



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель программы аспирантуры  
Теоретическая и прикладная электротехника

\_\_\_\_\_ Н.В. Силин

(подпись) (Ф.И.О.)

« 25 » марта 2022 г..

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента Энергетических систем

\_\_\_\_\_ К.А. Штым

(подпись) (Ф.И.О.)

« 25 » марта 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Техническая электродинамика**

*2.4.1. Теоретическая и прикладная электротехника (технические науки)*

курс  2  семестр  3

лекции  8  час. /  0,22  з.е.

практические занятия  10  час. /  0,28  з.е.

лабораторные работы  0  час. /   з.е.

с использованием МАО лек.  4  / пр.  6  / лаб.   час.

всего часов контактной работы  18  час.

в том числе с использованием МАО  10  час., в электронной форме   час.

самостоятельная работа  54  час.

зачет  3  семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), утвержденными Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. N 951 и паспортом научной специальности 2.4.1. Теоретическая и прикладная электротехника.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента Энергетических систем, протокол №  06  от «  25  » марта 2022г.

Директор департамента: д-р техн. наук, доцент К.А.Штым

Составитель (ли): д-р техн. наук, доцент Н.В. Силин

**Оборотная сторона титульного листа**

**Пересмотрена на заседании департамента энергетических систем:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Техническая электродинамика» предназначена для аспирантов, обучающихся по научной специальности 2.4.1. Теоретическая и прикладная электротехника, и входит в часть Блока 2 Образовательный компонент (2.1.4.1. Дисциплины/модули).

Общая трудоемкость дисциплины составляет 72 часа (2 з.е). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (8 часов), практические занятия (10 часов) и самостоятельная работа аспиранта (54 часа). Дисциплина реализуется на 2 году обучения в 3 семестре. Результат промежуточной аттестации – зачет.

Дисциплина «Техническая электродинамика» связана с изучением законов, используемых для описания электрофизических процессов и исследованием на их основе электротехнических устройств, а также способов управления электромагнитными процессами.

**Цель** дисциплины - формирование представлений об электродинамических процессах, имеющих место при эксплуатации электротехнического и электроэнергетического оборудования и учёте их при проектировании.

### **Задачи:**

#### **Задачи дисциплины:**

- Ознакомить со специальными знаниями по электродинамике и их применению к изучению различных электромагнитных явлений в электроэнергетике и электротехнике.
- Научить переходить от реального электротехнического устройства к абстрактной эквивалентной схеме замещения с учетом его конструктивных особенностей и электрофизических свойств материалов.

- Ознакомить с аналитическими и численными методами исследования электрических, магнитных и электромагнитных полей, определяющих режимы работы электротехнического оборудования.
- Научить определять исходные данные для последующих расчетов электромагнитных полей, наблюдаемых на электроэнергетических объектах.
- Ознакомить с современными системами передачи данных о состоянии электротехнического оборудования.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

Способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности

Готовность организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности

Способность самостоятельно ставить задачи, выполнять научные исследования в области теоретической электротехники и ее приложений, используя соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии с целью создания научных основ и моделирования электродинамических процессов нового поколения электротехнических устройств, обладающих качественно новыми функциональными свойствами; совершенствования существующей техники, обеспечения эффективности, надежности и безопасности работы электроэнергетического оборудования

Способность самостоятельно осваивать и применять новые системы компьютерной математики и системы компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга, овладевать современными языками программирования и разрабатывать оригинальные пакеты прикладных

программ и проводить с их помощью расчеты электротехнических устройств, обеспечивающих оптимальные режимы работы.

формулировка требования	Этапы формирования	
Способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	Знает	Способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности
	Умеет	самостоятельно формулировать задачи по совершенствованию существующей техники, по обеспечению эффективности, надежности и безопасности работы электроэнергетического оборудования
	Владеет	навыками постановки и решения задач по совершенствованию существующей техники, на основе глубоких знаний по теоретической электротехнике, вычислительных методов, физико-математического аппарата, моделирования электродинамических процессов и создания диагностических моделей дефектов силового энергетического оборудования
Готовность организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности	Знает	Готовность организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности
	Умеет	применять современные системы компьютерной математики и системы компьютерного проектирования, овладевать современными языками программирования и разрабатывать оригинальные пакеты прикладных программ
	Владеет	современными языками программирования и разработки пакет прикладных программ для проведения с их помощью расчеты электротехнических устройств, обеспечивающих оптимальные режимы работы
Способность самостоятельно ставить задачи, выполнять научные исследования в области теоретической электротехники и ее приложений, используя соответствующий физико-математический	Знает	методы научного поиска, критического анализа и оценки современных научных достижений по направлению научной деятельности, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
	Умеет	анализировать полученные результаты, альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач, обобщать, создавать, сопоставлять и оценивать эти варианты, формулировать выводы и давать

