

**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: Электротехника и электрификация

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ**

<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.04</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>5 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>5 семестр - 48 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>5 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>5 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5 семестр - 63,7 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>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>5 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Федин М.А.
	Идентификатор	R3e9797a9-FedinMA-34f385d8

М.А. Федин


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Иванов А.С.
	Идентификатор	R28e5c30d-IvanovAIS-37175ef6

А.С. Иванов

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Цырук С.А.
	Идентификатор	Raf2c04da-TsyrukSA-47ef358f

С.А. Цырук

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Целью дисциплины является изучение физических принципов (механизмов) преобразования электрической энергии в тепловую и другие виды энергии, необходимые для проведения различных технологических процессов, освоение основных принципов проектирования и применения электротехнологических установок (ЭТУ) для последующего использования в проектировании их электротехнического оборудования.

### Задачи дисциплины

- приобретение знаний в области технологических процессов, при проведении которых используется преобразование энергии электрической в энергию тепловую;;
- приобретение знаний в области принципов действия, конструкций и областей применения современных ЭТУ различных типов – резистивного нагрева, индукционного и диэлектрического нагрева, электродугового, плазменного и электронно-лучевого нагрева, лазерного нагрева;;
- приобретение знаний о материалах, применяемых в производстве элементов ЭТУ – футеровки, нагревателей, механизмов;;
- приобретение навыков проведения расчётов, необходимых для проектирования ЭТУ и освоение соответствующих методик..

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-4 Способен применять знание особенностей и характеристик элементов электроэнергетических систем и электротехнических комплексов, способов производства и использования электроэнергии в профессиональной деятельности	ИД-2ПК-4 Демонстрирует знание областей применения и особенностей электротехнологических установок основных типов, их характеристик как потребителей электроэнергии, применяет эти знания при решении профессиональных задач	знать: - - физические основы и классификацию современных электротехнологических процессов и оборудования;; - - основные источники научно-технической информации по электротехническим материалам, электропечестроению, системам электроснабжения и управления ЭТУ;.  уметь: - – применять нормативные методики расчёта и применять их для решения поставленной задачи, осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы;; - - использовать программные средства для расчётов характеристик разрабатываемых ЭТУ – тепловых, электрических, механических;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электротехника и электрификация (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 электротехнологию	3.5	5	1.5	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 5-6 [3], стр. 5-21	
1.1	Введение в электротехнологию	3.5		1.5	-	-	-	-	-	-	-	2	-		
2	Теплопередача в ЭТУ	21.5		7.5	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 7-16
2.1	Теплопередача в ЭТУ	21.5		7.5	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-	
3	Электрические печи сопротивления (ЭПС). Электрооборудование ЭПС.	40		12	8	4	-	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 17-49
3.1	Электрические печи сопротивления (ЭПС). Электрооборудование ЭПС.	40		12	8	4	-	-	-	-	-	-	16	-	
4	Индукционный и диэлектрический нагрев	32.5		10.5	4	4	-	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 50-89 [2], стр. 15-34 [4], стр. 56-72
4.1	Индукционный и диэлектрический нагрев	32.5		10.5	4	4	-	-	-	-	-	-	14	-	
5	Установки дугового нагрева	23.5		7.5	4	2	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 90-115 [5], стр. 112-140
5.1	Установки дугового нагрева	23.5		7.5	4	2	-	-	-	-	-	-	10	-	
6	Плазменный нагрев. Установки электронно- лучевого	22.7	9	-	2	-	-	-	-	-	-	11.7	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 116-139	

	и лазерного нагрева. Печи электрошлакового переплава.												[3], стр. 321-337
6.1	Плазменный нагрев. Установки электронно- лучевого и лазерного нагрева. Печи электрошлакового переплава.	22.7	9	-	2	-	-	-	-	-	11.7	-	
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>48.0</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>63.7</b>	-	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>	<b>48.0</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>63.7</b>	-	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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 электротехнологию

#### 1.1. Введение в электротехнологию

Общие сведения об электротехнологических процессах в промышленном производстве. Преобразование электрической энергии в электротехнологических установках (ЭТУ). Классификация ЭТУ по принципу действия..

### 2. Теплопередача в ЭТУ

#### 2.1. Теплопередача в ЭТУ

Теплопередача в ЭТУ. Передача теплоты теплопроводностью в твердых и жидких веществах. Закон Фурье. Тепловой поток через плоскую и цилиндрическую стенку, одно – и многослойную. Конвективный теплообмен, естественный и принудительный. Уравнение Ньютона. Понятие о теории подобия, критерии подобия. Теплообмен излучением, излучение абсолютно черного тела. Основной закон теплового излучения, постоянная Больцмана. Излучение реальных тел, степень черноты..

