроводности теплоизоляции  $\lambda2 = 0,2\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ .

#### **Задание 5**

5. Определить распределение температуры по радиусу для стальной теплоизолированной трубы при ГУ 1 рода. Построить графики распределения температуры по радиусу трубы. Определить величину теплового потока.

Исходные данные: внутренний радиус трубы  $R1 = 20\text{ мм}$ ; внешний радиус трубы  $R2 = 40\text{ мм}$ ; внешний радиус теплоизоляции  $R3 = 45\text{ мм}$ ; длина трубы  $L = 500\text{ мм}$ ;  
температура внутренней поверхности трубы  $TC1 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; температура внешней поверхности изоляции  $TC3 = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; коэффициент теплопроводности стали  $\lambda1 = 45\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ; коэффициент теплопроводности теплоизоляции  $\lambda2 = 0,2\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ .

#### **Задание 6**

6. Определить распределение температуры по толщине плоской многослойной неограниченной пластины при ГУ 1 рода. Построить графики распределения температуры по толщине пластины. Определить величину теплового потока.

Исходные данные: толщина первого слоя  $L1 = 20\text{ мм}$ ; толщина второго слоя  $L2 = 5\text{ мм}$ ; температура левой поверхности первого слоя пластины  $TC1 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; температура правой поверхности второго слоя пластины  $TC2 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; коэффициент теплопроводности материала первого слоя  $\lambda1 = 45\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ; коэффициент теплопроводности материала второго слоя  $\lambda2 = 0,2\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ .

#### **Задание 7**

7. Определить распределение температуры для полого шара при смешанных ГУ 1 и 2 рода. Построить графики распределения температуры по радиусу шара. Определить температуру внутренней поверхности полого шара  $TC1$ . Определить величину теплового потока на внешней поверхности шара.

Исходные данные: радиус внутренней полости шара  $R1 = 20\text{ мм}$ ; внешний радиус шара  $R2 = 40\text{ мм}$ ; тепловой поток на внутренней поверхности  $q1 = 900\text{ Вт/м}^2$ ; температура внешней поверхности шара  $TC2 = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; коэффициент теплопроводности материала шара  $\lambda = 45\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ .

#### **Задание 8**

8. Определить распределение температуры по радиусу стальной трубы при смешанных ГУ 1 и 2 рода. Построить графики распределения температуры по

радиусу трубы. Определить температуру внутренней поверхности стенки трубы TC1. Определить величину теплового потока на внешней поверхности трубы. Исходные данные: внутренний радиус трубы  $R1 = 20$  мм; внешний радиус трубы  $R2 = 40$  мм; длина трубы  $L = 500$  мм; тепловой поток на внутренней поверхности трубы  $q1 = 900$  Вт/м<sup>2</sup>; температура внешней поверхности трубы  $TC2 = 40$  °С; коэффициент теплопроводности материала  $\lambda = 45$  Вт/(м·К).

#### **Задание 9**

9. Определить распределение температуры по толщине плоской стальной неограниченной пластины при смешанных ГУ 1 и 2 рода. Построить графики распределения температуры по толщине пластины. Определить температуру левой поверхности пластины TC1. Определить величину теплового потока правой поверхности пластины.

Исходные данные: толщина пластины  $L = 20$  мм; тепловой поток на левой поверхности  $q1 = 900$  Вт/м<sup>2</sup>; температура правой поверхности  $TC2 = 40$  °С; коэффициент теплопроводности материала  $\lambda = 45$  Вт/(м·К).

#### **Задание 10**

10. Определить распределение температуры по радиусу полого шара при ГУ 3 рода. Внутренняя полость шара заполнена жидкостью. Шар находится в газовой среде. Построить графики распределения температуры по радиусу шара. Определить температуру внутренней поверхности шара TC1 и температуру внешней поверхности шара TC2. Определить величину теплового потока на внешней поверхности.

Исходные данные: радиус внутренней полости шара  $R1 = 20$  мм; радиус внешней поверхности шара  $R2 = 40$  мм; температура жидкости (внутри шара)  $T1 = 100$  °С; температура газа (снаружи шара)  $T2 = 40$  °С; коэффициент теплоотдачи от жидкости к стенке  $\alpha1 = 240$  Вт/(м·К); коэффициент теплоотдачи от стенки к газу  $\alpha2 = 12$  Вт/(м·К); коэффициент теплопроводности материала шара  $\lambda = 45$  Вт/(м·К).