<p>аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии с целью создания научных основ и моделирования электродинамических процессов нового поколения электротехнических устройств, обладающих качественно новыми функциональными свойствами; совершенствования существующей техники, обеспечения эффективности, надежности и безопасности работы электроэнергетическо го оборудования</p>		<p>практические рекомендации по использованию результатов исследований</p>
	<p>Владеет</p>	<p>навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования</p>
<p>Способность самостоятельно осваивать и применять новые системы компьютерной математики и системы компьютерного проектирования и компьютерного инжиниринга, овладевать современными языками программирования и разрабатывать оригинальные пакеты прикладных программ и проводить с их помощью расчеты электротехнических устройств, обеспечивающих</p>	<p>Знает</p>	<p>современные методы обработки и интерпретации результатов натурных и модельных экспериментов при проведении исследований</p>
	<p>Умеет</p>	<p>применять современные методы обработки и интерпретации результатов натурных и модельных экспериментов</p>
	<p>Владеет</p>	<p>методами и средствами обработки и интерпретации результатов натурных и модельных экспериментов</p>

оптимальные режимы работы.		
----------------------------	--	--

Для формирования вышеуказанных знаний, умений и навыков в рамках дисциплины «Техническая электродинамика» применяются следующие методы активного / интерактивного обучения: «практическое занятие – развернутая беседа» с обсуждением решенной задачи, «диспут на лекции», проблемные семинары.

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

**(8 час., в том числе 4 часа с использованием методов активного обучения)**

**МОДУЛЬ 1.** Основные положения электродинамики. Описание волновых электромагнитных процессов (4 час.)

**Раздел I.** Основные положения электродинамики (2 час.)

**Тема 1.** Введение. Интегральные и дифференциальные уравнения электромагнитного поля и их преобразования (лекция-визуализация) (2 час.)

Тенденции развития электроэнергетики и электротехнологий. Общие вопросы проблем передачи, преобразования и перераспределения электрической энергии. Вопросы создания информационно-измерительных трактов для оценки технического состояния электротехнического оборудования. Роль и место технической электродинамики в описании электромагнитных процессов при проектировании электротехнических устройств. Система уравнений электромагнитного поля в интегральной и дифференциальной формах. Представления уравнений в различных системах координат. Преобразования. Теоремы Стокса Остроградского.

**Дискуссия. Современные проблемы технической электродинамики.**

**Тема 2.** Интегральные и дифференциальные уравнения электростатического и магнитного поля (лекция-визуализация) (2 час.)

Уравнения электростатического поля в интегральной и дифференциальной формах. Градиент электрического потенциала. Убывание потенциала и напряженности электрического поля. Уравнения Пуассона и Лапласа. Графический метод построения плоскопараллельного поля. Метод зеркальных изображений. Общая задача расчета электростатического поля.

Уравнения магнитного поля постоянных токов в интегральной и дифференциальной формах. Скалярный и векторный магнитные потенциалы. Уравнения Пуассона и Лапласа. Поле проводов круглого сечения. Общая задача расчета магнитного поля постоянных токов. Магнитное экранирование.

Интегральные и дифференциальные уравнения электрического поля в проводящей среде (лекция-визуализация) (1 час.)

Уравнения электрического поля постоянных токов в проводящей среде. Электрическое поле в диэлектрике, окружающем проводники с током. Аналогия с электростатическим полем. Сопротивление заземления.

Понятие емкости. Емкость двухпроводной линии передач. Потенциальные коэффициенты и частичные емкости в системе тел. Емкость трехфазной линии передач. Вычисление емкости по картине поля.

Понятие индуктивности. Собственная и взаимная индуктивность. Индуктивность кругового контура. Индуктивность двухпроводной линии. Индуктивность трехфазной линии.

