

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»  
Кафедра «Автоматизированные электротехнологические установки и системы»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

### **Б1.В.ОД.7 ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНАЯ ДИСЦИПЛИНА)**

направления подготовки аспирантов  
*13.06.01 «Электро- и теплотехника»*  
Направленность - Электротехнология

Квалификация – «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

форма обучения – очная

курс – 4

семестр – 7

зачетных единиц – 4

часов в неделю – 2

всего часов – 36

в том числе:

лекции – 18

коллоквиумы – нет

практические занятия – нет

лабораторные занятия – нет

самостоятельная работа – 18

зачет – нет

экзамен – 7 семестр

РГР – нет

курсовая работа – нет

курсовой проект – нет



## 1. Цели и задачи дисциплины

**Цель:** формирование знаний профессионального мастерства в избранной области научных исследований у аспирантов, теоретического и практического владения основами электротехнологии.

### **Задачи:**

- изучить теоретические и прикладные вопросы современной электротехнологии;
- овладение методами и методиками научного исследования и Экспериментальных исследований в области современной электротехнологии, в том числе по выбранному научному направлению НКР;
- проявить умение критически анализировать, оценивать и обобщать результаты современных научных достижений электротехнологии и использовать их для генерирования собственных научных идей для планирования и решения оригинальных исследовательских и практических задач.

## 2. Место дисциплины структуре ОПОП аспирантуры

«Электротехнология» относится к Блоку обязательных дисциплин ООП по направлению подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника»  
Направленность - Электротехнология. Экзамен «Электротехнология» сдается в 7 семестре.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций: ОПК-1, ОПК-2; ОПК-3; ОПК-5; ПК -1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5.

### **Общепрофессиональные компетенции:**

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владение культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);

- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);

- готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-5).

**Профессиональные компетенции:**

- способность планировать цели и ставить задачи исследований в области электротехнологии, самостоятельно выполнять научные исследования (ПК-1);

- способность проводить экспериментальную работу, обрабатывать и представлять результаты исследования (ПК-2);

- способность выбирать и применять методы математического моделирования для поиска оптимального решения задач исследования (ПК-3);

- способность определять экономическую эффективность, оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности исследований и разрабатываемых электротехнологий (ПК-4);

- способность к реализации всех видов учебной деятельности по основным образовательным программам в области электротехнологии (ПК-5).

**Аспирант должен *знать*:**

научно-технические основы электротехнологий, физические принципы реализации современных электротехнологических установок, процессы и установки для сварки и улучшения свойств материалов, электротехнологические процессы в экологии, источники электропитания электротехнологических установок, автоматическое управление электротехнологическими процессами, особенности математического моделирования электротехнологических процессов

Аспирант должен *уметь*: применять полученные знания при решении задач синтеза, проектирования, модернизации современных электротехнологических установок.

Аспирант должен *владеть*: инструментарием для решения математических задач применительно к решению электротехнологических задач; средствами компьютерной техники и информационных технологий.

**4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам  
и видам занятий**

№ мо- ду- ля	№ неде- ли	№ те- мы	Наименование темы	Часы				
				Всего	Лек- ции	Лабо- ратор- ные	Прак- ти- чес- кие	СР С
1	1-2	1	Научно-технические основы электротехно- логий		2			
	3-6	2	Физические принципы и техническая реализа- ция современных элект- ротехнологических установок		4			9
	7-8	3	Процессы и установки для сварки и улучше- ния свойств материалов		2			
2	9-12	4	Электротехнологиче- ские процессы в эколо- гии Перспективы использо- вания электротехноло- гических		4			9

	13-14	5	Источники электропитания электротехнологических установок		2		-	
	15-16	6	Автоматическое управление электротехнологическими процессами		2			
	17-18	7	Особенности математического моделирования электротехнологических процессов		2			
				36	18		18	18

### 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	1	Научно-технические основы электротехнологий Современные проблемы использования электрической энергии для технологических процессов. Основные виды продукции с предпочтительным производством на электротехнологических установках. Классификация электротехнологических установок. Электротехнологические установки с тепловым процессом формирования тре-	1, 2, 3, 7