#### **Задание 11**

11. Определить распределение температуры по радиусу стальной трубы при ГУ 3 рода. Труба заполнена жидкостью и находится в газовой среде. Построить графики распределения температуры по радиусу трубы. Определить температуру внутренней поверхности трубы TC1 и температуру внешней поверхности трубы TC2. Определить величину теплового потока на внешней поверхности трубы.

Исходные данные: внутренний радиус трубы  $R1 = 20$  мм; внешний радиус трубы  $R2 = 40$  мм; длина трубы  $L = 500$  мм; температура жидкости (внутри трубы)  $T1 = 100$  °С; температура газа (снаружи трубы)  $T2 = 40$  °С; коэффициент теплоотдачи от жидкости к стенке  $\alpha1 = 240$  Вт/(м·К); коэффициент теплоотдачи от стенки к газу  $\alpha2 = 12$  Вт/(м·К); коэффициент теплопроводности материала трубы  $\lambda = 45$  Вт/(м·К).

#### **Задание 12**

12. Определить распределение температуры по толщине плоской стальной неограниченной пластины при ГУ 3 рода. Пластина омывается слева жидкостью, а справа – газом. Построить графики распределения температуры по толщине пластины. Определить значения температуры левой TC1 и правой TC2 поверхности пластины. Определить величину теплового потока.

Исходные данные: толщина пластины  $L = 20$  мм; температура жидкости  $T_1 = 100$  °С; температура газа  $T_2 = 40$  °С; коэффициент теплоотдачи от жидкости к стенке пластины  $\alpha_1 = 240$  Вт/(м·К); коэффициент теплоотдачи от стенки пластины к газу  $\alpha_2 = 12$  Вт/(м·К); коэффициент теплопроводности материала пластины  $\lambda = 45$  Вт/(м·К).

### **Задание 13**

13. Один конец составного стержня, заключённого в теплоизолирующую оболочку, находится при температуре  $T_1$ , а другой конец — при температуре  $T_2$ . Сам стержень состоит из двух частей, длины которых  $L_1$  и  $L_2$ , с коэффициентами теплопроводности материалов  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ . Найти температуру поверхности соприкосновения этих частей стержня.

Исходные данные: длины участков стержня  $L_1 = 20$  мм,  $L_2 = 80$  мм; температура составного стержня слева  $T_1 = 100$  °С; температура составного стержня справа  $T_2 = 40$  °С; коэффициенты теплопроводности материалов первой и второй частей составного стержня  $\lambda_1 = 45$  Вт/(м·К),  $\lambda_2 = 400$  Вт/(м·К).

### **Задание 14**

14. Один конец составного стержня, заключённого в теплоизолирующую оболочку, находится при температуре  $T_1$ , а другой конец — при температуре  $T_2$ . Сам стержень состоит из двух частей, длины которых  $L_1$  и  $L_2$ , с коэффициентами теплопроводности материалов  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ . Найти температуру поверхности соприкосновения этих частей стержня.

Исходные данные: длины участков стержня  $L_1 = 75$  мм,  $L_2 = 25$  мм; температура составного стержня слева  $T_1 = 250$  °С; температура составного стержня справа  $T_2 = 30$  °С; коэффициенты теплопроводности материалов первой и второй частей составного стержня  $\lambda_1 = 45$  Вт/(м·К),  $\lambda_2 = 270$  Вт/(м·К).

- 1) приводятся и поясняются теоретические аспекты, раскрывающие суть темы;
- 2) дается пример, решения задачи, аналогичной задаче, поставленной в задании;
- 3) приводятся методические указания для решения задания;
- 4) приводятся контрольные вопросы к работе.

### **Критерии оценки практических занятий**

Изучая предмет, обучающийся выполняет 6 заданий. За решение каждого он может получить от 2 до 3 баллов. Если не справился с заданием без помощи преподавателя, оценка снижается.

Итоговый рейтинг по практическим занятиям проставляется как сумма полученных баллов за решение 8 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 Машин и аппаратов химических производств

Направление подготовки: 15.04.02 «Технологические машины  
и оборудование»  
(код и наименование)

Профиль/программа: «Химическое машино- и аппаратостроение»  
(наименование)

Семестр 2

**Экзаменационный билет № 1**

1. Математические основы проектирования машин, приводов и систем.
2. Расчет плоских элементов оборудования разложением в двойной тригонометрический ряд Фурье

**Экзаменационный билет № 2**

1. Классификация и краткая характеристика методов расчета и проектирования.
2. Решение линейной нестационарной задачи теплового расчета элементов оборудования асимптотическим методом

**Экзаменационный билет № 3**

1. Асимптотические методы. Задачи расчета элементов оборудования, решаемые способом разложения в ряд.
2. Решение линейной стационарной задачи элементов оборудования типа брус методом конечных разностей

**Экзаменационный билет № 4**

1. Методика и последовательность применения асимптотических методов. Линейные и плоские задачи. Предельная точность решения
2. Общие требования к технологическому оборудованию и машинам. Конструкционные материалы для изготовления оборудования, машин и аппаратов для химических и нефтехимических производств.