**Проблемные вопросы. Опишите уравнения электромагнитного поля в интегральной форме. В каких случаях применяются уравнения электромагнитного поля в интегральной или в дифференциальной формах?**

**Раздел II. Описание волновых электромагнитных процессов (4 час.)**

**Тема 1. Плоские волны и их характеристики. Распространение волн (лекция-визуализация) (2 час.)**

Понятие плоских волн. Общая система уравнений для описания плоских волн. Комплексная форма уравнений Максвелла. Ортогональность векторов напряженности электрического и магнитного полей. Поляризация волн.



Плоская электромагнитная волна в диэлектрике. Вектор Пойнтинга. Поток электромагнитной энергии. Скорость распространения электромагнитной волны, волновое сопротивление. Передача электромагнитной энергии вдоль проводов линии.

Распространение плоских электромагнитных волн в среде с потерями. Распространение плоских электромагнитных волн проводящей среде (1 час.)

Уравнения, описывающие плоские электромагнитные волны в среде с потерями. Фазовая и групповая скорости. Явление дисперсии и ее виды. а 4.

Плоская электромагнитная волна в проводящей среде. Длина волны, затухание волны. Явление поверхностного эффекта. Эффект близости. Активное и внутреннее индуктивное сопротивление проводов. Электромагнитное экранирование.

Падение плоской электромагнитной волны на границу раздела двух сред. Наклонное падение плоской электромагнитной волны на границу раздела двух сред (1 час.)

Основные уравнения, описывающие процесс падения плоской электромагнитной волны на границу раздела двух сред. Коэффициенты Френеля для волн различной поляризации.

Основные уравнения, описывающие процесс наклонного падения плоской электромагнитной волны на границу раздела двух сред. Явление полного преломления. Явление полного внутреннего отражения.

### **Дискуссия. Отражения и преломления электромагнитных волн.**

**Тема 2.** Направляющие системы и направляемые электромагнитные волны (2 час.)

Направляющие системы. Классификация направляемых волн. Связь между продольными и поперечными составляющими полей. Критическая частота. Критическая длина волны. Мощность, переносимая электромагнитной волной по линии передач.

Электрические и магнитные волны в линиях передач (2 час.)

Электрические волны. Магнитные волны. Концепция парциальных полей. Скорость распространения энергии. Групповая скорость.

H-волны в прямоугольном волноводе. E-волны в прямоугольном волноводе. Критическая частота и критическая длина волны. Основные параметры распространения электромагнитной волны в прямоугольном волноводе.

Электромагнитные волны в оптоволоконных линиях. Передача электромагнитной энергии по коаксиальной и полосковой линиям (2 час.)

Волны в оптоволоконных линиях. Передача энергии по оптоволоконным линиям. Основные параметры распространения электромагнитной волны в оптоволоконных линиях. Волны в коаксиальной линии. Волны в полосковой линии. Передача энергии по коаксиальной линии. Передача энергии по полосковой линии. Основные параметры распространения электромагнитной волны в коаксиальной и полосковой линиях.

**Дискуссия. Диспут. Проблемы передачи информации по волноводам.**

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

**(10 час., в том числе 6 час. с использованием методов активного обучения)**

**Занятие 1. Структурный анализ линий передач.(дискуссия) (2 час.)**

1. Определение входных параметров линии передач
2. Определение характеристических параметров
3. Определение коэффициентов передачи
4. Определение коэффициентов преломления и отражения

**Занятие 2. Исследование электростатического поля. Исследование емкости линий электропередач (2 час.)**

1. Расчет электростатического поля цилиндрического конденсатора с составным диэлектриком
2. Расчет электростатического поля проводов круглого сечения

Определение емкости длинной линии конечной длины

1. Определение емкости однофазного токопровода с шинами прямоугольного сечения

2. Расчет емкости симметричного трехфазного кабеля

### **Занятие 3. Расчет магнитного поля постоянных токов (2 час.)**

1. Расчет магнитного поля бесконечно длинного провода круглого сечения с помощью уравнений в интегральной форме..

2. Расчет магнитного поля коаксиального кабеля.

