

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)**

Утверждаю:

Проректор по учебной работе

Павлов В.Н.

2016 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

«ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ»

для подготовки аспирантов по направлению

13.06.01 – «Электро- и теплотехника»

по направленности

«Электротехнология»

Санкт-Петербург

2016

## СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

№№ учебных планов:	4913100, 5913100, 6913100
Обеспечивающий факультет:	ФЭА
Обеспечивающая кафедра:	ЭТПТ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	3
Курс	4
Семестр	8
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	2
Практические занятия (академ. часов)	0
Лабораторные занятия (академ. часов)	0
Все аудиторные (контактные) занятия (академ. часов)	2
Самостоятельная работа (академ. часов)	106
Всего (академ. часов)	108
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Экзамен (семестр)	8

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Электротехнологической и преобразовательной техники 06.04.2016 г., протокол № 2.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией факультета Электротехники и автоматики 27.04.2016 г., протокол № 8.

## **АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ»**

В курсе «Электротехнология» рассматриваются процессы и установки для выполнения таких технологических процессов, которые основаны на явлениях, возникающих при прохождении электрического тока в твердых, жидких и газообразных средах, и происходящих при этом преобразованиях энергии электромагнитного поля. Изучаются теоретические основы этих методов и промышленное использование.

## **SUBJECT SUMMARY «ELECTROTECHNOLOGY»**

In the course "Electrotechnology" focuses on the processes and systems for implementation of such technological processes, which are based on phenomena that occur when passing an electrical current in solid, liquid and gas environments, and the ongoing transformation of energy electro-magnetic fields. The theoretical foundations of these methods and industrial use examine.

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Изучение основ работы электротехнологических процессов и систем, а так же законов, описывающих явления, лежащих в их основе. Умение использовать полученные знания на практике.

2. Формирование и приобретение навыков в выборе электротехнологического процесса и оборудования для заданной технологии и заданного материала и умение пользоваться характеристиками электротехнологических процессов для выбора соответствующего оборудования.

3. Освоение аспирантами знаний основных электротехнологических процессов и установок для их осуществления, а так же технико-экономических законов их использования и области их применения.

Перечень компетенций, в формировании которых участвует дисциплина, приведен в матрице компетенций, прилагаемой к ООП.

Настоящая программа составлена на основе «Программы кандидатских экзаменов по истории и философии науки, иностранному языку и специальным дисциплинам», утвержденной приказом Минобрнауки России от 8 октября 2007 г. № 274 (зарегистрирован Минюстом России 19 октября 2007 г., регистрационный № 10363).

## МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Электротехнология» относится к вариативной части ООП. Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Преобразование и использование электрической энергии и электротехнической информации»;

2. «Высокочастотная поверхностная закалка машиностроительных деталей»,

и обеспечивает подготовку выпускной научной квалификационной работы (диссертации).

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Введение** (1 академ. час)

Содержание, цель и значение дисциплины в подготовке аспирантов, ее связь с другими дисциплинами и подготовкой кандидатской диссертации. Общая классификация решаемых задач.

### **1. Научно-технические основы электротехнологий** (6 академ. часа)

Современные проблемы использования электрической энергии для технологических процессов. Классификация электротехнологических установок. Основные методы преобразования электрической энергии в тепловую, их эффективность и распространенность в современных технологических процессах. Перспективные направления в использовании электроэнергии для технологических процессов.

### **2. Физические принципы и техническая реализация современных электротехнологических установок** (30 академ. часов)

Эффект теплообразования при прохождении электрического тока по проводнику. Основные законы теплопередачи от элемента сопротивления к объекту нагрева. Электрические печи сопротивления. Электрический дуговой разряд как источник тепла. Дуговые печи прямого и косвенного действия. Дуговые вакуумные печи. Перенос и преобразование энергии в электромагнитном поле. Плоская волна, скин-эффект. Процесс взаимодействия электромагнитного поля с металлом. Принцип индукционного нагрева. Канальные и тигельные печи индукционного нагрева. Установки сквозного нагрева. Высокочастотный нагрев диэлектриков и полупроводников. Установки зонной плавки. Электронно-лучевая высоковакуумная печь для переплава особо чистой стали и тугоплавких материалов.

### **3. Процессы и установки для сварки и улучшения свойств материалов** (10 академ. часов)

Электродуговая сварка. Особенности формирования сварочных дуг. Источники питания сварочных дуг. Плазменно-дуговая сварка и резка металлов.

Физические основы плазменной сварки и резки металлов. Контактная сварка. Физические основы электрической контактной сварки. Стыковая сварка. Точечная сварка. Шовная сварка. Электрооборудование установок контактной сварки. Плазменная техника и технология. Промышленные лазеры. Физические основы лазерной техники. Принцип действия и характеристики газовых лазеров, лазерные технологии. Ультразвуковые установки и методы сварки, очистки и интенсификации технологических процессов.