### 3. Электрические печи сопротивления (ЭПС). Электрооборудование ЭПС.

#### 3.1. Электрические печи сопротивления (ЭПС). Электрооборудование ЭПС.

Установки резистивного нагрева. Превращение электрической энергии в тепловую, нагрев прямой и косвенный. Электрические печи сопротивления (ЭПС), основные элементы конструкции. Виды циклов нагрева в ЭПС. Печи периодического и непрерывного действия. Тепловой расчет печи периодического действия. Уравнение теплового баланса. Мощность потребная, установленная и тепловых потерь. Особенности теплового расчета печи непрерывного действия. Электрический расчет ЭПС. Идеальная и удельная поверхностная мощность нагревателя. Конструкция нагревательных элементов ЭПС. Электроснабжение и электрооборудование ЭПС. Регулирование температуры в ЭПС, датчики температуры. Схемы электрические печей сопротивления – силовые и управления. ЭПС как потребители электроэнергии. Материалы в электропечестроении – футеровочные, конструкционные и для нагревательных элементов..

### 4. Индукционный и диэлектрический нагрев

#### 4.1. Индукционный и диэлектрический нагрев

Установки индукционного нагрева, физические основы. Эффекты электромагнитного поля. Классификация индукционных установок, области применения. Индукционные плавильные печи – тигельные и каналные. Принцип действия, основные элементы конструкции, назначение. Электроснабжение и электрооборудование индукционных установок, электрический и тепловой КПД, коэффициент мощности. Выбор частоты питающего напряжения. Индукционные установки как потребители электроэнергии. Физические основы диэлектрического нагрева. Области применения. Установки диэлектрического нагрева..

### 5. Установки дугового нагрева

#### 5.1. Установки дугового нагрева

Общие сведения о дуговом разряде. Вольтамперные характеристики дуги постоянного и переменного тока. Устойчивость дуги. Способы регулирования мощности дуги. Особенности горения дуги переменного тока. Классификация и области применения дуговых установок.

Дуговые сталеплавильные печи (ДСП), руднотермические печи (РТП), дуговые вакуумные печи (ВДП). Области применения ДСП, РТП и ВДП, особенности конструкции. Электроснабжение и электрооборудование дуговых установок, дуговые печи как потребители электроэнергии..

### 6. Плазменный нагрев. Установки электронно- лучевого и лазерного нагрева. Печи электрошлакового переплава.

6.1. Плазменный нагрев. Установки электронно- лучевого и лазерного нагрева. Печи электрошлакового переплава.

Печи электрошлакового переплава (ЭШП), механизм преобразования электрической энергии в тепловую. Особенности конструкции печей ЭШП, их назначение, особенности технологического процесса. Электроснабжение и электрооборудование печей ЭШП. Электронно–лучевые установки (ЭЛУ). Классификация ЭЛУ. Принцип действия, основные элементы конструкции. Источники питания. Области применения. Лазерные технологические установки, принцип действия. Лазеры твердотельные и газовые. Области применения лазерных установок..

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

1. Решение задач стационарного теплообмена с различными граничными условиями. Сложный теплообмен.;
2. Электрический расчет электромагнитных систем "индуктор - загрузка". Решение связанных задач при расчете устройств индукционного нагрева.;
3. Расчет и моделирование электронно-лучевого устройства для аддитивных технологий.;
4. Расчет и моделирование устройства дугового нагрева.;
5. Решение задач нестационарного теплообмена.;
6. Электрический расчет электромагнитных систем "индуктор - загрузка".;
7. Разработка электрических схем питания и управления установок резистивного нагрева. Выбор и проверка электрооборудования.;
8. Тепловой и электрический расчет среднетемпературной электрической печи сопротивления.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. № 2.Способы регулирования мощности печей сопротивления(3 часа).;
2. № 1.Пусковые испытания электрической печи сопротивления (3 часа).;
3. № 3.Вольтамперные характеристики электрической дуги постоянного и переменного тока (3 часа).;
4. № 4.Индукционный нагрев металлических изделий на промышленной частоте (3 часа)..