Расчет индуктивностей

1. Определение индуктивности контуров, катушек, токопроводов

2. Определение индуктивности двухпроводной линии

3. Расчет индуктивности трехфазной линии

### **Занятие 4. Расчет электромагнитного поля в диэлектрике (2 час.)**

1. Определение электродвижущей силы, наведенной в рамке приемной антенны

2. Расчет максимального значения электродвижущей силы, наведенной в круглом витке с током

### **Занятие 5. Расчет электромагнитного поля в прямоугольном и круглом волноводах (2 час.)**

1. Определение напряженностей электрического и магнитного полей при передаче энергии по круглому и прямоугольному волноводам

2. Определение типов волн

3. Расчет значения и направления вектора Пойнтинга и потерь мощности

1. Расчет индуктивностей и емкостей градиентных участков линии, обеспечивающих режим туннелирования

2. Расчет полного сопротивления линии на однородных и неоднородных участках

3. Расчет скорости распространения волны и коэффициента отражения

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Техническая электродинамика» представлено в приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	этапы формирования требований		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1					
	Основные положения электродинамики		знает – новые методы исследования технических систем;		Зачет. Вопросы 1-6 перечня типовых вопросов. (Приложение 2).
			умеет - самостоятельно проводить научные исследования		
			владеет - знаниями, позволяющими		

			самостоятельно проводить научные исследования		
2	Описание волновых электромагнитных процессов		Знает принципы организации и работы исследовательского коллектива		
			Умеет оформлять отчеты, статьи, рефераты на базе современных средств редактирования и печати в соответствии с установленными требованиями		
			Владеет способностью действовать в нестандартных ситуациях, принимать исполнительские решения и нести ответственность за них		
			знает – новые методы исследования		Зачет. Вопросы 7-12 перечня типовых вопросов. (Приложение 2).

			технически х систем;		
			умеет - самостояте льно проводить научные исследован ия		
			владеет - знаниями, позволяющ ими самостояте льно проводить научные исследован ия		

3	Передача электромагнит ной энергии по направляющим системам		Знает принципы организац и работы исследоват ельского коллектива		
			Умеет оформлять отчеты, статьи, рефераты на базе современн ых средств редактиров ания и печати в соответств ии с установлен ными требования ми		
			Владеет способност ью действоват ь в нестандарт ных ситуациях,		

			принимать исполнительские решения и нести ответственность за них		
			знает – новые методы исследования технических систем;		Зачет. Вопросы 7-12 перечня типовых вопросов. (Приложение 2).
			умеет - самостоятельно проводить научные исследования		
			владеет - знаниями, позволяющими самостоятельно проводить научные исследования		

3	Передача электромагнитной энергии по направляющим системам		знает - вычислительные методы и компьютерные технологии для создания научных основ и моделирования электродинамических процессов нового поколения электротех		
---	--	--	--	--	--

			<p>нических устройств, обладающих качественно новыми функциональными свойствами</p> <p>умеет - самостоятельно формулировать задачи по описанию электродинамических процессов электротехнических устройств,</p> <p>владеет - навыками решения задач технической электродинамики.</p>		
			<p>Знает современные методы обработки и интерпретации результатов в натуральных и модельных экспериментах при проведении исследований. Современные прикладные пакеты программ в</p>		<p>Зачет. Вопросы 7-12 перечня типовых вопросов. (Приложение 2).</p>



			<p>области исследования электродинамических процессов :</p>		
			<p>Умеет применять современные методы обработки и интерпретации результатов в натуральных и модельных экспериментах. Производить расчеты на пакетах специализированных программ и производить анализ электродинамических режимов</p>		
			<p>Владеет методами и средствами обработки и интерпретации результатов в натуральных и модельных экспериментах,</p>		

## IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ КУРСА

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении 2.

## V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

1. Электродинамика и распространение радиоволн: учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин и др. Санкт-Петербург : Лань, 2014. 448 с. Изд. 2-е, доп.