#### **4. Электротехнологические процессы в экологии (6 академ. часа)**

Перспективы использования электротехнологических процессов для улучшения окружающей среды. Состояние и темпы загрязнения воздушной и водной среды промышленными и бытовыми отходами. Основные электрофизические и электротехнологические методы очистки окружающей среды. Очистка воздушной и водной среды посредством озона. Основные электрофизические методы получения озона. Плазмохимические методы нейтрализации и разложения токсичных газов. Методы деструкции радиоактивных отходов.

#### **5. Источники электропитания электротехнологических установок (18 академ. часов)**

Источники питания электротехнологических установок с первичной энергией в виде электросети промышленной частоты. Источники питания для дуговых и рудно-термических печей, выбор печных трансформаторов, методы регулирования мощности в печах. Системы управления режимом работы источника питания. Источники питания постоянного тока для электротехнологических установок. Основные схемы выпрямления, регулирования тока и напряжения источников питания. Формирование падающих вольт-амперных характеристик источников. Условия совместимости источников питания с первичной сетью. Источники питания звуковой и ультразвуковой частот для установок индукционного нагрева. Особенности построения схем инвертирования тока и выбор элементной базы для полупроводниковых источников питания печей индукционного нагрева. Ламповые генераторы. Основные схемы генерации и регулирования мощности. Генераторные триоды, параметры ламповых генераторов.

## **6. Автоматическое управление электротехнологическими процессами** (10 академ. часов)

Принципы и задачи автоматического управления электротехнологическими установками. Импульсные и непрерывные методы регулирования режимов электротехнологических установок. Программное управление. Понятие о самонастраивающихся системах управления. Автоматическое управление индукционными электротехнологическими установками. Управление плавильными установками промышленной частоты. Принцип управления индукционными установками на средних частотах. Управление высокочастотными установками с ламповыми генераторами.

## **7. Особенности математического моделирования электротехнологических процессов** (26 академ. часов)

Структура и физический смысл основных уравнений, описывающих электротехнологические и электрофизические процессы (уравнения стационарной и нестационарной теплопроводности, баланса энергии, движения и неразрывности). Уравнения электромагнитного поля (Максвелла, цепные задачи). Плоские и цилиндрические задачи, граничные и начальные условия. Нелинейный характер уравнений и итерационный метод их решения. Элементы вычислительной математики: метод конечных элементов, конечных разностей, контрольного объема. Аппроксимирующие функции. Конструирование дискретного аналога уравнений. Обеспечение устойчивости и сходимости решения. Метод прямой и обратной прогонки. Основные законы подобия и моделирования процессов в электротермических установках. Использование физического, математического и численного моделирования для решения задач электрического нагрева и его оптимизации. Специфика языков программирования. Системы автоматического проектирования в электротермии.

### **Заключение** (1 академ. час)

Обобщение лекционного материала. Подведение итогов.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№	Название, библиографическое описание	Семестр	К-во экз. в библ. (на каф.)
<b>Основная литература</b>			
1	Теоретические основы и аспекты электротехнологий. Физические принципы и реализация. Интенсивный курс Основы I. Учеб. пособие / Алиферов А.И., Бааке Э., Барглик Д., Галунин С.А. и др. // СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 359 с.	8	20 (10)
2	Источники питания. Математическое моделирование и оптимизация. Интенсивный курс Основы II. Учебное пособие. / Бааке Э., Барглик Д., Долега Д., Лупи С., и др. // СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 324 с.	8	20 (10)
3	Технологии индукционного нагрева. Интенсивный курс Специализация I. / Алиферов А.И., Бааке Э., Барглик Д., Галунин С.А. и др. // СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 172 с.	8	20 (10)
4	Теория и практика применения дуговых печей. Интенсивный курс Специализация II. / Алиферов А.И., Барглик Д., Горева Л.П., Лупи С. и др. // СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 234 с.	8	20 (10)
5	Оптимизация и управление электротехнологическими системами. Интенсивный курс Специализация III. Учебное пособие. / Алиферов А.И., Бааке Э., Барглик Д., Бикеев Р.А. и др. // СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 266 с.	8	20 (10)
6	МГД технологии в металлургии. Интенсивный курс Специализация IV. Учебное пособие. / Бааке Э., Барглик Д., Лупи С., Никаноров А. и др. // СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 250 с.	8	20 (10)
<b>Дополнительная литература</b>			
1	Фомичев Е.П. Электротехнологические установки: Учебник для вузов. – Киев: Высшая школа, 1979. – 333 с.	8	3

