

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электромеханика, электрические и электронные аппараты

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Тепловые процессы в электрических машинах и аппаратах**

**Москва
2025**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дергачев П.А.
Идентификатор	Rbc655738-DergachevPavA-c35942	

П.А. Дергачев

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кузнецова Е.А.
Идентификатор	Re7bf1ad9-KuznetsovaYA-c9331b9	

Е.А.
Кузнецова

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Киселев М.Г.
Идентификатор	R572ca413-KiselevMG-f37ee096	

М.Г. Киселев

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

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.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-3 Способен использовать методы математического анализа и компьютерного моделирования для изучения принципов функционирования и исследования характеристик и особенностей работы электрических машин и аппаратов

ИД-3 Демонстрирует знание тепловых и электромагнитных процессов в электротехнических устройствах, создает и анализирует упрощенные модели объектов профессиональной деятельности

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Выполнение задания

1. Защита лабораторных работ (Лабораторная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1: Моделирование стационарных тепловых процессов (Контрольная работа)

2. Контрольная работа №2: Моделирование нестационарных тепловых процессов (Контрольная работа)

3. Тест "Основы термических явлений" (Тестирование)

БРС дисциплины

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Тест "Основы термических явлений" (Тестирование)

КМ-2 Контрольная работа №1: Моделирование стационарных тепловых процессов (Контрольная работа)

КМ-3 Контрольная работа №2: Моделирование нестационарных тепловых процессов (Контрольная работа)

КМ-4 Защита лабораторных работ (Лабораторная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	9

Введение в дисциплину. Физические основы тепловых процессов в электрических аппаратах, конструктивные и технологические особенности				
Введение в дисциплину. Физические основы тепловых процессов в электрических аппаратах, конструктивные и технологические особенности	+			
Основы полевого моделирования теплофизических процессов, свойства элементов электрических аппаратов и их гомогенизация				
Основные источники теплоты в электрических аппаратах	+		+	
Описание электро- и теплофизических свойств элементов электрических аппаратов. Гомогенизация электрофизических свойств обмоток и шихтованных сердечников.			+	
Совместное моделирование электромагнитных и тепловых задач.			+	
Построение и анализ полевых стационарных тепловых моделей				
Моделирование стационарных тепловых полей		+		+
Общие вопросы электрических контактов.		+		+
Математические модели электрических контактов.		+		+
Тепло- и массоперенос в электрических контактах.		+		+
Построение и анализ полевых нестационарных тепловых моделей с прямым расчетом конвективного теплообмена				
Построение и анализ полевых нестационарных тепловых моделей с прямым расчетом конвективного теплообмена		+	+	+
Основы применения, эксплуатации и испытания тепловых систем электрических аппаратов и основы построения эквивалентных тепловых моделей с сосредоточенными параметрами				
Основы применения, эксплуатации и испытания тепловых систем электрических аппаратов и основы построения эквивалентных тепловых моделей с сосредоточенными параметрами		+	+	+
Вес КМ:	10	25	25	40

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

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

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-3	ИД-3ПК-3 Демонстрирует знание тепловых и электромагнитных процессов в электротехнических устройствах, создает и анализирует упрощенные модели объектов профессиональной деятельности	Знать: основы тепловых и электромагнитных процессов принципы построения узлов электрических аппаратов с учетом термических режимов и ограничений Уметь: моделировать тепловые процессы с учетом конвективного теплообмена, контактных явлений и электромагнитных источников тепла проводить анализ термической стойкости элементов электрических аппаратов	КМ-1 Тест "Основы термических явлений" (Тестирование) КМ-2 Контрольная работа №1: Моделирование стационарных тепловых процессов (Контрольная работа) КМ-3 Контрольная работа №2: Моделирование нестационарных тепловых процессов (Контрольная работа) КМ-4 Защита лабораторных работ (Лабораторная работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Тест "Основы термических явлений"

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенту выдается тест, необходимо выбрать правильные варианты ответов.