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:769513&theme=FEFU>

2. ...Электродинамика : учебник / А. Е. Иванов, С. А. Иванов. М.: КноРус, 2012, 565 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:667031&theme=FEFU>

3. Аполлонский, С. М. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов / С. М. Аполлонский. - Санкт-Петербург : Лань, 2012. – 587с.- Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:798146&theme=FEFU>

4. Электромагнитные поля и волны [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.А. Замотринский [и др.].— Электрон.текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 181 с. - Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-72228&theme=FEFU>

### Дополнительная литература

5. Нефедов, Е.И. Техническая электродинамика. Учебное пособие для вузов. – М.: Академия, 2008. – 416 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:382037&theme=FEFU>

6. Сивяков, Б.К. Техническая электродинамика. / Б.К. Сивяков. – Саратов.: Изд-во Саратовского университета, 2006, 92 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:246983&theme=FEFU>

7. Физика. Основы электродинамики. Электромагнитные колебания и волны: Учебное пособие / С.И. Кузнецов. - 4-е изд., испр. и доп. - М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 231 с  
<http://znanium.com/bookread.php?book=406832>

### Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

[http://sbiblio.com/biblio/archive/frolov\\_soc/soc\\_frol16.aspx#top](http://sbiblio.com/biblio/archive/frolov_soc/soc_frol16.aspx#top) библиотека учебной и научной литературы

<http://window.edu.ru/window/library> - Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам».

<http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

<http://diss.rsl.ru/> - Электронная библиотека диссертаций РГБ.

<http://e.lanbook.com/> - Электронно-библиотечная система «Лань».

### Перечень информационных технологий и программного обеспечения

№ п/п	Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы с указанием адреса	Программное обеспечение
1.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус Е, ауд. Е-435 (Лаборатория электробезопасности и электрических аппаратов). . Учебная лаборатория для проведения занятий лекционного, практического и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30. Родительская программа Campus 3 49231495. Торговый посредник: JSC "SoftlineTrade" Номер заказа торгового посредника: Tr000270647-18.  ESETNOD32 SecureEnterprise Контракт №ЭА-091-18 от 24.04.2018.  Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012. Компас-3D договор 15-03-53 от 02.12.2015 Полная версия - Компас 3D v17. Key

	контроля и промежуточной аттестации	566798581 (Vendor 46707). Количество лицензий 250 штук.  AutoCADElectrical 2015. Срок действия лицензии 10.09.2020. № договора 110002048940 в личном кабинете Autodesk. +2
2	Приморский край, г. Владивосток, Фрунзенский р-н, Русский Остров, ул. Аякс п., д. 10, корп. А (Лит. П), Этаж 10, каб.А1017. Аудитория для самостоятельной работы аспирантов	Лицензионное соглашение OpenValueSubscription/EducationSolutions № V5770601 от 2019-01-31 , Договор №011-18-ЗКЭ-В от 25.01.2019 г.: ПО Microsoft для лицензирования рабочих станций WinPro 10 RUS UpgrdAcadmс, OfficeProPlus 2019 RUS Acadmс, WinSvrCAL 2019 RUSAcadmс (ПО Microsoft по подписке для учебных заведений позволяющее использовать на всех компьютерах в учебных классах операционные системы MicrosoftWindows 7, 8 Pro, 10 RUS, офисные пакеты MicrosoftOffice 7, 10, 13, 19 Plus; (Word, Excel,Access, PowerPoint ), ПО Microsoft для лицензирования рабочих станций Microsoft®ImagineStandard, в том числе Windows server2016, VisualStudioCommunity, WindowsEmbedded, OneNote, SQL Server, срок действия соглашения 31.01.2019-31.01.2022 г., в течение срока действия бесплатное обновление всех программных продуктов, входящих в лицензионное соглашение.
3		

## VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Успешное освоение дисциплины достигается за счет следующих обязательных мероприятий:

- учебные занятия;
- самостоятельная работа;
- промежуточная аттестация.

### Учебные занятия

В рамках реализации учебной дисциплины «Техническая электродинамика» предусмотрены учебные занятия двух типов: лекции и

практические занятия. Посещение учебных занятий является необходимым для успешного освоения дисциплины.

На учебных занятиях аспиранту необходимо вести конспект в любой удобной для него форме. Рекомендуется вести конспект лекций и практических занятий в отдельных тетрадях. Ведение конспекта преподавателем не контролируется, однако, максимально полный конспект, записанный аккуратно и разборчиво, позволит упростить организацию самостоятельной работы.

### **Самостоятельная работа**

Самостоятельная работа организована следующим образом:

- изучение теоретического материала,
- подготовка к зачету.

Первым этапом изучения отдельных тем дисциплины является изучение теоретического материала по конспектам лекций и учебной литературе.

К каждому практическому занятию нужно изучить соответствующий раздел теоретического материала, знать основные положения, формулы, утверждения.

В разделе V настоящей рабочей учебной программы приведен перечень учебников и учебных пособий, рекомендуемых для изучения в рамках самостоятельной работы. В блоке «Основная литература» отмечены те издания, изучение которых является достаточным для успешного освоения дисциплины, это, как правило, учебные пособия. Некоторые издания из перечня являются взаимозаменяемыми. Изучение литературы из блока «Дополнительная литература» является факультативным, может помочь получить более глубокие теоретические знания в области технической диагностики.

Изучение дисциплины рекомендуется проводить поэтапно: рассматривая поочередно логически завершенные разделы курса, как правило, в литературе – это отдельные главы или параграфы.

При работе с конспектом и литературой важно начать с базовой теоретической подготовки, внимательно и вдумчиво изучив основные понятия рассматриваемого раздела. Далее необходимо рассмотреть решение типовых задач, рассмотренных на практических занятиях и приведенных в задачниках.

### **Промежуточная аттестация**

Подготовка к промежуточной аттестации осуществляется в форме зачета и затрагивает весь материал учебного семестра. При подготовке к зачету следует обратить внимание на качественную сторону каждой темы, а не на ее формально-математическое содержание. При необходимости такое содержание может быть подсказано преподавателем, задача аспиранта – качественно объяснить его, дать все необходимые пояснения, привести примеры.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

### **ДИСЦИПЛИНЫ**

№ п/п	Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы с указанием адреса	Перечень основного оборудования
1.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус Е, ауд. Е-435 (Лаборатория электробезопасности и электрических аппаратов). . Учебная лаборатория для проведения занятий лекционного, практического и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Учебная мебель на 24 рабочих места. Место преподавателя (стол, стул). Экран с электроприводом 236*147 см TrimScreenLine; Проектор DLP, 3000 ANSI Lm, WXGA 1280x800, 2000:1 EW330U Mitsubishi; Подсистема специализированных креплений оборудования CORSA-2007 Tuarex; Подсистема видеокмутации: матричный коммутатор DVI DXP 44 DVI ProExtron; удлинитель DVI по витой паре DVI 201 Tx/RxExtron; Подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; акустическая система для потолочного монтажа SI 3CT LP Extron; цифровой аудиопроцессор DMP 44 LC Extron; расширение для контроллера управления IPL T CR48. Телевизор LGFlatronM4716CCBA 1шт. Комплект типового лабораторного оборудования «Электробезопасность» - 8стендов. Доска аудиторная.

2	<p>Приморский край, г. Владивосток, Фрунзенский р-н, Русский Остров, ул. Аякс п., д. 10, корп. Е, Этаж 5, каб. Е-549. Помещение для хранения и профилактики учебного оборудования</p>	<p>Анализатор показателей качества электрической энергии АПКЭ  Анализатор показателей качества электрической энергии Ресурс– UF 2М  Виброанализатор " Корсар++"  Определитель места повреждения " ИМФ – 3Р  Трассодефектоискатель " Сталкер 75–02  Тепловизор " NEC TN9100  Измеритель напряженности поля промышленной частоты " ПЗ–50В  ВЕКТОР-2.0М - измеритель параметров высоковольтной изоляции  Анализатор спектра NEX1– 1 шт.  Анализатор спектра RSA 306В– 1 шт.  Антенна П1-М– 1 шт.  Шкаф «Дифференциальная защита линии» на базе двух микропроцессорных терминалов ДЗЛ ЭКРА ШЭ2607.091 – 1 шт.;  шкаф защиты трехобмоточного трансформатора "БреслерШТ 2108.12" – 1 шт.;  шкаф защиты линии и автоматики управления выключателем ШЭ2607 016 – 1 шт.;  микропроцессорный комплекс противоаварийной автоматики МКПА – 2 шт.;  комплекс программно-технический измерительный РЕТ-51 – 2 шт.;  комплекс программно-технический измерительный Ретом-ВЧм – 2 шт.;  вольтамперфазометр ПАРМА ВАФ-А(М) – 1 шт.;  устройство передачи команд противоаварийной автоматики релейной защиты и противоаварийной автоматики УПК-Ц – 1 шт.;  цифровой комбинированный измерительный прибор типа ВАФ – 1 шт.;  комплектное устройство защиты и автоматики линии "ТОР 200-Л22" – 1 шт.;  комплектное устройство защиты и автоматики синхронных и асинхронных электродвигателей мощностью до 31,5 МВт напряжением 0,4-10 кВ "ТЭМП-2501-41" – 1 шт.;  определитель места повреждения "ИМФ-3Р" – 1 шт.;  источники постоянного напряжения GW Instek GPR-25H30D – 1 шт.;</p>
---	---	--