			<p>буемого качества продукции. Основные методы преобразования электрической энергии в тепловую, их эффективность и распространенность в современных технологических процессах. Основные законы подобия и моделирования процессов в электротермических установках. Использование физического, математического и численного моделирования для решения задач электрического нагрева и его оптимизации.</p> <p>Перспективные направления в использовании электроэнергии для технологических процессов. Географические, экономические и экологические аспекты использования электротехнологий.</p>	
2	13	2-3	<p>Физические принципы и техническая реализация современных электротехнологических установок</p> <p>Эффект теплообразования при прохождении электрического тока по проводнику. Сопротивление проводника. Особенности тепловыделения в сопротивлении. Основные законы теплопередачи от элемента сопротивления к объекту нагрева. Влияние геометрии рабочего пространства и третьих тел на теплопередачу. Основные методы расчета стационарных и нестационарных тепловых полей. Реше-</p>	1, 2, 3, 8

			<p>ние тепловых задач с внутренними источниками тепла.</p> <p>Электрические печи сопротивления. Основные виды и конструкции электрических цепей сопротивления. Печи с нагревательными элементами, прямого действия, электродно-соляная ванна, печь электрошлакового переплава. Тепловой расчет печей периодического действия. Тепловой расчет печей методического действия. Расчет нагревателей среднетемпературных и высокотемпературных печей. Особенности конструкции нагревателей с теплоотдачей преимущественно излучением. Особенности теплового расчета электрических печей с принудительной циркуляцией атмосферы. Расчет электрических нагревателей с преимущественно конвективной теплоотдачей. Методы измерения и регулирования температур в электрических печах.</p>	
3	2	4	<p>Процессы и установки для сварки и улучшения свойств материалов</p> <p>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</p>	<p>1, 2, 3, 7</p> <p>1, 2, 3, 7</p>



		<p>электрической контактной сварки. Стыковая сварка. Точечная сварка. Шовная сварка. Электрооборудование установок контактной сварки.</p> <p>Плазменная техника и технология. Основные типы и классификация плазмотронов атмосферного давления. Основные виды плазменных технологий (резка, плавка, сварка, напыление, плазмохимия, нанопорошки). Плазменно-ионные технологии и устройства (травление, очистка, нанесение покрытий, полировка). Приэлектродные явления и теплообмен в электродных пятнах, условия устойчивости горения электрических дуг. Математическое моделирование и расчет плазмы, плазмотронов и плазменных технологий (уравнение энергии и движения, электромагнитные задачи).</p> <p>Электроэрозионные и анодно-механические методы обработки металлов. Электроэрозионная обработка металлов. Параметры импульсных разрядов. Основные операции, выполняемые электроэрозионным методом. Импульсные генераторы для электроэрозионной обработки. Анодно-механическая обработка металлов. Основы анодно-механической обработки. Разновидности анодно-механической обработки.</p> <p>Электрогидравлические и маг-</p>	
--	--	--	--

		<p>нитно-импульсные методы обработки. Установки для электрогидравлической обработки. Физические процессы, происходящие при высоковольтном электрическом разряде в жидкости. Генераторы импульсов тока. Технологическое использование электрического разряда в жидкости. Магнитно-импульсная обработка металлов. Физические основы магнитно-импульсной обработки металлов. Элементы оборудования установок магнитно-импульсной обработки. Характеристики операции магнитно-импульсной обработки.</p> <p>Промышленные лазеры. Физические основы лазерной техники. Принцип действия и характеристики газовых лазеров, лазерные технологии.</p> <p>Ультразвуковые установки и методы сварки, очистки и интенсификации технологических процессов.</p>	
--	--	--	--

4	13	5-6	<p>Электротехнологические процессы в экологии</p> <p>Перспективы использования электротехнологических процессов для улучшения окружающей среды. Состояние и темпы загрязнения воздушной и водной среды промышленными и бытовыми отходами.</p>	<p>1, 2, 3, 8 1, 2, 3, 8 1, 2, 3, 6</p>
5	2	7	<p>Источники электропитания электротехнологических установок</p> <p>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.</p> <p>Источники питания постоянного тока для электротехнологических установок. Основные схемы выпрям-</p>	<p>1, 2, 3, 7</p>