Краткое содержание задания:

Выбрать правильные варианты ответов

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: основы тепловых и электромагнитных процессов	<ol style="list-style-type: none">1.Какой метод решения тепловых задач используется в COMSOL Multiphysics?2.Выберите все способы распространения тепла3.Выберите правильные единицы измерения для коэффициента теплопроводности в системе СИ4.Выберите правильную формулу закона Джоуля-Ленца5.За счет какой силы образуется свободная конвекция?6.У какого материала выше теплопроводность?7.У какого материала выше теплоёмкость?8.Какой параметр влияет на теплоотдачу за счет излучения?9.Что в большей степени влияет на распределение тока в медной шине при протекании переменного тока?10.Какие параметры материалов необходимо задавать для решения стационарных тепловых задач

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. Контрольная работа №1: Моделирование стационарных тепловых процессов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа на компьютерах с использованием ПО.

Краткое содержание задания:

Построить стационарную модель теплового состояния контактной пары при протекании постоянного тока, с учетом контактного сопротивления в электрической и тепловой подсистемах. (задание по вариантам)

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: принципы построения узлов электрических аппаратов с учетом термических режимов и ограничений	1. 1. 1. Что такое стационарная модель? 2. Как связаны контактные сопротивления в тепловой и электрической подсистемах? 3. Как задается конвективный теплообмен без расчета гидродинамики? 4. Какие параметры необходимо задать в модели контактного сопротивления? 5. Какие необходимы свойства материалов для стационарной тепловой задачи?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Контрольная работа №2: Моделирование нестационарных тепловых процессов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа на компьютерах с использованием ПО.

Краткое содержание задания:

Построить нестационарную модель теплового состояния шины при протекании переменного тока, с моделированием конвективного теплообмена. (задание по вариантам)

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: моделировать тепловые процессы с учетом конвективного теплообмена, контактных явлений и электромагнитных источников тепла	<ol style="list-style-type: none">1. Построить нестационарную модель контактной системы.2. Построить расчетную конечноэлементную сетку, проанализировать адекватность сетки.3. Провести нестационарный расчет и получить картину теплового поля контактной системы, проанализировать результат.4. Подобрать предельный ток, при котором температура элементов не превышает заданной.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. Защита лабораторных работ

Формы реализации: Выполнение задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 40

Процедура проведения контрольного мероприятия: Лабораторные работы на стендах и построение моделей по лабораторным работам на компьютерах с использованием ПО.

Краткое содержание задания:

Выполнить лабораторные работы, построить цифровые модели опытов из лабораторных работ, защитить лабораторные работы

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: проводить анализ термической стойкости элементов электрических аппаратов	<p>1. Исследование нагрева катушек электрических аппаратов</p> <ol style="list-style-type: none">1. Измерить температуру различных точек многовитковой катушки при протекании тока.2. Продемонстрировать на примере и объяснить расположение самой нагретой область катушки электрического аппарата.3. Продемонстрировать на примере принцип гомогенизации коэффициента теплопроводности многовитковой катушки. <p>Исследование сопротивления контактов. Исследование влияния контактов на нагрев контактирующих проводников</p> <ol style="list-style-type: none">4. Провести измерение контактных сопротивлений различных пар при различном контактном нажатии.5. Построить модель контактных сопротивлений различных пар при различном контактном нажатии. <p>Нагрев цилиндров в разных средах</p> <ol style="list-style-type: none">6. Смоделировать нагрев цилиндров в различных положениях.7. Смоделировать контактную систему. <p>Исследование источников теплоты в электрических аппаратах</p> <ol style="list-style-type: none">8. Смоделировать нагрев шины за счет протекания тока с учетом свободной конвекции.9. Смоделировать нагрев шины за счет протекания тока и дополнительных нагревателей с учетом свободной конвекции.10. Определить постоянные времени нагрева и охлаждения из экспериментальных данных.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Процедура проведения