		<p>источник переменного напряжения GW Instek APS-9102 – 1 шт.;</p> <p>микропроцессорное устройство релейной защиты кабельной линии БМРЗ-КЛ – 1 шт.;</p> <p>программно-аппаратный комплекс «ОИК Диспетчер» - 1 комплект.</p>
3	<p>Приморский край, г. Владивосток, Приморский край, г. Владивосток, Фрунзенский р-н, Русский Остров, ул. Аякс п., д. 10, корп. А (Лит. П), Этаж 10, каб.А1017. Аудитория для самостоятельной работы аспирантов.</p>	<p>Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт.</p> <p>Интегрированный сенсорный дисплей PolymediaFlipBox - 1 шт.</p> <p>Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками XeroxWorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт.</p> <p>Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами видеоувеличителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками</p>

Приложение 1





МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Техническая электродинамика»**

2.4.1. Теоретическая и прикладная электротехника  
Форма подготовки (очная)

**Владивосток  
2022**

Самостоятельная работа по технической электродинамике – это педагогически управляемый процесс самостоятельной деятельности, обеспечивающий реализацию целей и задач по овладению необходимым объемом знаний, умений и навыков, опыта творческой работы и развитию профессиональных интеллектуально-волевых, нравственных качеств будущего специалиста. Самостоятельная работа по курсу «Техническая электродинамика» является важной составной частью учебно-воспитательного процесса и имеет целью: закрепить и углубить знания, полученные на теоретических и практических занятиях; выполнить контрольное задание; теоретическую подготовку к практическим занятиям; подготовиться к предстоящему зачету по дисциплине; формировать самостоятельность и инициативу в поиске и приобретении знаний, а также умения и навыки обработки результатов наблюдений. Основным и преимущественным видом самостоятельной работы является работа с рекомендованной литературой, направленная на освоение программы курса. Самостоятельная работа должна носить систематический и непрерывный характер в течение всего семестра. Время для самостоятельной работы отводится исходя из фактического уровня знаний, умений и навыков по курсу.

#### **План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине**

<b>№ п/п, тема работы</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b>	<b>Вид СРС</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнение</b>	<b>Форма контроля</b>
1. Выполнение первой части задания	1 – 3 недели	Реферат Тезисы доклада	3 недели	УО, проверка полученных результатов
2. Выполнение первой части задания	4 – 7 недели	Реферат Тезисы доклада	3 недели	УО, проверка полученных результатов
3. Выполнение второй части задания	8-15 недели	Реферат Тезисы доклада	3 недели	УО, проверка полученных результатов
4. Подготовка к текущим аттестациям	По графику аттестаций	самоподготовка	2 дня на каждую аттестацию	Выступление с сообщением по теме реферата
5. Подготовка к зачету	За две недели	самоподготовка	1 неделя	УО

#### **Самостоятельная работа представлена в виде:**

- Расчетных заданий;

- подготовки к зачету.

## **Характеристика заданий для самостоятельной работы аспирантов и методические рекомендации по их выполнению**

В качестве самостоятельной работы аспирантом выполняются расчетные задачи по всем разделам дисциплины.

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Изложение выполненного задания должно быть сжатым, ясным и сопровождаться цифровыми данными и рисунками, если требуется.

Материал в реферате представляется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- содержание;
- введение;
- материал по теме индивидуального задания;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Материалы должны быть изложены последовательно, лаконично, логически связаны. Отчет по заданию выполняется на компьютере на одной стороне листа формата А4.

Основная часть и приложения нумеруются сплошной нумерацией. Титульный лист не нумеруется. На следующем листе ставится номер «2». Номер проставляется арабскими цифрами в нижнем правом углу страницы.

Допускается использование цветных рисунков, схем и диаграмм.