		<p>ления, регулирования тока и напряжения источников питания. Формирование падающих вольт-амперных характеристик источников. Условия совместности источников питания с первичной сетью.</p> <p>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.</p> <p>Магнетронные источники питания сверхвысокой частоты для целей нагрева.</p>	
--	--	---	--

6	2	8	<p>Автоматическое управление электро-технологическими процессами</p> <p>Принципы и задачи автоматического управления электротехнологическими установками. Импульсные и непрерывные методы регулирования режимов электротехнологических установок. Программное управление. Понятие о самонастраивающихся системах управления.</p> <p>Автоматическое управление электропечами сопротивления. Позиционные регуляторы температуры. Динамика систем непрерывного регулирования температуры. Расчет и настройка регуляторов температуры. Современные типовые регуляторы температуры.</p> <p>Автоматическое управление индукционными электротехнологическими установками. Управление плавильными установками промышленной частоты. Принцип управления индукционными установками на средних частотах. Управление высокочастотными установками с ламповыми генераторами.</p> <p>Автоматическое управление режимами дуговых сталеплавильных печей. Сталеплавильная печь как объект регулирования. Задачи управления. Промышленные регуляторы дуговых сталеплавильных печей. Системы</p>	1, 2, 3, 8
---	---	---	---	------------

		<p>комплексного управления дуговыми печами с применением ЭВМ. Автоматическое регулирование рудовосстановительных печей.</p> <p>Автоматическое управление вакуумными дуговыми печами. Требования к автоматической системе ведения плавки. Автоматические регуляторы длины дуги и мощности нагревателя печи.</p> <p>Автоматическое управление электрошлаковыми печами. Режимы работы электрошлаковой печи и выбор параметров регулирования.</p> <p>Автоматическое управление плазменными, электронно-лучевыми и лазерными установками.</p>	
--	--	--	--

7	2	9	<p>Особенности математического моделирования электротехнологических процессов</p> <p>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).</p> <p>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.</p> <p>Аппроксимирующие функции. Конструирование дискретного аналога уравнений. Обеспечение устойчивости и сходимости решения. Метод прямой и обратной прогонки.</p> <p>Специфика языков программирования. Системы автоматического проектирования в электротермии.</p>	
---	---	---	---	--

## 6. Коллоквиум

Коллоквиум не предусмотрен учебным планом

## 7. Перечень практических занятий

Практические занятия не предусмотрены

## 8. Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом

## 9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Литература
2-3	9	Электрический дуговой разряд как источник тепла. Параметры электрической дуги высокого и низкого давления. Влияние внешней среды на процессы тепло- и массопереноса и процесс преобразования энергии в электрических дугах. Приэлектродные процессы в электрических дугах. Коронный, барьерный, тлеющий разряды. Методы расчета электрических цепей с дуговыми разрядами в контуре цепи. Вольт-амперная характеристика электрической дуги постоянного и переменного тока. Устойчивость системы с дуговым разрядом. Устойчивость дугового разряда при наличии возмущений. Влияние материала электродов и среды на устойчивость дугового разряда.	1, 2, 3, 6



5-6	9	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. нейтрализации и разложения токсичных газов. Методы деструкции радиоактивных отходов.нейтрализации и разложения токсичных газов. Методы деструкции радиоактивных отходов.	1, 2, 3, 6
-----	---	---	------------

### **10. Расчетно-графическая работа**

Расчетно-графическая работа не предусмотрена учебным планом.

### **11. Курсовая работа**

Курсовая работа не предусмотрена учебным планом.

### **12. Курсовой проект**

Курсовой проект не предусмотрен учебным планом.

### **13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).**

В рамках изучения дисциплины должны быть освоены следующие компетенции: ОК-1,2,3,5; ПК-1,3. Компетенции формируются в процессе освоения образовательной программы последовательно и взаимосвязано. Показателями выработки этих компетенций являются результаты работы аспиранта на лекционных и практических занятиях. Критерии оценивания компетенции устанавливаются преподавателем в соответствии с его педагогиче-

ским опытом и мастерством и включают в себя систему оценок: «освоил», «не освоил», оценки при отчетах.

