

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**  
**Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

---

Направление подготовки: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Тепловые электрические станции и энергетические системы: оборудование, режимы и качество управления; Эксплуатация и управление режимами электроэнергетических систем; Энерго-, ресурсосбережение и экологическая безопасность промышленных предприятий; Автоматизированные системы управления объектами теплоэнергетики

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ**  
**ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

<b>Блок</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы</b>	Формируемая участниками образовательных отношений (элективные дисциплины)
<b>Индекс дисциплины по учебному плану</b>	Б1.В.ДВ.01.01
<b>Трудоемкость в зачетных единицах</b>	1 семестр - 5
<b>Часов (всего) по учебному плану</b>	180
<b>Лекции</b>	1 семестр - 16 часов
<b>Практические занятия</b>	1 семестр - 16 часов
<b>Лабораторные работы</b>	учебным планом не предусмотрены
<b>Консультации по курсовому проекту/ работе</b>	
групповые	1 семестр – 16 часов
индивидуальные	1 семестр – 4 часа
<b>Самостоятельная работа</b>	1 семестр – 91,7 часа
включая: курсовые проекты/работы	1 семестр – 51,7 часа
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
экзамен	1 семестр – 2,5 часа
защита курсового проекта/работы	1 семестр – 0,3 часа
<b>Контроль:</b>	
экзамен	1 семестр – 33,5 часа

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Доцент кафедры ФД, к.т.н., доцент  
(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

В.Н. Тышкевич  
(расшифровка подписи)

Заведующий кафедрой ФД  
(название кафедры)

(подпись)

Н.Г. Ходырева  
(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Тепловые электрические станции и энергетические системы: оборудование, режимы и качество управления

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.,  
доцент  
(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

М.М. Султанов  
(расшифровка подписи)

Руководитель научного содержания программы Тепловые электрические станции и энергетические системы: оборудование, режимы и качество управления

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.,  
доцент  
(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

М.М. Султанов  
(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Эксплуатация и управление режимами электроэнергетических систем

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.,  
доцент  
(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

Е.Г. Зенина  
(расшифровка подписи)

Руководитель научного содержания программы Эксплуатация и управление режимами электроэнергетических систем

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.,  
доцент  
(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

Е.Г. Зенина  
(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Энерго-, ресурсосбережение и экологическая безопасность промышленных предприятий

Профессор кафедры Энергетики,  
д.т.н., доцент  
(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

М.С. Иваницкий  
(расшифровка подписи)

Руководитель научного содержания программы Энерго-, ресурсосбережение и экологическая безопасность промышленных предприятий

Профессор кафедры Энергетики,  
д.т.н., доцент  
(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

М.С. Иваницкий  
(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Автоматизированные системы управления объектами теплоэнергетики

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.,  
доцент  
(должность, ученая степень, ученое звание)

(подпись)

И.А. Болдырев  
(расшифровка подписи)

Руководитель научного содержания программы Автоматизированные системы управления объектами теплоэнергетики

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.,  
доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

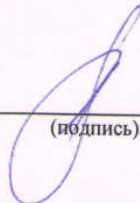
И.А. Болдырев

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

И.о. заведующего кафедрой  
Энергетики

(название кафедры)



(подпись)

М.С. Иваницкий

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины** состоит в изучении методов моделирования и конструирования энергетических объектов и их элементов.

**Задачами дисциплины являются:**

- изучение методов и принципов моделирования и конструирования систем.
- изучение типичных математических моделей объектов и процессов

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов, проведении расчетов и экспериментов в соответствии с типовыми методиками и средствами автоматизации, обработкой полученных результатов, соблюдении производственной и экологической безопасности, управлении, эксплуатации, обслуживании, доводке процессов и ремонте технологического оборудования	ПК-1.1. Осуществляет сбор и анализ исходных данных для исследования энергообъектов	<b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– основы моделирования,</li><li>– основы конструирования.</li><li>– основные понятия теории размерностей и подобия</li><li>– основные понятия теории теплообмена и теплопередачи</li></ul> <b>уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– решать основные задачи теплообмена</li><li>– производить расчеты тепловых потоков и выбирать тип и геометрические размеры теплоэнергетических агрегатов</li></ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина базируется на уровне бакалавриата.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: «Проблемы энергоресурсосбережения, экологическая безопасность», «Энерго-ресурсосбережение в системах энергоснабжения промышленных предприятий» и при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы								Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по п. 5.1 и страниц в нем)
				Контактная						СР	Контроль	
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА			
1	Основы моделирования	6	1	2	–	–	–	–	–	4	–	Изучение теоретического материала [1] стр. 6-32, 83-89. [2] стр. 15-45.
2	Основы конструирования	6	1	2	–	–	–	–	–	4	–	Изучение теоретического материала [3] стр. 9-57.
3	Основы теории размерностей и подобия	10	1	2	4	–	–	–	–	4	–	Изучение теоретического материала [4] стр. 35-50.
4	Уравнение теплопроводности и его решение	16	1	4	4	–	–	–	–	8	–	Изучение теоретического материала [5] стр. 307-338.
5	Моделирование процессов теплопередачи	14	1	2	4	–	–	–	–	8	–	Изучение теоретического материала [6] стр. 31-89.
6	Моделирование процессов в теплообменном аппарате	20	1	4	4	–	–	–	–	12	–	Изучение теоретического материала [6] стр. 502-527.
	Курсовой проект/работа	72	1	–	–	–	16	4	0,3	51,7	–	Согласно графику выполнения
	Экзамен	36	1	–	–	–	–	–	2,5	–	33,5	Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно программе экзамена
	<b>Итого</b>	<b>180</b>					<b>16</b>	<b>4</b>	<b>2,8</b>	<b>91,7</b>	<b>33,5</b>	

Примечание: Лек – лекции; Пр – практические занятия; Лаб – лабораторные работы; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ПА – промежуточная аттестация; СР – самостоятельная работа студента.

### 3.2 Краткое содержание разделов

#### 1 семестр

##### 1. Основы моделирования.

Моделирование. Классификация моделей. Математическое моделирование. Принципы моделирования. Метод аналогий. Формализация объектов исследования. Виды экспериментов.

##### 2. Основы конструирования

Организационно-правовые аспекты проектирования теплоэнергетических объектов. Этапы проектирования. Принципы конструирования. Критерии долговечности. Выбор материалов.

##### 3. Основы теории размерностей и подобия

Размерность и системы единиц. Основы теории подобия. Методы подобия в теории тепломассообмена. Примеры предварительных испытаний подобных моделей.

##### 4. Уравнение теплопроводности и его решение

Уравнение теплопроводности. Начальное и краевые условия. Уравнение теплопроводности в цилиндрических и сферических координатах. Метод Фурье решения уравнения теплопроводности на конечном отрезке. Одинаковый режим на границах. Задача теплопроводности в пластине с заданными температурами поверхностей. Диффузионное уравнение. Граничные условия. Задача Дирихле для круга. Стационарное распределение температуры в задачах с цилиндрической и сферической симметрией. Уравнение диффузии и его решение в простейших случаях.

##### 5. Моделирование процессов теплопередачи

Основные случаи теплообмена. Теплопередача через плоскую стенку. Теплопередача через цилиндрическую стенку. Распространение тепла конвекцией и характер течения жидкости. Теплообмен при свободной конвекции. Теплообмен в неограниченном пространстве. Теплообмен в ограниченном пространстве. Теплообмен при вынужденной конвекции. Теплообмен при кипении. Теплообмен при конденсации

##### 6. Моделирование процессов в теплообменном аппарате

Назначение и виды теплообменных аппаратов. Средний температурный напор. Основы расчета теплообменного аппарата.

### 3.3. Темы практических занятий

#### 1 семестр

1. Основы теории размерностей и подобия (4 часа).
2. Уравнение теплопроводности и его решение (4 часа).
3. Моделирование процессов теплопередачи (4 часа).
4. Моделирование процессов в теплообменном аппарате (4 часа).

### 3.4. Темы лабораторных работ

Лабораторные занятия учебным планом не предусмотрены

### 3.5. РГР

Расчетно-графические работы учебным планом не предусмотрены.

### 3.6. Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Тепловой расчет теплообменного аппарата.

#### График выполнения курсовой работы

Учебная неделя	1	2	3	4	
Раздел курсового проекта	1	2	3, 4	5,6	Защита курсовой работы

Объем раздела, %	10	40	40	10	–
Выполненный объем нарастающим итогом, %	10	50	90	100	–

Номер раздела	Раздел курсовой работы
1	Ознакомление с заданием курсовой работы, методикой ее выполнения
2	Расчет теплообменного аппарата
3	Расчет температурного поля
4	Расчет диффузионного поля
5	Оформление результатов
6	Защита курсовой работы

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)						Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	
<b>знать:</b>								
основы моделирования	ПК-1.1	X						Тест «Основы моделирования»
основы конструирования	ПК-1.1		X					Тест «Организационные основы конструирования»
основные понятия теории размерностей и подобия	ПК-1.1			X				Тест «Основы теории размерностей и подобия»
основные понятия теории теплообмена и теплопередачи	ПК-1.1				X	X	X	Тест «Теплопередача»
<b>уметь:</b>								
решать основные задачи теплообмена	ПК-1.1	X	X	X				Контрольная работа «Теория размерности» Контрольная работа «Основы моделирования и конструирования»
производить расчеты тепловых потоков и выбирать тип и геометрические размеры теплоэнергетических агрегатов	ПК-1.1				X	X	X	Контрольная работа «Основы теплопередачи» Самостоятельная работа «Теплообмен» Выполнение и защита курсовой работы



## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:**

#### **1 семестр**

1. Тест «Основы моделирования»
2. Тест «Организационные основы конструирования»
3. Тест «Основы теории размерностей и подобия»
4. Тест «Теплопередача»
5. Контрольная работа «Теория размерности»
6. Контрольная работа «Основы моделирования и конструирования»
7. Контрольная работа «Основы теплопередачи»
8. Самостоятельная работа «Теплообмен»
9. Выполнение и защита курсовой работы «Тепловой расчет теплообменного аппарата»

### **4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины):**

#### **1 семестр**

Экзамен.

Оценка по дисциплине определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для магистрантов филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском по совокупности результатов текущего контроля успеваемости и экзаменационной составляющей.

Оценка за курсовую работу определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для магистрантов филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском.

В приложение к диплому выносится оценка за 1 семестр и за курсовую работу.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Голубева, Н. В. Математическое моделирование систем и процессов: учебное пособие / Н. В. Голубева. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 192 с. – ISBN 978-5-8114-1424-6. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/76825>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Пащенко, Ф. Ф. Основы моделирования энергетических объектов / Ф. Ф. Пащенко, Г. А. Пикина. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 464 с. – ISBN 978-5-9221-1367-0. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/5284>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Чернилевский, Д. В. Детали машин и основы конструирования: учебник / Д. В. Чернилевский. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Машиностроение, 2012. – 672 с. – ISBN 978-5-94275-617-8. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/5806>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Семенов, Б. А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебное пособие / Б. А. Семенов. – 2-е изд., доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2013. – 400 с.

5. Миносцев, В. Б. Курс математики для технических высших учебных заведений: учебное пособие / В. Б. Миносцев, Н. А. Берков, В. Г. Зубков; под редакцией В. Б. Миносцева, Е. А. Пушкарь. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, [б. г.]. – Часть 3: Дифференци-

альные уравнения. Уравнения математической физики. Теория оптимизации – 2013. – 528 с. – ISBN 978-5-8114-1560-1. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/30426>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: Учебное пособие для вузов. – 2-е издание, исправленное и дополненное. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 550 с.

## **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

Windows / Операционные системы семейства Linux; Office / Российский пакет офисных программ.

## **5.3. Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

Университетская информационная система «РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru>

Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>

База данных Scopus <https://www.scopus.com>

Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>

База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ <https://rosmintrud.ru/opendata>

База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>

База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/>

Базы данных Министерства экономического развития РФ <http://www.economy.gov.ru>

База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>

Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>

Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» <https://openedu.ru>

Электронная база данных «Polpred.com Обзор СМИ» <https://www.polpred.com>

Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>

ЭБС Издательства «Лань» <https://e.lanbook.com>

ЭБС «Университетская библиотека Online» <https://biblioclub.ru/>

Электронная библиотека НТБ МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

ЭБС «Консультант студента» <https://www.studentlibrary.ru/>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные и практические занятия проводятся в учебных аудиториях, снабженных мультимедийными средствами для интерактивного обучения, оборудованных наглядными пособиями, оборудованием для показа обучающих материалов, средствами звуковоспроизведения, доской аудиторной, оборудованием для представления презентаций (плазменная панель/проектор, персональный компьютер).

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Моделирование и конструирование энергетического оборудования

(название дисциплины)

**1 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1	Тест «Основы моделирования»
КМ-2	Тест «Организационные основы конструирования»
КМ-3	Тест «Основы теории размерностей и подобия»
КМ-4	Тест «Теплопередача»
КМ-5	Контрольная работа «Теория размерности»
КМ-6	Контрольная работа «Основы моделирования и конструирования»
КМ-7	Контрольная работа «Основы теплопередачи»
КМ-8	Самостоятельная работа «Теплообмен»

**Вид промежуточной аттестации – экзамен.**

Трудоемкость дисциплины = 3 з.е.

№ разд.	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	Экзамен
1	Основы моделирования		+					+			
2	Основы конструирования			+				+			
3	Основы теории размерностей и подобия				+		+				
4	Уравнение теплопроводности и его решение					+			+		
5	Моделирование процессов теплопередачи					+			+	+	
6	Моделирование процессов в теплообменном аппарате					+				+	
	Минимальный балл за КМ		3	3	3	3	7	7	7	7	20
	Максимальный балл за КМ		5	5	5	5	10	10	10	10	40

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Моделирование и конструирование энергетического оборудования и систем  
энергоснабжения

(название дисциплины)

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:

- КМ-1 соблюдение графика выполнения КР
- КМ-2 соблюдение графика выполнения КР
- КМ-3 соблюдение графика выполнения КР
- КМ-4 соблюдение графика выполнения КР и качество оформления КР

Трудоемкость КП = 2 з.е.

Номер раздела	Раздел курсовой работы	Индекс КМ:	КМ –1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	1	2	3	4
1	Ознакомление с заданием курсовой работы, методикой ее выполнения		+			
2	Расчет теплообменного аппарата			+		
3	Расчет температурного поля				+	
4	Расчет диффузионного поля				+	
5	Оформление результатов					+
6	Защита курсовой работы					+
Минимальный балл за КМ			5	25	20	10
Максимальный балл за КМ			10	40	30	20

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

---

**Направление подготовки: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Энерго-, ресурсосбережение и экологическая безопасность промышленных предприятий, Тепловые электрические станции и энергетические системы: оборудование, режимы и качество управления, Эксплуатация и управление режимами электроэнергетических систем, Автоматизированные системы управления объектами теплоэнергетики**

**Уровень образования: магистратура**

**Форма обучения: очная**

**Оценочные материалы по дисциплине**

**Б1.В.ДВ.01.01 МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ И СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ**

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Коды индикаторов достижения компетенции	Оценочное средство (тип и наименование)
<b>Знать:</b>		
основы моделирования	ПК-1.1	Тест «Основы моделирования»
основы конструирования	ПК-1.1	Тест «Организационные основы конструирования»
основные понятия теории размерностей и подобия	ПК-1.1	Тест «Основы теории размерностей и подобия»
основные понятия теории теплообмена и теплопередачи	ПК-1.1	Тест «Теплопередача»
<b>Уметь:</b>		
решать основные задачи теплообмена	ПК-1.1	Контрольная работа «Теория размерности» Контрольная работа «Основы моделирования и конструирования»
производить расчеты тепловых потоков и выбирать тип и геометрические размеры теплоэнергетических агрегатов	ПК-1.1	Контрольная работа «Основы теплопередачи» Самостоятельная работа «Теплообмен» Выполнение и защита курсовой работы

### Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

#### Тест «Основы моделирования»

Тест состоит из 7 вопросов. Время выполнения 15 минут.

Моделирование и конструирование энергетического оборудования

Пример варианта теста.

1. К принципам моделирования относятся

- принцип множественности моделей, принцип наименьшего сопротивления, принцип агрегирования
- принцип экономической целесообразности, принцип зависимости, принцип соответствия
- принцип равновесия, принцип осуществимости, принцип параметризации
- принцип множественности моделей, принцип осуществимости, принцип агрегирования и параметризации

2. Метод аналогий в моделировании основан на

- аналогии физических явлений, описываемых одинаковыми дифференциальными уравнениями
- аналогии измерения разных физических величин
- одинаковых исходных данных моделей
- полной тождественности моделируемых систем

3. Существуют следующие виды экспериментов

- зависимый и независимый эксперименты

- б) аналитический и корректный эксперименты
- в) вычислительный и физический эксперименты
- г) систематический и случайный эксперименты

4. К общепринятым типам моделей относятся

- а) с рассредоточенными параметрами, общие и локальные
- б) детерминированные, стохастические, физические и математические
- в) математические, теологические, детерминированные
- г) красивые, уродливые, хорошие и плохие

5. Математическое моделирование включает этапы

- а) составление математического описания объекта; выбор метода решения системы уравнений; установление адекватности модели объекту
- б) описание чувственного восприятия объекта; проверка адекватности модели и объекта
- в) выработка стратегии создания модели; нахождение основных определяющих факторов; запись алгебраического уравнения модели
- г) проверка адекватности модели и объекта; проектирование конструкции измерительного прибора

6. Классификация математических моделей включает деление их на

- а) аналитические и алгоритмические математические модели
- б) легко и трудно решаемые
- в) адекватные и неадекватные моделируемому объекту
- г) матричные, тензорные и дифференциальные

7. Основные цели моделирования:

- а) изучение объекта или явления и управление им
- б) получение эстетического наслаждения
- в) опубликование результатов в открытой печати
- г) повышение эрудиции и утверждение научного мировоззрения

По результатам тестирования выставляется:

- 5 баллов, если правильно выполнено 7 заданий.
- 4 балла, если правильно выполнено 6 задания;
- 3 балла, если правильно выполнено 4-5 заданий

### **Тест «Организационные основы конструирования»**

Тест состоит из 7 вопросов. Время выполнения 15 минут.

Моделирование и конструирование энергетического оборудования

Пример варианта теста.

1. Государственная экспертиза проектов включает следующие аспекты

- а) соответствие проектной документации законодательным и нормативным требованиям; соответствие расчётного анализа действующей редакции «Методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов»; наличие в проекте альтернативных вариантов и выбор из их числа оптимального варианта строительства; инновационная привлекательность рекомендуемого варианта строительства
- б) соответствие проектной документации требованиям заказчика; соответствие расчётного анализа действующей редакции «Методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов»; наличие в проекте альтернативных вариантов и выбор из их

числа оптимального варианта строительства; инновационная привлекательность рекомендуемого варианта строительства

в) соответствие проектной документации законодательным и нормативным требованиям; отсутствие в проекте альтернативных вариантов и выбор из их числа оптимального варианта строительства; инновационная привлекательность рекомендуемого варианта строительства

г) соответствие проектной документации требованиям заказчика и общественности; отсутствие в проекте альтернативных вариантов и выбор из их числа оптимального варианта строительства; инновационная привлекательность рекомендуемого варианта строительства

## 2. Этапы разработки конструкторской документации в машиностроении

а) разработка технического предложения; подготовку и выпуск рабочей конструкторской документации.

б) расчет экономического эффекта; разработка технического предложения; подготовка и выпуск эскизного проекта; подготовку и выпуск технического проекта; подготовку и выпуск рабочей конструкторской документации

в) разработка технического предложения; подготовка и выпуск эскизного проекта; подготовку и выпуск технического проекта; подготовку и выпуск рабочей конструкторской документации.

г) разработка рабочих чертежей; расчет режимов работы узлов и агрегатов; апробация агрегата в натурных условиях эксплуатации

## 3. Главными показателями проектируемого оборудования являются:

а) высокая производительность, экономичность, прочность, надежность, по возможности малые масса и металлоемкость, габариты, энергоемкость, объем и стоимость ремонтных работ

б) современный дизайн, экономичность, прочность, по возможности малые масса и металлоемкость, габариты, энергоемкость, объем и стоимость ремонтных работ

в) современный дизайн, низкий уровень шума, прочность, по возможности малые масса и металлоемкость, габариты, энергоемкость, объем и стоимость ремонтных работ

г) высокая производительность, экономичность, прочность, надежность, значительные масса и металлоемкость, габариты, энергоемкость, объем и стоимость ремонтных работ

## 4. Основными экономическими показателями конструируемого оборудования являются

а) рентабельность машины, экономический эффект. срок окупаемости, коэффициент стоимости машины

б) коэффициент использования машины, рентабельность машины, экономический эффект. срок окупаемости, коэффициент стоимости машины, удобство работы оператора

в) коэффициент использования машины, экономический эффект. срок окупаемости, коэффициент стоимости машины

г) коэффициент использования машины, рентабельность машины, экономический эффект, срок окупаемости, коэффициент стоимости машины

## 5. К основным вопросам исследования теории долговечности не относится.

а) разработка объективных показателей долговечности выпускаемых машин

б) диагностика причин разрушения

в) расчет экономического эффекта использования машины

г) изучение эксплуатационных режимов и их влияния на долговечность машин

## 6. Выбор материалов при конструировании высокотемпературного оборудования не должен учитывать следующее их свойство

а) коррозионная стойкость

б) жаропрочность



- в) магнитные характеристики
- г) ползучесть

7. Долговечностью оборудования называется

- а) коррозионная стойкость материалов, из которых изготовлено оборудование
- б) общее время, которое машина может отработать на номинальном режиме в условиях нормальной эксплуатации без существенного снижения основных расчетных параметров
- в) механическая прочность оборудования, его способность противостоять повышенным нагрузкам
- г) отсутствие необходимости его ремонта

По результатам тестирования выставляется:

- 5 баллов, если правильно выполнено 7 заданий.
- 4 балла, если правильно выполнено 6 задания;
- 3 балла, если правильно выполнено 4-5 заданий

### Тест «Основы теории размерностей и подобия»

Тест состоит из 7 вопросов. Время выполнения 15 минут.

Моделирование и конструирование энергетического оборудования

Пример варианта теста.

1. Основными единицами величин в системе СИ являются

- а) километр, секунда, килограмм, Кельвин, Ампер
- б) сантиметр, секунда, грамм, Кулон, Кельвин
- в) метр, секунда, килограмм, Кулон, Кельвин
- г) метр, килограмм, секунда, Кельвин, Ампер

2. Обозначения физических величин в формуле размерности имеют вид

- а) L, M, T, Θ
- б) l, m, t, θ
- в) L, M, t, Θ
- г) m, kg, s, K

3. Размерность коэффициента теплопроводности в системе СИ равна

- а)  $\text{м}^2/\text{с}$
- б)  $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
- в)  $\text{Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$
- г)  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

4. Критерий подобия Прандтля равен

- а)  $\frac{\alpha d}{\lambda}$
- б)  $\frac{\nu d}{\nu}$
- в)  $\frac{\nu}{a}$
- г)  $\frac{gd^3\beta\Delta t}{\nu^2}$

где  $\nu$  – скорость потока,  $d$  – геометрический размер,  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности,  $\alpha$  – коэффициент теплообмена,  $\nu$  – кинематическая вязкость,  $a$  – коэффициент температуропроводности,  $g$  – ускорение земного притяжения,  $\beta$  – температурный коэффициент объемного расширения,  $\Delta t$  – температурный напор.

5. Аналогичными считаются явления

- а) разной физической природы, описываемые одинаковыми по форме дифференциальными уравнениями

- б) явления одной физической природы, описываемые одинаковыми по форме дифференциальными уравнениями и различающиеся только условиями однозначности
- в) считаются явления разной физической природы, описываемые разными по форме дифференциальными уравнениями
- г) при котором одновременно с равенством безразмерных критериев подобия выполняется дополнительное условие о равенстве значений всех размерных переменных, входящих в эти критерии

6. Критериями подобия называются

- а) безразмерные комплексы величин, характеризующие процессы теплообмена
- б) максимальные значения физических величин в модели
- в) комбинации физических величин, имеющие определенную физическую размерность
- г) значения физических величин, при которых осуществляется экстремальный режим работы оборудования

7. Формула размерности может включать следующие операции

- а) трансцендентные функции
- б) умножение, возведение в рациональную степень
- в) умножение, возведение в иррациональную степень
- г) умножение, возведение в положительную рациональную степень

По результатам тестирования выставляется:

- 5 баллов, если правильно выполнено 7 заданий.
- 4 балла, если правильно выполнено 6 задания;
- 3 балла, если правильно выполнено 4-5 заданий

### Тест «Теплопередача»

Тест состоит из 7 вопросов. Время выполнения 15 минут.

Моделирование и конструирование энергетического оборудования

Пример варианта теста.

1. Одномерное уравнение теплопроводности в декартовой системе координат имеет вид

а)  $\frac{\partial^2 T}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$     б)  $\frac{\partial T}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$     в)  $\frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$     г)  $\frac{\partial T}{\partial x} = \frac{\partial^2 T}{\partial t^2}$

Здесь  $T$  – температура,  $t$  – время,  $x$  – координата,  $a^2$  – температуропроводность,  $\lambda$  – теплопроводность.

2. Оператор Лапласа в цилиндрической системе координат имеет вид

а)  $\Delta = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \alpha^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$     б)  $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \alpha^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$

в)  $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \alpha^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$

г)  $\Delta = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}$

3. Отсутствие теплообмена на поверхности тела означает, что

- а) температура тела на этой поверхности равна нулю
- б) температура тела на этой поверхности равна константе
- в) градиент температуры и температура тела на этой поверхности равны константе

г) градиент температуры на этой поверхности равен нулю

4. Стационарное уравнение диффузии имеет вид

а)  $\frac{\partial C}{\partial t} = D \nabla^2 C$  б)  $\frac{\partial T}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$  в)  $\frac{\partial^2 C}{\partial t^2} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$  г)  $\nabla^2 C = 0$

Здесь  $D$  – к-т диффузии,  $a^2$  – к-т температуропроводности,  $C$  – концентрация,  $T$  – температура.

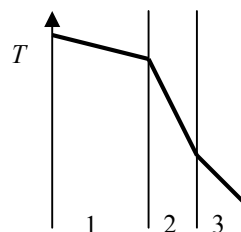
5. Стационарное распределение температуры в цилиндрической трубе, если температуры на внутренней и внешней поверхности трубы имеют постоянные значения, дается выражением

а)  $T = T_1 - \frac{T_1 - T_2}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \ln \frac{r}{R_1}$  б)  $T = T_1 - \frac{T_1 - T_2}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \ln \frac{r}{R_2}$  в)  $T = \frac{T_1 - T_2}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \ln \frac{r}{R_1}$  г)

$$T = T_1 - \frac{T_1 - T_2}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$

6. На рисунке показано стационарное поле температуры в трехслойной стенке по толщине. Самый большой коэффициент теплопроводности в слое

- а) 1  
б) 2  
в) 3



7. Теплопроводностью называется

- а) передача теплоты в твердом теле  
б) обмен теплотой между жидкостью и поверхностью твердого тела  
в) передача теплоты от одной жидкости к другой, разделенных твердой перегородкой

По результатам тестирования выставляется:

- 5 баллов, если правильно выполнено 7 заданий.
- 4 балла, если правильно выполнено 6 задания;
- 3 балла, если правильно выполнено 4-5 заданий

### Контрольная работа «Теория размерности»

Контрольная работа содержит 3 задачи. Время выполнения 45 минут.