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-3пк-3 Демонстрирует знание тепловых и электромагнитных процессов в электротехнических устройствах, создает и анализирует упрощенные модели объектов профессиональной деятельности

Вопросы, задания

1. Виды тепло- и массопереноса в электрических аппаратах.
2. Понятие допустимой температуры и температуры окружающей среды.
3. Описание электро- и теплофизических свойств элементов электрическим аппаратам.
4. Совместное моделирование электромагнитных и тепловых задач.
5. Понятие о контактном сопротивлении и переходном сопротивлении стягивания контактов.
6. Математические модели электрических контактов.
7. Понятие о нестационарных процессах нагрева и остывания электрических аппаратов.
8. Адиабатный процесс нагрева.
9. Исследование нагрева катушек электрических аппаратов, исследование источников теплоты в электрических аппаратах, исследование контактных явлений.
10. Способы определения постоянной времени нагрева и установившегося превышения температуры электрического аппарата и его частей.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Что в электромеханических аппаратах приводит к нагреву элементов

Ответы:

- a. Индуцированные токи
- b. Магнитный гистерезис
- c. Переходное сопротивление
- d. Протекание тока
- e. Магнитное сопротивление
- f. Тепловое сопротивление

Верный ответ: a. Индуцированные токи b. Магнитный гистерезис c.

Переходное сопротивление d. Протекание тока

2. Выберите все способы распространения тепла в твердых телах

Ответы:

- a. Теплопроводность
- b. Конвекция
- c. Излучение
- d. Кипение
- e. Замерзание
- f. Испарение

Верный ответ: a. Теплопроводность

3. Что эффективнее для охлаждения в условиях вакуума

Ответы:

- a. Излучение
- b. Свободная конвекция
- c. Вынужденная конвекция

Верный ответ: a. Излучение

4. Какого сечения бывают проводники тока?

Ответы:

- a. Круглого
- b. Квадратного
- c. Прямоугольного
- d. Трубочатого

Верный ответ: a. Круглого c. Прямоугольного d. Трубочатого

5. Возможно ли образование свободной конвекции в несжимаемой жидкости?

Ответы:

- a. Да
- b. Нет
- c. Возможно, при определенных условиях

Верный ответ: b. Нет

6. От чего зависит глубина проникновения электромагнитного поля?

Ответы:

- a. Электропроводности
- b. Магнитной проницаемости
- c. Частоты
- d. Магнитной индукции

Напряженности электрического поля

Верный ответ: a. Электропроводности b. Магнитной проницаемости c. Частоты

7. Как связаны градусы Цельсия и Кельвина?

Ответы:

- a. $[K] = [^{\circ}C] + 273,15$
- b. $[K] = [^{\circ}C]$
- c. $[K] = [^{\circ}C] - 273,15$
- d. $[K] = [^{\circ}C] + 270$

Верный ответ: a. $[K] = [^{\circ}C] + 273,15$

8. Что происходит с веществом при нагревании?

Ответы:

- a. Уменьшается плотность
- b. Увеличивается плотность
- c. Уменьшается масса
- d. Увеличивается масса

Верный ответ: b. Увеличивается плотность

9. За счет чего может нагреться объект находящийся на расстоянии 1 см от шины с постоянным током?

Ответы:

- a. Теплопроводности
- b. Конвекции
- c. Излучения
- d. Индуцированных токов

Верный ответ: a. Теплопроводности

10. Какие параметры материалов необходимо задавать для решения нестационарных тепловых задач

Ответы:

- a. Коэффициент теплопроводности
- b. Теплоемкость
- c. Плотность
- d. Коэффициент черноты
- e. Частоту переменного тока
- f. Магнитную проницаемость
- g. Удельное электрическое сопротивление

Верный ответ: a. Коэффициент теплопроводности b. Теплоемкость c.

Плотность d. Коэффициент черноты

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу