

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



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
**«ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ПОВЕРХНОСТНАЯ ЗАКАЛКА  
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ»**  
для подготовки аспирантов по направлению  
13.06.01 – «Электро- и теплотехника»  
по направленности  
«Электротехнология»

Санкт-Петербург

2017

## **СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**

№№ учебных планов: 7913100

Обеспечивающий факультет: ФЭА

Обеспечивающая кафедра: ЭТПТ

Общая трудоемкость (ЗЕТ) 3

Курс 1

Семестр 2

### **Виды занятий**

Лекции (академ. часов) 36

Все аудиторные (контактные) занятия (академ. часов) 36

Самостоятельная работа (академ. часов) 72

Всего (академ. часов) 108

### **Вид промежуточной аттестации**

Дифференцированный зачет (семестр) 2

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Электротехнологической и преобразовательной техники 21.06.2017 г., протокол № 5.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией факультета Электротехники и автоматики 27.06.2017 г., протокол № 9.

**АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ПОВЕРХНОСТНАЯ ЗАКАЛКА**  
**МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ»**

Дисциплина знакомит аспирантов с технологией высокочастотной поверхностной закалки машиностроительных деталей. Особое внимание уделено основам расчета индукторов, выбору частоты и конструкции установок высокочастотной поверхностной закалки. Затронуты вопросы численного моделирования и оптимального управления процессом высокочастотной поверхностной закалки.

**SUBJECT SUMMARY**  
**«HIGH-FREQUENCY SURFACE HARDENING**  
**OF ENGINEERING PARTS»**

The subject is introduces of PhD students with the technology of high-frequency surface hardening of engineering parts. Particular attention is given to the basis of calculation of inductors, selection of frequency and design of high-frequency surface hardening installation. Discussed the numerical modeling and optimal control of high-frequency surface hardening process.

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Изучение современной техники и технологии высокочастотной поверхностной закалки. Умение использовать полученные знания на практике.
2. Формирование и приобретение навыков численного моделирования процессов, возникающих при высокочастотной поверхностной закалке.
3. Освоение аспирантами знаний теоретической базы в области высокочастотной поверхностной закалки машиностроительных деталей.

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 «Высокочастотная поверхностная закалка машиностроительных деталей» относится к вариативной части ООП. Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

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

и обеспечивает подготовку выпускной научной квалификационной работы (диссертации).

# **СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

## **Введение (2 академ. час).**

Содержание, цель и значение дисциплины в подготовке аспирантов, ее связь с другими дисциплинами и подготовкой кандидатской диссертации. Обзор процессов термообработки машиностроительных деталей. Преимущества высокочастотной термической обработки. Современные применения высокочастотной поверхностной закалки в промышленности.

## **1. История зарождения и развития высокочастотной поверхностной закалки (4 академ. часа).**

История создания и развития кафедры электротехнологической и преобразовательной техники. История зарождения и развития высокочастотной поверхностной закалки. Вклад ученых СПбГЭТУ «ЛЭТИ» в развитие процессов и установок высокочастотной поверхностной закалки. Роль высокочастотной закалки в приближении победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 г.г.

## **2. Технология высокочастотной поверхностной закалки машиностроительных деталей (30 академ. часов).**

Физические основы индукционного нагрева. Основные физические законы и явления при индукционном нагреве. Принцип высокочастотной поверхностной закалки. Закономерности нагрева. Структурные превращения углеродистой стали при высокоинтенсивном нагреве. Статические и динамические фазовые диаграммы железо – углерод. Охлаждение и структурные превращения при охлаждении. Напряжения и деформации. Отпуск закаленных изделий.

## **3. Основы расчета установок высокочастотной поверхностной закалки (20 академ. часов)**

Составные части установки. Типовые конструкции индукторов для поверхностной закалки. Определение зоны нагрева. Выбор частоты. Напряжение на индукторе. Расчетные параметры индуктора. Расчет индуктора. Расчет подводящих шин. Применение магнитопроводов. Охлаждение индуктора.

#### **4. Численное моделирования и оптимальное управления процессом высокочастотной поверхностной закалки (50 академ. часов)**

Особенности численного моделирования высокочастотной поверхностной закалки. Численная модель электромагнитных процессов. Численная модель тепловых процессов при нагреве детали. Численная модель тепловых процессов при охлаждении. Численная модель структурных превращений в стали. Методы оптимального управления процессом высокочастотной закалки.

#### **Заключение (2 академ. часа)**

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.	2	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.	2	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.	2	20 (10)
4	Царевский В. В., Злобина М.В., Галунин С. А. Теория теплопроводности при индукционном нагреве. Аналитическое представление: Уч. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2009. 64 с.	2	38 (12)
5	Индукторы для индукционного нагрева / А.Е. Слухоцкий, С.Е. Рыскин. Л.: Энергия, 1974. 264 с.	2	80 (2)
<b>Дополнительная литература</b>			
1	Численные методы в теории индукционного нагрева: монография / В.Б.Демидович, Ф.В.Чмиленко. – СПб.: Технолит, 2008. 249 с.	2	48 (3)
2	Установки индукционного нагрева: учеб. пособие для ВУЗов / А.Е. Слухоцкий, Н.А. Павлов, А.В. Бамунер. Л.: Энергоиздат, 1981. 328 с.	2	24 (3)
3	А.Д. Свенчанский. Электротехнологические промышленные установки, М.: Энергоатомиздат, 1982.	2	74 (6)

Зав. отделом учебной литературы

Киселева  
02.10.2017.

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

<b>№</b>	<b>Электронный адрес</b>
1	<a href="http://www.interm.su">http://www.interm.su</a>
2	Пакет для моделирования электротепловых полей Elcut ( <a href="http://elcut.ru/">http://elcut.ru/</a> )
3	Программа для моделирования электромагнитных полей FEMM ( <a href="http://www.femm.info/">http://www.femm.info/</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, 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

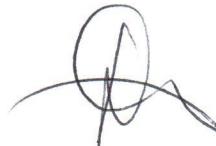
д.т.н., проф.



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.ф.-м.н.



Кучерова О. В.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

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