### **Вопросы для зачета**

Зачет не предусмотрен учебным планом.

### **Вопросы для экзамена**

#### **(Содержание программы кандидатского экзамена)**

#### **1. Научно-технические основы электротехнологий**

Современные проблемы использования электрической энергии для технологических процессов. Основные виды продукции с предпочтительным производством на электротехнологических установках. Классификация электротехнологических установок. Электротехнологические установки с тепловым процессом формирования требуемого качества продукции. Основные методы преобразования электрической энергии в тепловую, их эффективность и распространенность в современных технологических процессах. Основные законы подобия и моделирования процессов в электротермических установках. Использование физического, математического и численного моделирования для решения задач электрического нагрева и его оптимизации.

Перспективные направления в использовании электроэнергии для технологических процессов. Географические, экономические и экологические аспекты использования электротехнологий.

#### **2. Физические принципы и техническая реализация современных электротехнологических установок**

Эффект теплообразования при прохождении электрического тока по проводнику. Сопротивление проводника. Особенности тепловыделения в сопротивлении. Основные законы теплопередачи от элемента сопротивления к объекту нагрева. Влияние геометрии рабочего пространства и третьих тел на теплопередачу. Основные методы расчета стационарных и нестационарных

нарных тепловых полей. Решение тепловых задач с внутренними источниками тепла.

Электрические печи сопротивления. Основные виды и конструкции электрических цепей сопротивления. Печи с нагревательными элементами, прямого действия, электродно-соляная ванна, печь электрошлакового переплава. Тепловой расчет печей периодического действия. Тепловой расчет печей методического действия. Расчет нагревателей среднетемпературных и высокотемпературных печей. Особенности конструкции нагревателей с теплоотдачей преимущественно излучением. Особенности теплового расчета электрических печей с принудительной циркуляцией атмосферы. Расчет электрических нагревателей с преимущественно конвективной теплоотдачей. Методы измерения и регулирования температур в электрических печах.

Электрический дуговой разряд как источник тепла. Параметры электрической дуги высокого и низкого давления. Влияние внешней среды на процессы тепло- и массопереноса и процесс преобразования энергии в электрических дугах. Приэлектродные процессы в электрических дугах. Коронный, барьерный, тлеющий разряды. Методы расчета электрических цепей с дуговыми разрядами в контуре цепи. Вольт-амперная характеристика электрической дуги постоянного и переменного тока. Устойчивость системы с дуговым разрядом. Устойчивость дугового разряда при наличии возмущений. Влияние материала электродов и среды на устойчивость дугового разряда.

Плазма и ее разновидности. Особенности использования холодной плазмы в электротехнологических установках.

Дуговые (в том числе рудно-термические и плазменно-дуговые) печи прямого и косвенного действия. Особенности теплообразования и теплопередачи в дуговых печах. Технологические процессы выплавки стали в дуговых печах. Расчет электрических процессов в дуговой печи. Тепловой расчет и энергетический баланс процессов в дуговой печи. Источники питания и электрооборудование дуговой печи. Расчет и проектирование коротких сетей. Дуговая печь как нагрузка электрической сети. Современные тенденции в развитии систем электропитания и повышении эффективности тепловых процессов в дуговых печах.

Особенности тепловых процессов в рудовосстановительных печах. Область применения, классификация и типы рудовосстановительных печей. Источники питания, электрооборудование, методы электрического расчета энергетического баланса печей. Перспективные направления совершенствования тепловых и энергетических процессов в технологиях рудовосстановительных печей.

Дуговые вакуумные печи. Особенности технологических процессов плавки в вакуумных печах. Гарнисажные дуговые вакуумные печи.

Перенос и преобразование энергии в электромагнитном поле. Плоская волна, скин-эффект. Процесс взаимодействия электромагнитного поля с металлом. Электромагнитные явления в металлах с постоянной магнитной проницаемостью. Принцип индукционного нагрева. Методы расчета систем «индуктор - металл». Коэффициент полезного действия и коэффициент мощности системы «индуктор - металл». Электродинамические процессы в ферромагнитных телах. Источники питания индукционных установок. Механические усилия в электродинамических системах. Взаимодействия электромагнитного поля с плазмой и расплавленным металлом.