### **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	6	
<b>Знать:</b>								
- основные источники научно-технической информации по электротехническим материалам, электропечестроению, системам электроснабжения и управления ЭТУ;	ИД-2ПК-4	+						Тестирование/Введение в электротехнологию. Теплопередача в электротехнологических установках
- физические основы и классификацию современных электротехнологических процессов и оборудования;	ИД-2ПК-4			+	+	+	+	Тестирование/Дуговой, плазменный нагрев и лучевые виды нагрева Тестирование/Индукционный и диэлектрический нагрев Тестирование/Установки резистивного нагрева
<b>Уметь:</b>								
- использовать программные средства для расчётов характеристик разрабатываемых ЭТУ – тепловых, электрических, механических;	ИД-2ПК-4		+					Тестирование/Введение в электротехнологию. Теплопередача в электротехнологических установках
– применять нормативные методики расчёта и применять их для решения поставленной задачи, осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы;	ИД-2ПК-4			+	+			Тестирование/Индукционный и диэлектрический нагрев Тестирование/Установки резистивного нагрева

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

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

#### **5 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Введение в электротехнологию. Теплопередача в электротехнологических установках (Тестирование)
2. Дуговой, плазменный нагрев и лучевые виды нагрева (Тестирование)
3. Индукционный и диэлектрический нагрев (Тестирование)
4. Установки резистивного нагрева (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

Зачет с оценкой (Семестр №5)

В диплом выставляется оценка за 5 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 электротехнологии : учебное пособие по курсу "Электротехнология" по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / М. А. Федин, М. Я. Погребисский, А. О. Кулешов, А. Ю. Чурсин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2020 . – 144 с. - ISBN 978-5-7046-2306-9 .  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=11325>;
2. М. В. Первухин, В. Н. Тимофеев- "Современные электротехнологии для производства высококачественных алюминиевых сплавов", Издательство: "Сибирский федеральный университет (СФУ)", Красноярск, 2015 - (156 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435726>;
3. А. В. Суворин- "Электротехнологические установки", Издательство: "Сибирский федеральный университет (СФУ)", Красноярск, 2011 - (376 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229391>;
4. Алиферов А. И., Луци С., Форзан М.- "Электротехнологические установки и системы. Установки индукционного нагрева", Издательство: "НГТУ", Новосибирск, 2017 - (160 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/118046>;
5. А. Н. Макаров, А. Ю. Соколов- "Электротехнологические установки", (4-е изд., перераб. и доп.), Издательство: "Инфра-Инженерия", Москва, Вологда, 2021 - (287 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=618536>.

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

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Elcut;

4. Acrobat Reader.

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

1. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
2. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
3. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	А-206, Учебная аудитория каф. "ЭППЭ"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, мультимедийный проектор, экран, доска магнитная, оборудование учебное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	А-206, Учебная аудитория каф. "ЭППЭ"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, мультимедийный проектор, экран, доска магнитная, оборудование учебное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	А-015, Учебная лаборатория электрических печей сопротивления	стол учебный, стул, доска меловая, оборудование специализированное
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-206, Учебная аудитория каф. "ЭППЭ"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, мультимедийный проектор, экран, доска магнитная, оборудование учебное, компьютер персональный
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 консультирования	А-206, Учебная аудитория каф. "ЭППЭ"	кресло рабочее, стол преподавателя, стол учебный, стул, мультимедийный проектор, экран, доска магнитная, оборудование учебное, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	А-217, Кабинет сотрудников каф. "ЭППЭ"	кресло рабочее, стеллаж, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Электротехнология

(название дисциплины)

## 5 семестр

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

КМ-1 Введение в электротехнологию. Теплопередача в электротехнологических установках (Тестирование)

КМ-2 Установки резистивного нагрева (Тестирование)

КМ-3 Индукционный и диэлектрический нагрев (Тестирование)

КМ-4 Дуговой, плазменный нагрев и лучевые виды нагрева (Тестирование)

**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	15
1	Введение в электротехнологию					
1.1	Введение в электротехнологию		+			
2	Теплопередача в ЭТУ					
2.1	Теплопередача в ЭТУ		+			
3	Электрические печи сопротивления (ЭПС). Электрооборудование ЭПС.					
3.1	Электрические печи сопротивления (ЭПС). Электрооборудование ЭПС.			+	+	+
4	Индукционный и диэлектрический нагрев					
4.1	Индукционный и диэлектрический нагрев			+	+	+
5	Установки дугового нагрева					
5.1	Установки дугового нагрева			+	+	+
6	Плазменный нагрев. Установки электронно- лучевого и лазерного нагрева. Печи электрошлакового переплава.					
6.1	Плазменный нагрев. Установки электронно- лучевого и лазерного нагрева. Печи электрошлакового переплава.			+	+	+
Вес КМ, %:			25	25	25	25