**Экзаменационный билет № 5**

1. Численные методы. Общая характеристика и особенности применения.
2. Решение линейной нестационарной задачи теплового расчета элементов оборудования методом конечных разностей

**Экзаменационный билет № 6**

1. Задачи расчета элементов оборудования. решаемые с помощью численных методов. Линейные, плоские и объемные задачи.
2. Расчет элементов стержневой формы с помощью компьютерных систем моделирования элементов оборудования

**Экзаменационный билет № 7**

1. Элементы оборудования, моделируемые расчетной схемой бруса. Применение алгоритмов конечно-разностной аппроксимации для решения задач. Влияние параметров аппроксимации на точность решения. Стационарные и нестационарные модели
2. Реализация алгоритма решения задачи расчета методом конечных элементов применительно к простейшей схеме

**Экзаменационный билет № 8**

1. Основы вариационного исчисления. Функционал и его вариация.
2. Нормативные документы в области разработки оборудования и машин. Стадии разработки конструкторской документации.

**Экзаменационный билет № 9**

1. Признаки экстремума функционала. Формула Эйлера экстремума функционала интегрального типа от одного переменного. Обобщение формулы Эйлера на функционалы от многих переменных.
2. Элементы теории оболочек для расчета и проектирования тонкостенных корпусов и днищ оборудования и машин, подверженных воздействию внутренних и наружных нагрузок

**Экзаменационный билет № 10**

1. Метод конечных элементов (МКЭ). Типы конечных элементов. Модели элементов оборудования типа стержень и пластина.
2. Проектирование отверстий. Фланцевые соединения. Опоры и строповочные устройства аппаратов и машин.

**Экзаменационный билет № 11**

1. Связь МКЭ с методом перемещений. Основы теории матриц, обозначения, основные типы матриц и действия с ними.
2. Практическое применение вариационных методов к расчету элементов машин, приводов и систем.

**Экзаменационный билет № 12**

1. Запись основных уравнений теории упругости (пространственная и плоская задачи) в матричной форме. Запись функционала потенциальной и работы внешних сил в матричной форме.
2. Расчет и проектирование аппаратов высокого давления (АВД). Конструкции корпусов и

затворов АВД.

**Экзаменационный билет № 13**

1. Вариационно-разностный метод расчета элементов оборудования. Понятие о вариационно-разностном методе (ВРМ) расчета конструкций.
2. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов с вращающимися элементами. Виброзащита машин и механизмов

**Экзаменационный билет № 14**

1. Разностные производные и их типы. Вывод основных соотношений вариационно-разностного метода при расчете пластинки на изгиб.
2. Нормативные документы в области разработки оборудования и машин. Стадии разработки конструкторской документации.

**Экзаменационный билет № 15**

1. Расчет элементов плоской формы с помощью компьютерных систем моделирования элементов оборудования
2. Элементы теории оболочек для расчета и проектирования тонкостенных корпусов и днищ оборудования и машин, подверженных воздействию внутренних и наружных нагрузок

**Экзаменационный билет № 16**

1. Понятие о методе глобальных элементов (МГЭ). Сочетание МГЭ и МКЭ или ВРМ при расчете сложных конструкций.
2. Общие требования к технологическому оборудованию и машинам. Конструкционные материалы для изготовления оборудования, машин и аппаратов для химических и нефтехимических производств.

**Критерии оценки**

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине Б1.В.03 «Современные методы разработки приводов, машин и систем» проводится в соответствии с ООП и является обязательной. Промежуточная аттестация проводится в виде экзамена.

Студент допускается к экзамену по дисциплине, если текущий рейтинг по дисциплине составит величину, большую или равную, чем 36 баллов. В случае наличия учебной задолженности или пропусков студент отрабатывает соответствующие занятия в форме, предложенной преподавателем и представленной в рабочей программе дисциплины.

**Оценивание студента на экзамене**

На экзамене студенту предлагается билет, состоящий из двух теоретических вопросов. После ответа на каждый вопрос студенту могут быть заданы дополнительные уточняющие вопросы, требующие краткого ответа. Дополнительные вопросы, как правило, задаются при неполном ответе и нужны для более адекватного оценивания знаний.



Максимальный экзаменационный рейтинг составляет 40 баллов. Максимальный экзаменационный рейтинг, который может быть засчитан как положительный составляет 24 балла. Студенты могут набрать на экзамене 24 – 40 баллов. Студент, получивший на экзамене менее 24 баллов, считается не сдавшим предмет - вне зависимости от величины текущего рейтинга.

Вид задания	Минимальное количество баллов и критерии минимальной оценки	Максимальное количество баллов и критерии максимальной оценки
Первый вопрос	12 баллов Представлен основной материал теоретического билета. Записаны определения и законы. Имеются некоторые ошибки в формулировках. С помощью преподавателя даны ответы на дополнительные уточняющие вопросы по материалу билета.	20 баллов Полно раскрыто содержание теоретического вопроса. Даны четкие определения, сформулированы основные зависимости и следствия из них. Приведены поясняющие примеры. Сделаны выводы. Даны ответы на все дополнительные вопросы по материалу билета.
Второй вопрос	12 баллов Представлен основной материал теоретического билета. Записаны определения и законы. Имеются некоторые ошибки в формулировках. С помощью преподавателя даны ответы на дополнительные уточняющие вопросы по материалу билета.	20 баллов Полно раскрыто содержание вопроса. Даны четкие определения, сформулированы законы и следствия из них. Приведены поясняющие примеры. Сделаны выводы. Даны ответы на все дополнительные вопросы по материалу билета.

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* Машин и аппаратов химических производств

Направление подготовки/специальность: 15.04.02 «Технологические  
машины и оборудование»  
(код и наименование)

Профиль/специализация: «Химическое машино- и аппаратостроение»  
(наименование)

**Темы докладов**

по дисциплине **Б1.В.03 Современные методики разработки машин, приводов и систем**

**Доклад** – продукт самостоятельной работы магистра, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

Обучающиеся разбиваются на группы, количество которых определяется количеством докладов. Члены каждой группы самостоятельно распределяют вопросы, отведенные для доклада, между собой.

**Тема для доклада:**

1. Требования стандартов Единой системы конструкторской документации к оформлению проектно-конструкторской документации.
2. Требования к выполнению сборочных чертежей и рабочих чертежей деталей.
3. Современные методы изготовления корпусов аппаратов высокого давления.
4. Конструкции и сравнительные характеристики затворов АВД.
5. Материалы для изготовления прокладок.
6. Особенности конструирования литой, стальной сварной, эмалированной, биметаллической, гумированной, пластмассовой, углеграфитовой, стеклянной аппаратуры, а также аппаратуры из цветных материалов и сплавов.
7. Расчёт и конструирование тонкостенных аппаратов. Общие сведения по устройству, расчёту и испытанию аппаратов.
8. Нормативные параметры при разработке тонкостенных аппаратов: рабочее и пробное давление, рабочая и расчётная температура, допускаемые напряжения;

9. Тонкостенные оболочки, нагруженные внутренним давлением. Общие сведения об оболочках, основные понятия и определения. Напряжённое состояние материала упругих осесимметричных оболочек.

10. Безмоментная теория оболочек. Условие прочности.

11. Укрепление отверстий в оболочках. Расчёт укрепления по геометрическому критерию.

12. Основные положения стандарта "Сосуды и аппараты".

13. Конструкции разъёмных соединений и область их применения. Фланцевые соединения и их расчёт на прочность и герметичность.

14. Основные положения стандарта Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на прочность фланцевых соединений.

15. Колонные аппараты. Расчётная схема колонного аппарата.

16. Основные положения стандарта "сосуды и аппараты". Нормы и методы расчёта на прочность

**Критерии оценки:** Выступление с докладом предполагает значительную самостоятельную работу обучающегося. 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 - 10 баллов.

Критерий оценки	Балл
Полное раскрытие проблемы	1
Наличие презентации	1
Наличие ответов на вопросы аудитории	1
Логичность и последовательность изложения	1
Отсутствие ошибочных или противоречивых положений	1
ИТОГО	5

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 Машин и аппаратов химических производств*

Направление подготовки/специальность: 15.04.02 Технологические  
машины и оборудование  
Программа подготовки: Химическое машино- и аппаратостроение

**Перечень тем для дискуссии**

по дисциплине Б1.В.03 Современные методики разработки машин, приводов  
и систем

**Дискуссия** – оценочное средство, позволяющее включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их умение аргументировать собственную точку зрения.

Обучающиеся разбиваются на группы, количество которых определяется количеством тем дискуссии. Члены каждой группы самостоятельно распределяют вопросы, отведенные для дискуссии, между собой.

**Перечень предлагаемых дискуссионных тем и их содержание:**

1. Особые требования к конструкционным материалам для изготовления химической и нефтехимического оборудования. Перспективы использования неметаллических материалов.

2. Особенности методики расчета и конструирования аппаратов, работающих под действием внутреннего и наружного давления. Обеспечение устойчивости форм аппаратов, работающих под вакуумом.

3. Конструирование и расчёт аппаратов высокого давления. Нормативные параметры: расчётные давление и температура, коэффициент прочности сварных соединений.

4. Допускаемые напряжения аппаратов высокого давления с учётом длительной прочности материала и конструктивного исполнения корпуса.

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

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

7. Машины и аппараты с вращающимися конструктивными элементами.

8. Расчёт элементов машин и аппаратов, подверженных механическим колебаниям.

9. Уплотняющие устройства подвижных элементов. Типы конструкций уплотняющих устройств аппаратов. Уплотнение валов и штоков. Особенности их конструкции и расчёта.

10. Область применения отдельных уплотняющих устройств в зависимости от условий эксплуатации (давления, температуры, свойств обрабатываемой среды).

11. Элементы медленно вращающихся и тяжело нагруженных барабанных аппаратов.

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

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

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

15. Вывод уравнений равновесия сил и моментов, действующих на элемент оболочки вдоль осей  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Напряжения, вызываемые внутренними силами и моментами.

16. Методика расчёта оболочки на прочность по напряжениям, вызываемым внутренними силами и моментами.

Участие в дискуссии каждого обучающегося является обязательным. Каждый магистрант имеет возможность использовать определенные справочные материалы. Дискуссия не должна выходить за пределы обозначенной темы, она должна строиться на научных положениях и методах, её цель – разрешить на теоретическом уровне существующее противоречие, предложить модель или алгоритм для выхода из ситуации. Преподаватель направляет ход дискуссии и подводит её итоги.

Критерий оценки	Балл
Демонстрирует полное понимание поставленной задачи. Дает логически обоснованный, полный и правильный ответ на вопросы. Отсутствие ошибочных высказываний, аргументированность.	5
Дает достаточно полный ответ, с нарушением последовательности изложения. Имеются трудности в обоснованности своего ответа.	4,5
Дает неполный ответ (в общих чертах) на вопрос.	4
Нет ответа.	0

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 Машин и аппаратов химических производств*

Направление подготовки/специальность: 15.04.02 Технологические  
машины и оборудование  
Программа подготовки: Химическое машино- и аппаратостроение

**Перечень тем для реферата**

по дисциплине Б1.В.03 Современные методики разработки машин, приводов  
и систем

- 1) Метод Ритца-Тимошенко при решении объемной и плоской задачи теории упругости.
- 2) Метод Канторовича-Власова при решении объемной и плоской задачи теории упругости.
- 3) Метод Трефца при решении объемной и плоской задачи теории упругости.
- 4) Потенциальная энергия изгиба балки.
- 5) Граничные условия опирания однопролетных балок.
- 6) Тригонометрические функции изгиба однопролетных балок.
- 7) Расчет балок методом Ритца-Тимошенко
- 8) Уравнение колебаний балки и динамические балочные функции.
- 9) Построение динамических балочных функций и их использование в расчете изгиба пластин.
- 10) Метод Канторовича-Власова расчета пластин.
- 11) Основные уравнения теории упругости.
- 12) Аналитические, численно-аналитические и численные методы решения задач теории упругости.
- 13) Основные понятия безмоментной теории расчета тонкостенных оболочек.
- 14) Вывод уравнений безмоментной теории: уравнения равновесия элемента (уравнение Лапласа)
- 15) Уравнение равновесной зоны в безмоментной теории расчета тонкостенных оболочек.
- 16) Применение уравнений безмоментной теории к расчету напряжений в цилиндрической и конической оболочках, нагруженных внутренним давлением.

