

**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: Электрические и электронные аппараты

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕРМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТАХ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.08.03</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>6 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>6 семестр - 28 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>6 семестр - 14 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>6 семестр - 12 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>6 семестр - 89,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Лабораторная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>6 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дергачев П.А.
	Идентификатор	Rpc655738-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

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение физических основ тепловых процессов в электрических аппаратах, конструктивных и технологических особенностей, методов полевого моделирования, расчёта и проектирования, теплофизических свойств элементов, основ применения, эксплуатации и испытания тепловых систем электрических аппаратов

### Задачи дисциплины

- изучение методов расчета тепловых полей;
- овладение основами расчета установившихся режимов нагрева элементов электрических аппаратов;
- овладение основами расчета переходных режимов нагрева элементов электрических аппаратов с учетом конвективного теплообмена;
- ознакомление с принципами построения элементов электрических аппаратов для обеспечения оптимальных тепловых режимов.

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-6 Способен использовать методы математического анализа и компьютерного моделирования для изучения принципов функционирования и исследования характеристик и особенностей работы электрических и электронных аппаратов различного функционального назначения	ИД-2ПК-6 Демонстрирует знание тепловых и электромагнитных процессов, 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: - проводить анализ термической стойкости элементов электрических аппаратов; - моделировать тепловые процессы с учетом конвективного теплообмена, контактных явлений и электромагнитных источников тепла.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электрические и электронные аппараты (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Введение в дисциплину. Физические основы тепловых процессов в электрических аппаратах, конструктивные и технологические особенности	8	6	2	-	-	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Введение в дисциплину. Физические основы тепловых процессов в электрических аппаратах, конструктивные и технологические особенности"</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Введение в дисциплину. Физические основы тепловых процессов в электрических аппаратах, конструктивные и технологические особенности" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Введение в дисциплину. Физические основы тепловых процессов в электрических аппаратах, конструктивные и технологические особенности"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 238-257 [2], 94-96 [3], 238-246</p>
1.1	Введение в дисциплину. Физические основы тепловых процессов в электрических аппаратах, конструктивные и технологические особенности	8		2	-	-	-	-	-	-	-	-	6	

2	Основы полевого моделирования теплофизических процессов, свойства элементов электрических аппаратов и их гомогенизация	36		8	-	4	-	-	-	-	-	24	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Основы полевого моделирования теплофизических процессов, свойства элементов электрических аппаратов и их гомогенизация" <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы
2.1	Основные источники теплоты в электрических аппаратах	13		3	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Основы полевого моделирования теплофизических процессов, свойства элементов электрических аппаратов и их гомогенизация" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.
2.2	Описание электро- и теплофизических свойств элементов электрическим аппаратах. Гомогенизация электрофизических свойств обмоток и шихтованных сердечников.	12		3	-	1	-	-	-	-	-	8	-	
2.3	Совместное моделирование электромагнитных и тепловых задач.	11		2	-	1	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Основы полевого моделирования теплофизических процессов, свойства элементов электрических аппаратов и их гомогенизация и подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Основы полевого моделирования теплофизических процессов, свойства элементов электрических аппаратов и их гомогенизация" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы полевого моделирования

													теплофизических процессов, свойства элементов электрических аппаратов и их гомогенизация" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 257-261 [2], 94-96
3	Построение и анализ полевых стационарных тепловых моделей	28	5	2	2	-	-	-	-	-	19	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Построение и анализ полевых стационарных тепловых моделей" материалу. <b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Построение и анализ полевых стационарных тепловых моделей и подготовка к контрольной работе <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Построение и анализ полевых стационарных тепловых моделей" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Построение и анализ полевых стационарных тепловых моделей" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 272-302 [2], 96-102
3.1	Моделирование стационарных тепловых полей	7	1	-	1	-	-	-	-	-	5	-	
3.2	Общие вопросы электрических контактов.	7	1	1	-	-	-	-	-	-	5	-	
3.3	Математические модели электрических контактов.	8	2	1	-	-	-	-	-	-	5	-	
3.4	Тепло- и массоперенос в электрических контактах.	6	1	-	1	-	-	-	-	-	4	-	
4	Построение и анализ полевых	33	7	2	4	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе

	нестационарных тепловых моделей с прямым расчетом конвективного теплообмена												необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Построение и анализ полевых нестационарных тепловых моделей с прямым расчетом конвективного теплообмена" материалу.
4.1	Построение и анализ полевых нестационарных тепловых моделей с прямым расчетом конвективного теплообмена	33	7	2	4	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Построение и анализ полевых нестационарных тепловых моделей с прямым расчетом конвективного теплообмена и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Построение и анализ полевых нестационарных тепловых моделей с прямым расчетом конвективного теплообмена" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Построение и анализ полевых нестационарных тепловых моделей с прямым расчетом конвективного теплообмена"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 302-311 [2], 99-102</p>
5	Основы применения, эксплуатации и испытания тепловых систем электрических аппаратов и основы	38.7	6	8	4	-	-	-	-	-	20.7	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов</p>

