

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: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроэнергетические системы и сети

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: заочная

Рабочая программа дисциплины
МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Блок	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы	Формируемая участниками образовательных отношений (элективные дисциплины)
Индекс дисциплины по учебному плану	Б1.В.ДВ.01.01
Трудоемкость в зачетных единицах	1 курс – 5
Часов (всего) по учебному плану	180
Лекции	1 курс – 4 часа
Практические занятия	2 курс – 4 часа
Лабораторные работы	учебным планом не предусмотрены
Консультации по курсовому проекту/ работе	
групповые	1 курс – 4 часа
индивидуальные	1 курс – 4 часа
Самостоятельная работа	1 курс – 155 часа
включая:	
курсовые проекты/работы	1 курс – 101 час
Контроль:	
экзамен	1 курс – 9 часов

Волжский 2023

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 Электроэнергетические системы и сети

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

(подпись)

Л.Р. Куш
(расшифровка подписи)

Руководитель научного содержания программы Электроэнергетические системы и сети

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

(подпись)

Л.Р. Куш
(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 Изучение методов моделирования и конструирования энергетических объектов и их элементов.

Задачами дисциплины являются:

- изучение методов и принципов математического моделирования теплоэнергетических 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	знать: <ul style="list-style-type: none">– основы моделирования;– основы конструирования;– основные понятия теории теплообмена и теплопередачи уметь: <ul style="list-style-type: none">– решать основные задачи теплообмена;– производить расчеты тепловых потоков и выбирать тип и геометрические размеры теплоэнергетических агрегатов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина базируется на уровне бакалавриата.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Курс	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	9,5	1	0,5	—	—	—	—	—	9	—	Изучение теоретического материала [1] стр. 6-32, 83-89. [2] стр. 15-45.
2	Основы конструирования	12	1	1	2	—	—	—	—	9	—	Изучение теоретического материала [3] стр. 9-57.
3	Основы теории размерностей и подобия	9,5	1	0,5	—	—	—	—	—	9	—	Изучение теоретического материала [4] стр. 35-50.
4	Уравнение теплопроводности и его решение	9,5	1	0,5	—	—	—	—	—	9	—	Изучение теоретического материала [5] стр. 307-338.
5	Моделирование процессов теплопередачи	9,5	1	0,5	—	—	—	—	—	9	—	Изучение теоретического материала [6] стр. 31-89.
6	Моделирование процессов в теплообменном аппарате	12	1	1	2	—	—	—	—	9	—	Изучение теоретического материала [6] стр. 502-527.
	Курсовой проект/работа	109	1	—	—	—	4	4	—	101	—	Согласно графику выполнения
	Экзамен	9	1	—	—	—	—	—	—	—	9	Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно программе экзамена
	Итого	180		4	4	—	4	4	—	155	9	

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.

4.2 Краткое содержание разделов

2 курс

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 теплообмена. 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.

6. 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

7. Моделирование процессов в теплообменном аппарате

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

3.3. Темы практических занятий

2 курс

1. Основы теории размерностей и подобия (2 часа).
2. Моделирование процессов теплопередачи (2 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 работ

Тепловой расчет теплообменного аппарата.

График выполнения курсовой работы

Неделя	1	2	3	4
Раздел курсовой работы	1	2	3, 4	5,6
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	
Знать:								
основы моделирования	ПК-1.1	X						Тест «Основы моделирования»
основы конструирования	ПК-1.1		X	X				Тест «Организационные основы конструирования»
основные понятия теории теплообмена и теплопередачи	ПК-1.1				X	X	X	Тест «Теплопередача»
Уметь:								
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:

2 курс

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

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины):

2 курс

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 курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для магистрантов филиала «НИУ «МЭИ» в г. Волжском.

В приложение к диплому выносится оценка за 2 курс и за курсовой проект.

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: Дифференциальные 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
и систем энергоснабжения

(название дисциплины)

2 курс

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

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

Вид промежуточной аттестации – экзамен.

Трудоемкость дисциплины = 2 з.е.

№ разд.	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	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	7	7	7	10	20
	Максимальный балл за КМ		5	5	5	10	10	10	15	40

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Моделирование и конструирование энергетического оборудования
и систем энергоснабжения

(название дисциплины)

2 курс

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: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электроэнергетические системы и сети

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: заочная

**Оценочные материалы по дисциплине
МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Волжский 2023

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)
Знать:		
основы моделирования	ПК-1.1	Тест «Основы моделирования»
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»
Уметь:		
решать основные задачи теплообмена	ПК-1.1	Контрольная работа «Методы построения математических моделей» Контрольная работа «Основы моделирования»
производить расчеты тепловых потоков и выбирать тип и геометрические размеры теплоэнергетических агрегатов	ПК-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
 - а) принцип множественности моделей, принцип наименьшего сопротивления, принцип агрегирования
 - б) принцип экономической целесообразности, принцип зависимости, принцип соответствия
 - в) принцип равновесия, принцип осуществимости, принцип параметризации
 - г) принцип множественности моделей, принцип осуществимости, принцип агрегирования и параметризации
2. Метод аналогий в моделировании основан на
 - а) аналогии физических явлений, описываемых одинаковыми дифференциальными уравнениями
 - б) аналогии измерения разных физических величин
 - в) одинаковых исходных данных моделей
 - г) полной тождественности моделируемых систем
3. Существуют следующие виды экспериментов

- а) 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 «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) м, кг, с, К

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) $\frac{v d}{\nu}$
- в) $\frac{v}{a}$
- г) $\frac{g d^3 \beta \Delta t}{\nu^2}$

где v – скорость потока, d – геометрический размер, λ – коэффициент теплопроводности, α – коэффициент теплообмена, ν – кинематическая вязкость, a – коэффициент температуропроводности, g – ускорение земного притяжения, β – температурный коэффициент объемного расширения, Δt – 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, λ – 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.

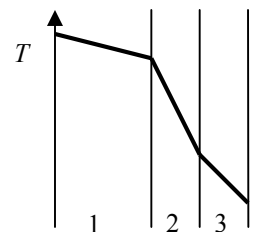
5. Стационарное распределение температуры в цилиндрической трубе, если температуры на внутренней и внешней поверхности трубы имеют постоянные значения, дается выражением

а) $T = T_1 - \frac{T_1 - T_2}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \ln \frac{r}{R_1}$ б) $T = T_1 - \frac{T_1 - T_2}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \ln \frac{r}{R_1}$ 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 «Методы построения математических моделей»

Контрольная работа содержит 2 вопроса. Выполняется в виде домашнего задания. Срок сдачи – до начала экзаменационной сессии.

Пример варианта контрольной работы.

1. Привести основные понятия корреляционного анализа.
2. Как производится выбор параметров статистической модели

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. Выполняется в виде домашнего задания. Срок сдачи – до начала экзаменационной сессии.

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. Выполняется в виде домашнего задания. Срок сдачи – до начала экзаменационной сессии.

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 , Pg .
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/м²·К; $\alpha_2 = 1200$ Вт/м²·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.

Выполняется в виде домашнего задания. Срок сдачи – до начала экзаменационной сессии.

Пример варианта самостоятельной работы.

1. Определить линейное термическое сопротивление теплопроводности R и толщину стенки δ 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 $\lambda=16\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$.
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°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:

- 15 баллов, если правильно решены 4 задачи.
- 14 баллов, если правильно решены 3 задачи.
- 12 баллов, если правильно решены 2 задачи.
- 10 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 тепломассообмена
13. Методы подобия в теории тепломассообмена

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
36. Основные понятия корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализов
37. Метод наименьших квадратов
38. Общие правила выбора параметров статистической модели
39. Выбор факторов статистической модели
40. Выбор параметров статистической модели

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, τ – 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°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

вода

Вид теплоносителя 2

вода

Схема движения теплоносителей:

A

Внутренняя труба:

внутренний диаметр

d_1

внешний диаметр

d_2

Внешняя труба:

внутренний диаметр

d_3

Материал трубы

B

Температура внутреннего теплоносителя

на входе

t'_1

на выходе

t''_1

Температура внешнего теплоносителя

на входе

t'_2

на выходе

t''_2

скорости движения теплоносителей

v_1, v_2

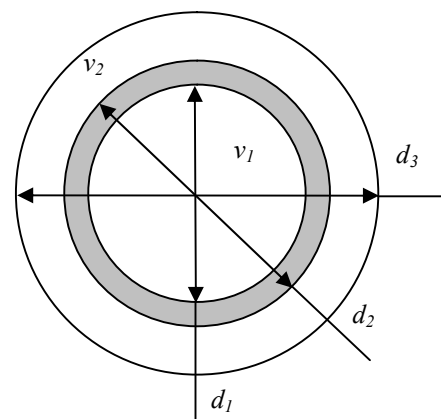
Площадь теплообмена

F

Массовый расход теплоносителей

G_1 и G_2

Теплообменом внешней поверхности пренебречь.



№	A	B	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 ²
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

l

Температуры на граничных поверхностях

t_1, t_2

Тепловые потоки на границах

q_1, q_2

Материал пластины

Начальная температура

Построить графики зависимости температуры от толщины в моменты времени

$\tau_1 = 0$ с

$\tau_2 = 5$ с

$\tau_3 = 15$ с

$\tau_4 = 60$ 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

$t_2 = 10^4$ с

$t_3 = 10^6$ с

№	E , эВ	D_0 , 10^{-2} см ² /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.