Пример варианта контрольной работы.

1. Из величин  $g$  – ускорение земного притяжения,  $\Delta t$  – температурный напор,  $\beta$  – температурный коэффициент объемного расширения теплоносителя,  $l$  – определяющий геометрический размер,  $\nu$  – коэффициент кинематической вязкости составить безразмерную комбинацию.

2. Из величин  $a$  – коэффициент температуропроводности теплоносителя,  $\nu$  – коэффициент кинематической вязкости составить безразмерную комбинацию.

3. Записать формулу размерности и единицу измерения коэффициента теплопроводности, удельной теплоты парообразования.

По результатам выполнения контрольной работы выставляется:

- 10 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 9 баллов, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 8 баллов, если правильно выполнено не менее 65% заданий;
- 7 баллов, если правильно выполнено не менее 50% заданий.

### **Контрольная работа «Основы моделирования и конструирования»**

Контрольная работа содержит 2 вопроса. Время выполнения 45 минут.

Пример варианта контрольной работы.

1. Привести классификацию математических моделей
2. Описать основные экономические показатели конструируемого оборудования.

По результатам выполнения контрольной работы выставляется:

- 10 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 9 баллов, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 8 баллов, если правильно выполнено не менее 65% заданий;
- 7 баллов, если правильно выполнено не менее 50% заданий.

### **Контрольная работа «Основы теплопередачи»**

Контрольная работа содержит 2 задачи. Время выполнения 45 минут.

Пример варианта контрольной работы.

1. По трубопроводу, диаметр которого  $d_1 = 400$  мм, движется воздух со скоростью  $w = 6$  м/с. Температура воздуха  $t = 100^\circ\text{C}$ , давление 1 атм. Определите для этого случая движения  $Re$ ,  $Pe$ ,  $Pr$ .
2. Внутри медной трубы с толщиной 10 мм и внутренним диаметром 50 мм движется горячая вода, температура которой  $t_1 = 110^\circ\text{C}$ , по другую – вода с температурой  $t_2 = 40^\circ\text{C}$ .  $\alpha_1 = 1500$  Вт/м<sup>2</sup>·К;  $\alpha_2 = 1200$  Вт/м<sup>2</sup>·К. Определить плотность теплового потока и коэффициент теплопередачи. Определить значения температур на обеих поверхностях стенки.

По результатам выполнения контрольной работы выставляется:

- 10 баллов, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 9 баллов, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 8 баллов, если правильно выполнено не менее 65% заданий;
- 7 баллов, если правильно выполнено не менее 50% заданий.

### **Самостоятельная работа «Теплообмен»**

Задачи выдаются по вариантам. Условия задач содержатся в Приложении 1.

Пример варианта самостоятельной работы.

1. Определить линейное термическое сопротивление теплопроводности  $R$  и толщину стенки  $\delta$  стальной трубы, внутренний диаметр которой  $d = 8,5$  мм, если при разности температур ее поверхностей  $\Delta T = 0,02^\circ\text{C}$  с участка трубопровода длиной  $l = 100$  м в окружающую среду в течение часа теряется теплота  $Q = 4,45$  МДж. Режим теплообмена стационарный. Коэффициент теплопроводности материала трубы  $\lambda = 16$  Вт/(м·К).
2. Определить коэффициент теплоотдачи от вертикальной плиты высотой  $H = 1,5$  м к окружающему воздуху, если известно, что температура поверхности плиты  $T_1 = 80^\circ\text{C}$ , температура окружающего воздуха вдали от поверхности  $T_2 = 20^\circ\text{C}$ .
3. Вода в большом объеме кипит на трубках испарителя, температура поверхности которых  $200^\circ\text{C}$ . Давление воды равно 1,255 МПа. Наружный диаметр труб 40 мм, длина 1,5 м, количество труб 30 шт. Найти коэффициент теплоотдачи при пузырьковом кипении и тепловой поток от труб к воде.

4. Определить приведенную степень черноты системы, если трубопровод с наружным диаметром 0,1 м проходит в центре кирпичного квадратного канала со стороной 0,5 м. Степень черноты трубы 0,72. Степень черноты стенок канала 0.85.

По результатам выполнения самостоятельной работы выставляется:

- 10 баллов, если правильно решены 4 задачи.
- 9 баллов, если правильно решены 3 задачи.
- 8 баллов, если правильно решены 2 задачи.
- 7 баллов, если правильно решена 1 задача.

### **Промежуточная аттестация**

#### **Экзамен**

Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса и практическое задание.

#### **Экзаменационные вопросы**

1. Моделирование. Классификация моделей
2. Классификация математических моделей
3. Принципы моделирования
4. Метод аналогий в моделировании
5. Формализация объектов исследования. Виды экспериментов
6. Организационно-правовые аспекты проектирования теплоэнергетических объектов
7. Этапы проектирования теплоэнергетических объектов
8. Принципы конструирования теплоэнергетических объектов
9. Критерии долговечности конструируемого оборудования
10. Выбор материалов при расчете и конструировании машин
11. Размерность и системы единиц физических величин
12. Основы теории подобия в задачах теплообмена
13. Методы подобия в теории теплообмена
14. Примеры предварительных испытаний подобных моделей
15. Уравнение теплопроводности
16. Начальное и краевые условия
17. Уравнение теплопроводности в цилиндрических и сферических координатах
18. Метод Фурье решения уравнения теплопроводности на конечном отрезке
19. Одинаковый режим на границах теплопроводящего стержня
20. Задача теплопроводности в пластине с заданными температурами поверхностей
21. Задача Дирихле для круга
22. Стационарное распределение температуры в цилиндрической трубе
23. Уравнение диффузии и его решение в простейших случаях
24. Основные случаи теплообмена
25. Моделирование теплопередачи через плоскую стенку
26. Моделирование теплопередачи через цилиндрическую стенку
27. Распространение тепла конвекцией и характер течения жидкости
28. Теплообмен при свободной конвекции. Теплообмен в неограниченном пространстве
29. Моделирование конвективного теплообмена в ограниченном пространстве
30. Моделирование теплообмена при вынужденной конвекции
31. Моделирование теплообмена при кипении
32. Моделирование теплообмена при конденсации
33. Назначение и виды теплообменных аппаратов
34. Средний логарифмический температурный напор
35. Этапы расчета теплообменного аппарата

## Примеры экзаменационных задач

1. Из величин  $w$  – скорость потока,  $l$  – определяющий геометрический размер,  $g$  – ускорение земного притяжения составить безразмерную комбинацию.
2. Из величин  $w$  – скорость потока,  $l$  – определяющий геометрический размер,  $a$  – коэффициент температуропроводности составить безразмерную комбинацию.
3. Из величин  $l$  – определяющий геометрический размер,  $a$  – коэффициент температуропроводности,  $\tau$  – время составить безразмерную комбинацию.
4. По трубопроводу, диаметр которого  $d_1 = 500$  мм, движется воздух со скоростью  $w = 8$  м/с. Температура воздуха  $t = 80^\circ\text{C}$ , давление 1 атм. Определите для этого случая движения  $Re$ ,  $Pe$ ,  $Pr$ .
5. Найти плотность теплового потока в двухслойной круглой трубе. Внутренний слой медь, наружный сталь 15. Диаметры внутренний 10 мм, промежуточный 18 мм, наружный 30 мм. Разность температур  $80^\circ\text{C}$ .

По результатам ответа на экзамене выставляется:

- 36-40 баллов, если правильно выполнено практическое задание, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся показал, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных фактов или решения задач;
- 26-35, если правильно выполнено практическое задание или в нем допущено не более одной ошибки, которая была самостоятельно исправлена обучающимся, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся допускает негрубые ошибки;
- 20-25 баллов, если в выполненном практическом задании допущены грубые ошибки, которые затем исправлены обучающимся при участии экзаменатора или практическое задание не выполнено в полном объеме, но обучающийся смог довести решение до конца при участии экзаменатора, и в ответах на вопросы экзаменационного билета допущены ошибки;
- 0 баллов, если практическое задание не выполнено или не даны ответы на вопросы экзаменационного билета и не выполнены критерии для категории 20-25 баллов.

Оценка по дисциплине определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для магистрантов филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском по совокупности результатов текущего контроля успеваемости и экзаменационной составляющей.

В зависимости от количества баллов за дисциплину выставляется:

Оценка	Количество баллов
оценка 5 («отлично»)	90 – 100 баллов
оценка 4 («хорошо»)	76 – 89 баллов
оценка 3 («удовлетворительно»)	60 – 75 баллов
оценка 2 («неудовлетворительно»)	0 – 59 баллов

## Курсовая работа

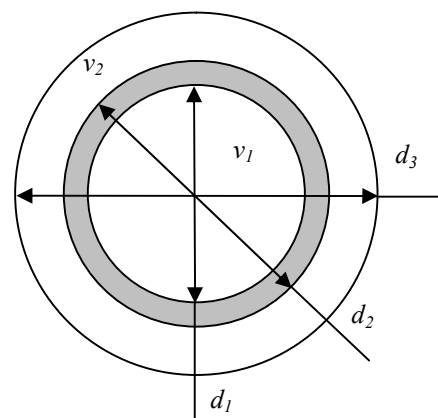
Обучающемуся выдается индивидуальное задание.

### «Тепловой расчет теплообменного аппарата»

1. Сделать расчет площади теплообмена и заполнить неизвестные в таблице величины.  
Тип теплообменного аппарата                      рекуператор (труба в трубе)

Вид теплоносителя 1  
 Вид теплоносителя 2  
 Схема движения теплоносителей:  
 Внутренняя труба:  
     внутренний диаметр  
     внешний диаметр  
 Внешняя труба:  
     внутренний диаметр  
 Материал тубы  
 Температура внутреннего теплоносителя  
     на входе  
     на выходе  
 Температура внешнего теплоносителя  
     на входе  
     на выходе  
 скорости движения теплоносителей  
 Площадь теплообмена  
 Массовый расход теплоносителей  
 Теплообменом внешней поверхности пренебречь.

вода  
 вода  
 А  
 $d_1$   
 $d_2$   
 $d_3$   
 В  
 $t'_1$   
 $t''_1$   
 $t'_2$   
 $t''_2$   
 $v_1, v_2$   
 $F$   
 $G_1$  и  $G_2$



№	А	В	$d_1$ мм	$d_2$ мм	$d_3$ мм	$t'_1$ °C	$t''_1$ °C	$t'_2$ °C	$t''_2$ °C	$v_1$ , м/с	$v_2$ м/с	$G_1$ кг/с	$G_2$ кг/с	$F$ м <sup>2</sup>
1	прямо	ст15	18	20	26	90	50	10	-	1	1,7	-	-	-
2	прямо	ст15	16	18	25	80	40	-	30	1,1	2	-	-	-
3	прямо	ст15	18	22	29	85	40	20	-	1	-	-	1	-
4	прямо	ст30	18	20	26	90	50	10	-	1	1,5	-	-	-
5	прямо	ст30	16	18	25	80	45	15	-	1,1	1,6	-	-	-
6	прямо	ст30	18	22	29	85	40	20	-	1	1,4	-	-	-
7	прямо	латунь	18	20	26	90	50	10	-	1	1,5	-	-	-
8	прямо	латунь	16	18	25	80	45	15	-	1,1	-	-	1,1	-
9	прямо	латунь	18	22	29	90	50	20	-	1	1,4	-	-	-
10	прямо	латунь	16	20	25	80	40	15	-	1	-	-	1,6	-
11	противо	ст15	18	20	26	85	40	10	-	1,1	1,6	-	-	-
12	противо	ст15	16	18	25	90	50	-	40	1	1,4	-	-	-
13	противо	ст15	18	22	29	80	45	20	-	-	1,5	0,5	-	-
14	противо	ст30	18	20	26	85	40	10	-	1,1	1,6	-	-	-
15	противо	ст30	16	18	25	90	50	15	-	1	1,4	-	-	-
16	противо	ст30	18	22	29	80	45	20	-	-	1,5	0,6	-	-
17	противо	латунь	18	20	26	90	50	-	40	1,1	1,6	-	-	-
18	противо	латунь	16	18	25	80	45	15	-	1	-	-	1,2	-
19	противо	латунь	18	22	29	85	50	-	40	1	1,5	-	-	-
20	противо	латунь	16	20	25	80	40	15	-	1	1,6	-	-	-

2.

Толщина пластины  
 Температуры на граничных поверхностях  
 Тепловые потоки на границах  
 Материал пластины  
 Начальная температура  
 Построить графики зависимости температуры от толщины в моменты времени

$l$   
 $t_1, t_2$   
 $q_1, q_2$

$$\tau_1 = 0 \text{ с}$$

$$\tau_2 = 5 \text{ с}$$

$$\tau_3 = 15 \text{ с}$$

$$\tau_4 = 60 \text{ с}$$

По координате шаг 1 мм.

№	$l$ , мм	$t_1$ , °C	$t_2$ , °C	$q_1$	$q_2$	$t_0$ , °C	А
1	10	80	10	-	-	50	латунь
2	6	90	20	-	-	40	медь
3	8	85	20	-	-	30	нихром
4	12	60	20	-	-	45	ст15
5	10	75	25	-	-	50	ст30
6	6	80	10	-	-	40	латунь
7	8	90	20	-	-	30	медь
8	12	85	20	-	-	45	нихром
9	10	60	20	-	-	50	ст15
10	6	75	25	-	-	40	ст30
11	8	80	10	-	-	30	латунь
12	12	90	20	-	-	45	медь
13	10	85	20	-	-	50	нихром
14	6	60	20	-	-	40	ст15
15	8	75	25	-	-	30	ст30
16	12	80	10	-	-	45	латунь
17	10	90	20	-	-	50	медь
18	6	85	20	-	-	40	нихром
19	8	60	20	-	-	30	ст15
20	12	75	25	-	-	45	ст30

3.

Энергия активации диффузии

$E$

Предэкспоненциальный множитель

$D_0$

Температура

$T$

Поверхностная концентрация

$C_0$

Поверхностная емкость

$N$

Построить график зависимости концентрации от координаты для моментов времени  $t_1 = 200$  с

$$t_2 = 10^4 \text{ с}$$

$$t_3 = 10^6 \text{ с}$$

№	$E$ , эВ	$D_0$ , $10^{-2} \text{ см}^2/\text{с}$	$T$ , К	$C_0$ , %	$N$ , мкм
1	2,2	1	500	2	-
2	1,6	1,2	650	-	3
3	1,5	6	650	-	2
4	1,8	4,2	600	1,5	-
5	2,1	1,8	450	1,8	-
6	1,5	2,2	500	2,1	-
7	1,4	4,2	450	-	2
8	1,4	2,5	500	2,5	-
9	1,6	2,6	500	3,6	-
10	1,5	4	600	4,5	-
11	1,9	1,9	650	-	5,1



12	2,1	3,6	700	6,2	-
13	2,2	5,3	700	2	-
14	1	7,1	450	-	3
15	1,1	6,2	500	2	-
16	2,3	4,1	600	1,5	-
17	1,9	5,6	600	1,8	-
18	1,8	3,8	550	-	5,4
19	1,7	3,2	600	2	-
20	1,6	4,6	600	2,5	-

#### Содержание курсовой работы

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Ознакомление с заданием курсовой работы, методикой ее выполнения
2	Расчет теплообменного аппарата
3	Расчет температурного поля
4	Расчет диффузионного поля
5	Оформление результатов
6	Защита курсовой работы

На защите курсовой работы обучающемуся задаются теоретические и практические вопросы по представленной расчетно-пояснительной записке и графическому материалу.

Шкала оценивания курсовой работы.

За выполнение курсовой работы выставляется:

- 5 («отлично») баллов, если все задачи курсовой работы выполнены верно, на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов;
- 4 («хорошо»), если либо в расчете присутствуют ошибки в заключительных действиях, которые не влияют на последующие расчеты; либо неверно указаны размерности величин; либо размерности величин не указаны; на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок;
- 3 («удовлетворительно»), если в расчеты присутствуют ошибки, искажающие результат или исправления грубых ошибок выполнены не с первой попытки; если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы, либо при ответе часто допускались ошибки.