	построения эквивалентных тепловых моделей с сосредоточенными параметрами												обработки результатов по изученному в разделе "Основы применения, эксплуатации и испытания тепловых систем электрических аппаратов и основы построения эквивалентных тепловых моделей с сосредоточенными параметрами" материалу.
5.1	Основы применения, эксплуатации и испытания тепловых систем электрических аппаратов и основы построения эквивалентных тепловых моделей с сосредоточенными параметрами	38.7	6	8	4	-	-	-	-	-	20.7	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Основы применения, эксплуатации и испытания тепловых систем электрических аппаратов и основы построения эквивалентных тепловых моделей с сосредоточенными параметрами" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы применения, эксплуатации и испытания тепловых систем электрических аппаратов и основы построения эквивалентных тепловых моделей с сосредоточенными параметрами" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 311-320, 528-560 [2], 102-110, 112-132
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	144.0	28	12	14	-	-	-	-	0.3	89.7	-	
	Итого за семестр	144.0	28	12	14	-	-	-	-	0.3	89.7	-	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация



### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Введение в дисциплину. Физические основы тепловых процессов в электрических аппаратах, конструктивные и технологические особенности

1.1. Введение в дисциплину. Физические основы тепловых процессов в электрических аппаратах, конструктивные и технологические особенности

Виды тепло- и массопереноса в электрических аппаратах. Теплопроводность, конвекция, излучение. Закон Фурье для теплопроводности. Закон Стефана-Больцмана для теплового излучения. Формула Ньютона для конвективной теплоотдачи. Задачи и стадии тепловых расчетов. Температурное поле в электрических аппаратах. Понятие допустимой температуры и температуры окружающей среды. Особенности уменьшения мощности источников тепла и максимальных температур в электрических аппаратах..

#### 2. Основы полевого моделирования теплофизических процессов, свойства элементов электрических аппаратов и их гомогенизация

2.1. Основные источники теплоты в электрических аппаратах

Джоулево тепло; источники теплоты, обусловленные поверхностным эффектом и эффектом близости; источники теплоты в ферромагнитных нетоковедущих частях электрических аппаратов, находящихся вблизи проводников с переменными токами; источники теплоты в диэлектриках, находящихся в переменном электрическом поле; электрическая дуга как источник теплоты; источники теплоты, обусловленные механическими потерями в узлах и деталях электрических аппаратов..

2.2. Описание электро- и теплофизических свойств элементов электрическим аппаратах. Гомогенизация электрофизических свойств обмоток и шихтованных сердечников.

Описание электро- и теплофизических свойств элементов электрическим аппаратах. Гомогенизация электрофизических свойств обмоток и шихтованных сердечников..

2.3. Совместное моделирование электромагнитных и тепловых задач.

Совместное моделирование электромагнитных и тепловых задач..

#### 3. Построение и анализ полевых стационарных тепловых моделей

3.1. Моделирование стационарных тепловых полей

Моделирование стационарных тепловых полей с учетом контактных явлений..

3.2. Общие вопросы электрических контактов.

Классификация электрических контактов по виду соединения, по геометрии контактирующих поверхностей, по конструктивным признакам и по выполняемым функциям. Понятие о контактной поверхности. Понятие о контактном сопротивлении и переходном сопротивлении стягивания контактов..

3.3. Математические модели электрических контактов.

Теоретические и эмпирические зависимости для определения переходного сопротивления электрических контактов. Зависимость переходного сопротивления от усилия контактного нажатия. Явления фриттинга контактных пленок..

3.4. Тепло- и массоперенос в электрических контактах.

Тепловые режимы электрических контактов. Определение максимальной температуры на контактной площадке. Зависимость переходного сопротивления контактов от падения напряжения на них.. Влияние контактов на нагрев контактирующих проводников. Взаимное влияние соседних контактных соединений друг на друга. Расчет шинных контактных соединений..

#### 4. Построение и анализ полевых нестационарных тепловых моделей с прямым расчетом конвективного теплообмена

4.1. Построение и анализ полевых нестационарных тепловых моделей с прямым расчетом конвективного теплообмена

Режимы работы электрических аппаратов. Понятие о нестационарных процессах нагрева и остывания электрических аппаратов. Вывод уравнений нагрева и остывания частей электрических аппаратов. Способы определения постоянной времени нагрева и установившегося превышения температуры электрического аппарата и его частей. Адиабатный процесс нагрева. Повторно-кратковременный и кратковременный процессы нагрева. Понятие о коэффициентах перегрузки. Расчет токоведущих частей электрических аппаратов в режиме короткого замыкания. Допустимые температуры электрических аппаратов в режиме короткого замыкания. Понятие фиктивного времени короткого замыкания. Термическая стойкость электрических аппаратов. Понятие о стандартных токах термической стойкости. Построение полевых моделей нестационарных тепловых процессов..

#### 5. Основы применения, эксплуатации и испытания тепловых систем электрических аппаратов и основы построения эквивалентных тепловых моделей с сосредоточенными параметрами

5.1. Основы применения, эксплуатации и испытания тепловых систем электрических аппаратов и основы построения эквивалентных тепловых моделей с сосредоточенными параметрами

Исследование нагрева катушек электрических аппаратов, исследование источников теплоты в электрических аппаратах, исследование контактных явлений. Основы построения эквивалентных моделей с сосредоточенными параметрами..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Введение в моделирование с использованием COMSOL Multiphysics;
2. Моделирование электромагнитных источников тепла;
3. Моделирование стационарных тепловых полей;
4. Моделирование нестационарных тепловых полей с учетом конвективного теплообмена;
5. Моделирование тепловых полей с учетом контактных явлений.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Исследование нагрева катушек электрических аппаратов;
2. Нагрев цилиндров в разных средах;
3. Исследование источников теплоты в электрических аппаратах;
4. Исследование сопротивления контактов. Исследование влияния контактов на нагрев контактирующих проводников.

### **3.5 Консультации**

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 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	
<b>Знать:</b>							
принципы построения узлов электрических аппаратов с учетом термических режимов и ограничений	ИД-2ПК-6			+	+	+	Контрольная работа/Контрольная работа №1: Моделирование стационарных тепловых процессов
основы тепловых и электромагнитных процессов	ИД-2ПК-6	+	+				Тестирование/Тест "Основы термических явлений"
<b>Уметь:</b>							
моделировать тепловые процессы с учетом конвективного теплообмена, контактных явлений и электромагнитных источников тепла	ИД-2ПК-6		+		+	+	Контрольная работа/Контрольная работа №2: Моделирование нестационарных тепловых процессов
проводить анализ термической стойкости элементов электрических аппаратов	ИД-2ПК-6			+	+	+	Лабораторная работа/Защита лабораторных работ

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**6 семестр**

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)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №6)*

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

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

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

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

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

1. Основы теории электрических аппаратов : учебник для вузов по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / ред. П. А. Курбатов . – 5-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : Лань, 2015 . – 592 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-1800-8 .;
2. Электрические аппараты : учебник и практикум для академического бакалавриата, для вузов по инженерно-техническим направлениям и специальностям / отв. ред. П. А. Курбатов . – М. : Юрайт, 2017 . – 250 с. – (Бакалавр. Академический курс) . - ISBN 978-5-9916-9715-6 .;
3. Акимов Е. Г., Белкин Г. С., Годжелло А. Г., Дегтярь В. Г.- "Основы теории электрических аппаратов", (5-е изд., перераб. и доп.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (592 с.) <https://e.lanbook.com/book/168796>.

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

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. OpenModelica.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	ЭЭА-7, Типограф	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для документов, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, компьютер персональный, инвентарь учебный, дипломные и курсовые работы студентов
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	ЭЭА-7, Типограф	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф для документов, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, компьютер персональный, инвентарь учебный, дипломные и курсовые работы студентов
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	ЭЭА-10а, Лаборатория каф. "ЭМЭА"	стул, шкаф для хранения инвентаря, набор инструментов для профилактического обслуживания оборудования, верстак слесарный, инвентарь учебный, книги, учебники, пособия, запасные комплектующие для оборудования
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	ЭЭА-13, Аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, экран, доска маркерная, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	ЭЭА-2б, Архив	стол, стул, документы

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Термические явления в электрических аппаратах

(название дисциплины)

#### 6 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.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	14
1	Введение в дисциплину. Физические основы тепловых процессов в электрических аппаратах, конструктивные и технологические особенности					
1.1	Введение в дисциплину. Физические основы тепловых процессов в электрических аппаратах, конструктивные и технологические особенности		+			
2	Основы полевого моделирования теплофизических процессов, свойства элементов электрических аппаратов и их гомогенизация					
2.1	Основные источники теплоты в электрических аппаратах		+		+	
2.2	Описание электро- и теплофизических свойств элементов электрических аппаратов. Гомогенизация электрофизических свойств обмоток и шихтованных сердечников.				+	
2.3	Совместное моделирование электромагнитных и тепловых задач.				+	
3	Построение и анализ полевых стационарных тепловых моделей					
3.1	Моделирование стационарных тепловых полей			+		+
3.2	Общие вопросы электрических контактов.			+		+
3.3	Математические модели электрических контактов.			+		+
3.4	Тепло- и массоперенос в электрических контактах.			+		+
4	Построение и анализ полевых нестационарных тепловых моделей с прямым расчетом конвективного теплообмена					

4.1	Построение и анализ полевых нестационарных тепловых моделей с прямым расчетом конвективного теплообмена		+	+	+
5	Основы применения, эксплуатации и испытания тепловых систем электрических аппаратов и основы построения эквивалентных тепловых моделей с сосредоточенными параметрами				
5.1	Основы применения, эксплуатации и испытания тепловых систем электрических аппаратов и основы построения эквивалентных тепловых моделей с сосредоточенными параметрами		+	+	+
Вес КМ, %:		10	25	25	40