Канальные и тигельные печи индукционного нагрева. Физические основы индукционного нагрева. Индукционные плавильные тигельные печи. Расчет основных параметров тигельной печи. Магнитогидродинамические процессы в ванне печи. Энергетический баланс установки. Источники питания и электрооборудование тигельных печей. Особенности расчета индукционных печей. Энергетический баланс канальной печи. Электродинамические явления в каналах печей. Установки индукционного нагрева на средних и высоких частотах. Установки сквозного нагрева. Выбор основных параметров установок сквозного нагрева.

Источники питания и электрооборудование на средних частотах. Индукционная поверхностная закалка. Выбор основных параметров установок индукционной закалки. Ламповые генераторы. Режимы работы ламповых генераторов. Высокочастотный нагрев диэлектриков и полупроводников. Установки зонной плавки.

Электронно-лучевая высоковакуумная печь для переплава особо чистой стали и тугоплавких материалов Мощные электронные пушки. Харак-

теристики оптической системы электронных пушек. Электронные установки зонной очистки металлов и выращивание монокристаллов. Электронные испарительные установки. Тепловой расчет и энергетические характеристики электронно-лучевых установок.

### 3. Процессы и установки для сварки и улучшения свойств материалов

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. Основные типы и классификация плазмотронов атмосферного давления. Основные виды плазменных технологий (резка, плавка, сварка, напыление, плазмохимия, нанопорошки). Плазменно-ионные технологии и устройства (травление, очистка, нанесение покрытий, полировка). Приэлектродные явления и теплообмен в электродных пятнах, условия устойчивости горения электрических дуг. Математическое моделирование и расчет плазмы, плазмотронов и плазменных технологий (уравнение энергии и движения, электромагнитные задачи).

Электроэрозионные и анодно-механические методы обработки металлов. Электроэрозионная обработка металлов. Параметры импульсных разрядов. Основные операции, выполняемые электроэрозионным методом. Импульсные генераторы для электроэрозионной обработки. Анодно-механическая обработка металлов. Основы анодно-механической обработки. Разновидности анодно-механической обработки.

Электрогидравлические и магнитно-импульсные методы обработки. Установки для электрогидравлической обработки. Физические процессы, происходящие при высоковольтном электрическом разряде в жидкости. Генераторы импульсов тока. Технологическое использование электрического разряда в жидкости. Магнитно-импульсная обработка металлов. Физические основы магнитно-импульсной обработки металлов. Элементы оборудования установок магнитно-импульсной обработки. Характеристики операции магнитно-импульсной обработки.

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

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

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.

Магнетронные источники питания сверхвысокой частоты для целей нагрева.

#### 6. Автоматическое управление электротехнологическими процессами

Принципы и задачи автоматического управления электротехнологическими установками. Импульсные и непрерывные методы регулирования режимов электротехнологических установок. Программное управление. Понятие о самонастраивающихся системах управления.

Автоматическое управление электропечами сопротивления. Позиционные регуляторы температуры. Динамика систем непрерывного регулирования температуры. Расчет и настройка регуляторов температуры. Современные типовые регуляторы температуры.

Автоматическое управление индукционными электротехнологическими установками. Управление плавильными установками промышленной частоты. Принцип управления индукционными установками на средних частотах. Управление высокочастотными установками с ламповыми генераторами.

Автоматическое управление режимами дуговых сталеплавильных печей. Сталеплавильная печь как объект регулирования. Задачи управления. Промышленные регуляторы дуговых сталеплавильных печей. Системы комплексного управления дуговыми печами с применением ЭВМ. Автоматическое регулирование рудовосстановительных печей.

Автоматическое управление вакуумными дуговыми печами. Требования к автоматической системе ведения плавки. Автоматические регуляторы длины дуги и мощности нагревателя печи.

Автоматическое управление электрошлаковыми печами. Режимы работы электрошлаковой печи и выбор параметров регулирования.

Автоматическое управление плазменными, электронно-лучевыми и лазерными установками.

#### 7. Особенности математического моделирования электротехнологических процессов

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.

Специфика языков программирования. Системы автоматического проектирования в электротермии.

### **Тестовые задания по дисциплине**

Имеются тестовые образцы.

### **14. Образовательные технологии**

Компьютер базовой конфигурации для каждого студента: монитор, системный блок, клавиатура, мышь, установленные в локальной сети дисплейного класса программное обеспечение MATHCAD. Использование мультимедийных средств для сопровождения учебного процесса: проектор, экран.

## **15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **Основная литература**

1. Туманов Ю.Н. Электротехнологии нового поколения в производстве неорганических материалов [Электронный ресурс]: экология, энергосбережение, качество/ Туманов Ю.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013.— 807 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24446>.— ЭБС «IPRbooks».



2. Зимин А.М. Управление в плазменных установках [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Зимин А.М.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011.— 88 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31302>.— ЭБС «IPRbooks».

3. Туманов Ю.Н. Плазменные, высокочастотные, микроволновые и лазерные технологии в химико-металлургических процессах [Электронный ресурс]/ Туманов Ю.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010.— 968 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17391>.— ЭБС «IPRbooks».

4. Федоров Б.М. Технология и оборудование лазерной обработки. Часть 2 [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам по курсу «Технология лазерной обработки»/ Федоров Б.М., Смирнова Н.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2014.— 36 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31648>.— ЭБС «IPRbooks».

5. Федосов С.А. Основы технологии сварки [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Федосов С.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Машиностроение, 2011.— 128 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/5227>.— ЭБС «IPRbooks».

#### Дополнительная литература

6. Лупачёв В.Г. Источники питания сварочной дуги [Электронный ресурс]: пособие/ Лупачёв В.Г., Болотов С.В.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2013.— 208 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35489>.— ЭБС «IPRbooks».

7. Ставицкий И.Б. Лабораторный практикум по курсу «Теория электрофизических и электрохимических методов обработки материалов» [Электронный ресурс]: методические указания/ Ставицкий И.Б., Малевский Н.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2010.— 40 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31041>.— ЭБС «IPRbooks».

8. Ковалев О.Б. Физические основы лазерной резки толстых листовых материалов [Электронный ресурс]/ Ковалев О.Б., Фомин В.М.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013.— 256 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24455>.— ЭБС «IPRbooks».

9. Григорьев Б.А. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: учебник для вузов/ Григорьев Б.А., Цветков Ф.Ф.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2011.— 562 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33157>.— ЭБС «IPRbooks».

10. Архипова Н.А. Электрофизические и электрохимические методы обработки поверхностей [Электронный ресурс]/ Архипова Н.А., Блинова Т.А.— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им.

В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2012.— 305 с.— Режим доступа:  
<http://www.iprbookshop.ru/28423>.— ЭБС «IPRbooks».

11. Худобин Л.В. Сверхвысокочастотная энергетика в производстве абразивных инструментов и их работоспособность [Электронный ресурс]/ Худобин Л.В., Веткасов Н.И., Михайлин С.М.— Электрон. текстовые данные.— Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет, 2013.— 313 с.— Режим доступа:  
<http://www.iprbookshop.ru/21542>.— ЭБС «IPRbooks»

### **Интернет-ресурсы**

<http://www.yongscience.ru> – Сайт «Президент России - молодым ученым и специалистам» создан для информационного обеспечения государственных мероприятий по поддержке молодых ученых и специалистов-инноваторов.

<http://www.aspirantura.ru> – Портал для аспирантов «Аспирантура».

<http://www.dissert.h10.ru> – Библиотека диссертаций.

<http://www.vak.ed.gov.ru> – Официальный сайт Высшей аттестационной комиссии.

<http://elibrary.ru> – Научная электронная библиотека, система РИНЦ.

<http://ellib.gpntb.ru/> – Электронная библиотека ГПНТБ России.

<http://cyberleninka.ru/about> – Научная библиотека открытого доступа «КиберЛенинка».

<http://www.scintific.narod.ru/index.htm> – Каталог научных ресурсов.

### **Материально-техническое обеспечение**

- Компьютеры для аспирантов с подключением к системе Интернет;
- мультимедийный проектор и экран.

Для освоения дисциплины в научной библиотеке СГТУ имеется в необходимом количестве основная и дополнительная литература, в том числе учебники, учебно-методические пособия и справочная литература.

**Фонд оценочных средств**

**1. Карта компетенций**

Контролируемые компетенции (шифр компетенции)	Планируемые результаты обучения (знает, умеет, владеет, имеет навык)
<p><b>ОПК-1</b> владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности</p>	<p><b>Знать:</b> методологию теоретических исследований электротехнологических процессов З(ОПК-1)-1.  <b>Знать:</b> методологию экспериментальных исследования электротехнологических процессов и установок З(ОПК-1)-2  <b>Уметь:</b> выполнять теоретические исследования электротехнологических процессов У(ОПК-1)-1  <b>Уметь:</b> выполнять экспериментальные исследования электротехнологических процессов и установок У(ОПК-1)-2  <b>Владеть:</b> навыками проведения теоретических исследования в области электротехнологии В(ОПК-1)-1  <b>Владеть:</b> навыками проведения экспериментальных исследований электротехнологических процессов и установок В(ОПК-1)-2</p>
<p><b>ОПК-2</b> владение культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий</p>	<p><b>Знать:</b> методы научного исследования с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий З(ОПК-2).  <b>Уметь:</b> выполнять научные исследования в области электротехнологии с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий У(ОПК-2)  <b>Владеть:</b> навыками проведения научных исследования в области электротехнологии с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий В(ОПК-2)</p>
<p><b>ОПК-3</b> способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности</p>	<p><b>Знать:</b> способы разработки новых методов исследования в области электротехнологии З(ОПК-3)-1.  <b>Знать:</b> новые методы исследования и их применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области электротехнологии З(ОПК-3)-2.  <b>Уметь:</b> разрабатывать новых методы исследования в области электротехнологии У(ОПК-3)-1  <b>Уметь:</b> применять разработанные новые методы в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области электротехнологии У(ОПК-3)-2</p>

	<p><b>Владеть:</b> навыками разработки новых методов исследования в области электротехнологии В(ОПК-3)-1</p> <p><b>Владеть:</b> навыками применения разработанных новых методы в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области электротехнологии В(ОПК-3)-2</p>
<p><b>ОПК-5</b> готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования</p>	<p><b>Знать:</b> методы преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования З(ОПК-5).</p>
	<p><b>Уметь:</b> проводить занятия по основным образовательным программам в области электротехнологии У(ОПК-5)</p>
	<p><b>Владеть:</b> навыками проведения всех видов занятий по основным образовательным программам в области электротехнологии В(ОПК-5)</p>
<p><b>ПК-1</b> способность планировать цели и ставить задачи исследований в области электротехнологии, самостоятельно выполнять научные исследования</p>	<p><b>Знать:</b> методы планирования научных исследований З(ПК-1)- 1.</p>
	<p><b>Знать:</b> методы самостоятельного проведения научного исследования в области электротехнологии З(ПК-1)-2</p>
	<p><b>Уметь:</b> анализировать состояния существующих проблем в исследуемой области, планировать цели и задачи исследований в области электротехнологии У(ПК-1)-1</p> <p><b>Уметь:</b> самостоятельно выполнять научные исследования в области электротехнологии У(ПК-1)-2</p>
	<p><b>Владеть:</b> навыками планирований научных исследований, планирования целей и задач исследований в области электротехнологии В(ПК-1)-1</p> <p><b>Владеть:</b> навыками самостоятельного выполнения научного исследования в области электротехнологии В(ПК-1)-2</p>
<p><b>ПК-2</b> способность проводить экспериментальную работу, обрабатывать и представлять результаты исследования</p>	<p><b>Знать:</b> методы планирования и проведения экспериментальных исследований, обработки и представления результатов исследования З(ПК-2)-1</p>
	<p><b>Уметь:</b> использовать математические методы планирования эксперимента, методы и способы проведения измерений У(ПК-2)-1</p> <p><b>Уметь:</b> использовать компьютерные методы обработки и представления результатов экспериментального исследования У(ПК-2)-2</p>
	<p><b>Владеть:</b> навыками планирования и проведения экспериментальных исследований в области электротехнологии В(ПК-2)-1</p> <p><b>Владеть:</b> навыками обработки и представления результатов экспериментального исследования в области электротехнологии В(ПК-2)-2</p>