2	Электротехнологические промышленные установки. Уч. пособие для вузов. И.П. Автюкова, Л.С. Кацевич, Н.М. Некрасова, А.Д. Свенчанский, под ред. А.Д. Свенчанского, М., Энеоглизжат, 1982, 400 с.	8	74
3	Электротехнологические промышленные установки: Для студентов вузов. – Под редакцией А. Д, Свенчанского, – М., Энергоиздат, 1982. – 295 с.	8	2
4	Болотов А.В., Шепель Г.А. Электротехнологические установки: Учебник для вузов. – М: Высшая школа, 1988. – 333 с.	8	2

Зав. отделом учебной литературы *Кисса* Т.В. Киселева  
02.10.2017

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети  
«Интернет», используемых при освоении дисциплины**

№	Электронный адрес
1	<a href="http://interm.su/">http://interm.su/</a>
2	<a href="http://www.ccimlab-leti.ru">http:// www.ccimlab-leti.ru</a>

Информационные технологии (операционные системы, программное обеспечение общего и специализированного назначения, а также информационные справочные системы) и материально-техническая база, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, соответствуют требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Описание информационных технологий и материально-технической базы приведено в УМКД дисциплины.

Конкретные формы и процедуры текущего контроля знаний и промежуточной аттестации, включая перечень экзаменационных вопросов (Приложение 1), а также методические указания для обучающихся по самостоятельной работе при освоении дисциплин (содержащиеся в ООП) доводятся до сведения обучающихся на первом занятии.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**Разработчик**

к.т.н., доц.



Галунин С. А.

**Рецензент**

д.т.н., проф.



Гончаров В. Д.

**Зав. каф. ЭТПТ**

д.т.н., проф.



Блинов Ю. И.

**Декан ФЭА**

к.т.н., доц.



Сентябрев Ю. В.

**Согласовано**

**Председатель УМК ФЭА**

к.т.н., доц.



Сентябрев Ю. В.

**Начальник МО**

д.т.н., проф.



Грязнов А. Ю.

**Заведующий ОДА**

к.т.н.



Погодин А.А.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№	Дата	Изменение	Дата заседания УМК, № прот-ла	Автор	Нач. МО
1					

**ПЕРЕЧЕНЬ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ**

1. Перспективные направления в использовании электроэнергии для технологических процессов.
2. Классификация электротехнологических процессов.
3. Преобразование электрической энергии в другие виды энергии.
4. Эффект теплообразования при прохождении электрического тока по проводнику.
5. Основные соотношения для нагрева методом сопротивления.
6. Конструктивные схемы печей косвенного нагрева.
7. Электрический дуговой разряд как источник тепла.
8. Характеристики дугового разряда.
9. Особенности теплообразования и теплопередачи в дуговых печах.
10. Конструктивные схемы дуговых печей.
11. Перенос и преобразование энергии в электромагнитном поле.
12. Плоская волна, скин-эффект.
13. Процесс взаимодействия электромагнитного поля с металлом.
14. Электромагнитные явления в металлах с постоянной магнитной проницаемостью.
15. Принцип индукционного нагрева.
16. Коэффициент полезного действия и коэффициент мощности системы «индуктор – металл».
17. Процессы индукционного нагрева (нагрев, закалка, пайка, сварка).
18. Индукционные тигельные печи.
19. Индукционные канальные печи.
20. Диэлектрики в переменном электрическом поле.
21. Нагрев диэлектриков в электрическом поле высокой частоты.
22. Установки электронно-лучевого нагрева.
23. Плазма и ее разновидности.
24. Особенности использования холодной плазмы в электротехнологических установках.
25. Электродуговая сварка.
26. Особенности формирования сварочных дуг.
27. Плазменно-дуговая сварка и резка металлов.
28. Физические основы плазменной сварки и резки металлов.
29. Контактная сварка. Физические основы электрической контактной сварки.
30. Основы ультразвуковой техники.

31. Технологические применения ультразвуковых колебаний.
32. Промышленные лазеры.
33. Физические основы лазерной техники.
34. Перспективы использования электротехнологических процессов для улучшения окружающей среды.
35. Основные электрофизические и электротехнологические методы очистки окружающей среды.
36. Источники питания электротехнологических установок с первичной энергией в виде электросети промышленной частоты.
37. Принципы и задачи автоматического управления электротехнологическими установками.
38. Понятие о самонастраивающихся системах управления.
39. Структура и физический смысл основных уравнений, описывающих электротехнологические и электрофизические процессы.
40. Методы расчета систем «индуктор – металл».
41. Системы автоматического проектирования в электротермии.