**Критерии оценки**

В рабочей программе дисциплины предусмотрена подготовка и защита рефератов по двум темам. Оба реферата оцениваются по одинаковой шкале:

Минимальное число баллов – 4 балл выставляется при недостаточной степени раскрытия темы в ходе своего выступления, приведения нечетких аргументов и не вполне активное участие в дискуссии по проблеме, которая была раскрыта в ходе доклада.

Максимальное число баллов – 5 балла выставляется при полноценном раскрытии темы в ходе своего выступления, приведения четких аргументов и доказательств, а также активное участие в дискуссии по проблеме, которая была раскрыта в ходе доклада.

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 Машин и аппаратов химических производств  
Направление подготовки/специальность: 15.04.02 Технологические  
машины и оборудование  
Программа подготовки: Химическое машино- и аппаратостроение

**Задание к контрольной работе**  
по дисциплине Б1.В.03 Современные методики разработки машин, приводов и систем

### Задания

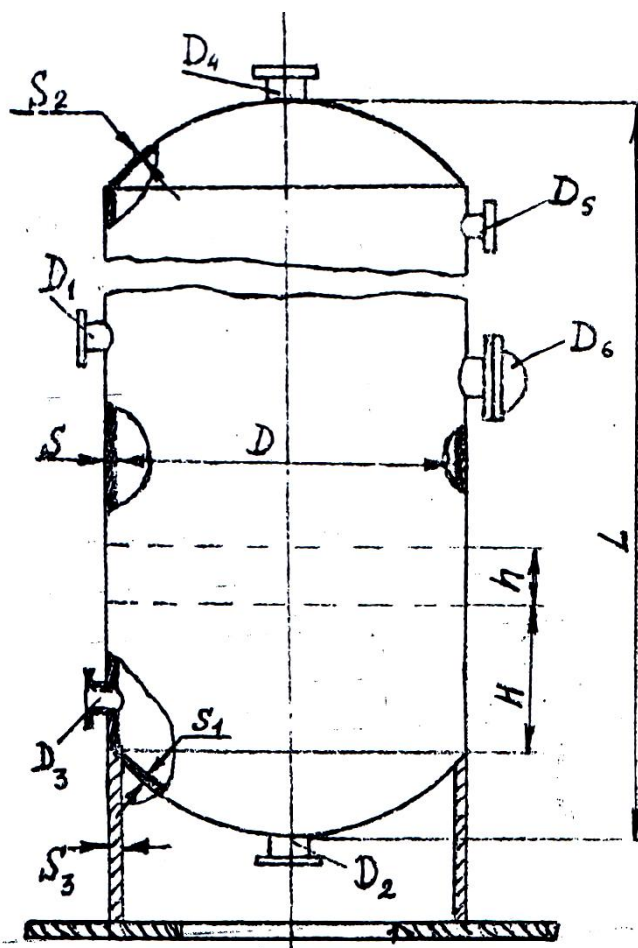


Рисунок. Схема задачи.

Для показанной на рисунке схемы аппарата, работающей под внутренним давлением, провести сравнительный механический расчет цилиндрического корпуса с использованием двух вариантов: ручного на основе классических расчетных формул и численного способа с помощью программы Пассат. Дать



сравнительную оценку по массе изготовления корпуса колонны при расчете указанными методами. Сделать выводы по работе.

Толщина стенки аппарата составляет 30 мм.

Внутреннее давление в аппарате (избыточное) равно 100 кПа.

Размеры аппарата для разных вариантов приводятся в таблице.

Таблица. Варианты заданий

№ варианта	Диаметр аппарата	Высота аппарата
1	600	2400
2	800	2800
3	1000	3200
4	1200	3600
5	1400	4000
6	1600	4400
7	1800	4800
8	2000	5200
9	600	5200
10	800	4800
11	1000	4400
12	1200	4000
13	1400	3600
14	1600	3200
15	1800	2800
16	2000	2400

**Критерии оценки:** оценка работы обучающихся по выполнению работ производится путем сравнения фактически выполненных задач и мероприятий в ходе выполнения кейс-задачи. Максимальный балл за выполнение работы - 10 баллов.

Критерий оценки	Балл
Демонстрирует полное понимание поставленной задачи. Дает логически обоснованный, полный и правильный ответ на. Отсутствие ошибочных высказываний, аргументированность.	10
Дает достаточно полный ответ, с нарушением последовательности изложения. Имеются трудности в обоснованности своего ответа.	7,5
Дает неполный ответ (в общих чертах) на вопрос.	5
Нет ответа.	0