<b>ПК-3</b> способность выбирать и применять методы математического моделирования для поиска оптимального решения задач исследования	<b>Знать:</b> компьютерные методы математического моделирования для поиска оптимального решения задач исследования З(ПК-3)
	<b>Уметь:</b> использовать компьютерные методы математического моделирования для поиска оптимального решения задач исследования У(ПК-3)
	<b>Владеть:</b> навыками выбора и применения методов математического моделирования для поиска оптимального решения задач исследования В(ПК-3)
<b>ПК-4</b> способность определять экономическую эффективность, оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности исследований и разрабатываемых электротехнологий	<b>Знать:</b> методы определения экономической эффективности, оценки рисков и определения мер по обеспечению безопасности исследований и разрабатываемых электротехнологий З(ПК-4)
	<b>Уметь:</b> определять экономическую эффективность разрабатываемых электротехнологических процессов и установок У(ПК-3)-1
	<b>Уметь:</b> оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности исследований и разрабатываемых электротехнологий У(ПК-3)-2
<b>ПК-5</b> способность к реализации всех видов учебной деятельности по основным образовательным программам в области электротехнологии	<b>Владеть:</b> навыками определения экономической эффективности разрабатываемых электротехнологических процессов и установок В(ПК-3)-1
	<b>Владеть:</b> навыками оценки рисков и определения мер по обеспечению безопасности исследований и разрабатываемых электротехнологий В(ПК-3)-2
	<b>Знать:</b> методы реализации всех видов учебной деятельности по основным образовательным программам в области электротехнологии З(ПК-5)
	<b>Уметь:</b> реализовывать все виды учебной деятельности по основным образовательным программам в области электротехнологии У(ПК-5)
	<b>Владеть:</b> навыками реализации всех видов учебной деятельности по основным образовательным программам в области электротехнологии В(ПК-5)

## 2. Шкала оценивания

Семестр	Шкала оценивания			
	2	3	4	5
7 семестр	Аспирант демонстрирует недостаточный уровень	Аспирант обнаруживает необходимый уровень владения	Аспирант обнаруживает достаточный уровень владения	Аспирант обнаруживает высокий уровень владения,

	<p>владения общепрофессиональными (ОПК-1,2,3,5) и профессиональными (ПК-1,2,3,4,5) компетенциями, а именно: демонстрирует бессистемные знания, не выделяет главное и второстепенное, допускает ошибки в определении понятий, беспорядочно, неуверенно излагает материал или вообще отказывается от ответа</p>	<p>общепрофессиональными (ОПК-1,2,3,5) и профессиональными (ПК-1,2,3,4,5) компетенциями, а именно: излагает основное содержание учебного материала с учетом некоторых последних достижений в выбранной научной области, но раскрывает материал неполно, непоследовательно, допускает неточности в определении понятий, не умеет доказательно обосновать свои суждения</p>	<p>общепрофессиональными (ОПК-1,2,3,5) и профессиональными (ПК-1,2,3,4,5) компетенциями, а именно: владеет учебным материалом фундаментальными основами рассматриваемых научных задач (процессов) и демонстрирует ориентацию в научном материале по теме НКР, но при ответе допускает отдельные неточности.</p>	<p>общепрофессиональными (ОПК-1,2,3,5) и профессиональными (ПК-1,2,3,4,5) компетенциями, а именно: глубокое, полное знание содержания материала и последние достижения в выбранной научной области, понимание сущности рассматриваемых явлений и закономерностей, принципов и теорий; умение прогнозировать и проводить корректный анализ полученных результатов. Он аргументирует свои суждения, грамотно владеет профессиональной терминологией, связно излагает свой ответ</p>
--	---	---	---	---

### 3. Задания для аттестации

Контрольные вопросы к экзамену (см. п. 4).