Текст оформляется в соответствии с требованиями делопроизводства, печатается через 1,5 интервала. Сверху страницы делается отступ 20 мм, слева

– 25 мм, справа – 15 мм, снизу – 20 мм. Абзацные отступы должны быть равны 5 знакам.

Текст должен быть разделен на разделы и подразделы (заголовки 1-го и 2-го уровней), в случае необходимости – пункты, подпункты (заголовки 3-го и 4-го уровней). Заголовки должны быть сформулированы кратко. Все заголовки иерархически нумеруются.

Основной текст следует набирать шрифтом Times New Roman с обычным начертанием. Заголовки 1-го и 2-го уровней следует набирать с полужирным начертанием, заголовки 3-го и 4-го уровней – обычным. Названия рисунков и таблиц рекомендуется набирать 12 шрифтом с полужирным начертанием.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

1. 10-9 баллов выставляется аспиранту, если аспирант выполнил все пункты задания. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно. При защите аспирант отвечает на все вопросы преподавателя.

2. 8-7 баллов: работа выполнена полностью; допущено одна-две ошибки в оформлении работы. При защите аспирант отвечает на все вопросы преподавателя.

3. 7-6 балл: работа выполнена полностью; допущено не более 2 ошибок при оформлении работы. При защите аспирант не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

4. 6-5 баллов: работа выполнена; допущено три или более трех ошибок в оформлении работы. При защите аспирант не отвечает на 2-3 вопроса преподавателя.

## Типовое задание для самостоятельной работы аспирантов

1. Найти значение векторов напряженности поля, электрического смещения, поляризации, свободный и связанный заряды и емкость для плоского конденсатора. Площадь пластин у него  $S = 25 \text{ см}^2$ ; расстояние между пластинами  $d = 2 \text{ мм}$ , напряжение между ними  $U = 1 \text{ кВ}$ .

Задачу рассмотреть для двух случаев: а) между пластинами воздух; б) между пластинами вставлена текстолитовая пластина.

2. Шар имеет заряд  $Q = 10^{-10} \text{ Кл}$ . Найти наименьший радиус шара  $R$ , при котором в воздухе градиент потенциала не превысит допустимого значения ( $30 \text{ кВ/см}$ ).

3. Два одноименных точечных заряда  $Q$  и  $3Q$  расположены на расстоянии 1 метр друг от друга. Найти на прямой, проходящей через эти заряды, точку с нулевой напряженностью.

4. По обмотке стального тороида с числом витков  $\omega = 400$  проходит ток  $I = 4 \text{ А}$ . Площадь сечения сердечника  $S = 4 \text{ см}^2$ . В сердечнике имеется воздушный зазор  $\delta = 2 \text{ мм}$ . Определить силу, с которой притягиваются торцы сердечника, считая магнитное поле в зазоре однородным, а магнитную проницаемость стали бесконечно большой ( $\mu_r = \infty$ ).

5. Вдоль оси  $z$  в вакууме распространяется плоская электромагнитная монохроматическая волна. Амплитуда напряженности электрического поля  $E_m = 16 \text{ В/м}$ . Определить среднюю во времени плотность энергии волны  $W'_{\text{эм ср}}$  и интенсивность волны.

6. В прямоугольном волноводе (рис. 1) шириной  $a = 8,64 \text{ см}$  и высотой  $b = 4,32 \text{ см}$  распространяется поперечная электрическая волна  $H_{10}$ . Считая стенки волновода выполненными из сверхпроводящего материала, найти критическую длину волны, длину волны в свободном пространстве и длину волны в волноводе при частоте питающего генератора  $f = 3 \cdot 10^9 \text{ Гц}$ . Вычислить фазовую и групповую скорости. Выяснить, может ли в данном волноводе распространяться волна типа  $H_{11}$ .

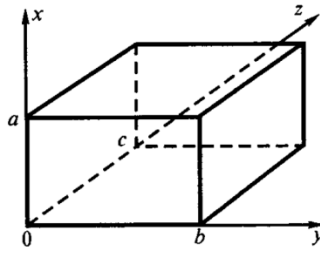


Рисунок 1.

7. Какое давление оказывает плоская электромагнитная волна на преграду с коэффициентом отражения  $R = 0,8$ , расположенную под углом  $\varphi = 25^\circ$  к поверхности распространения волны, если амплитуда магнитной составляющей волны  $H_m = 4 \cdot 10^{-4}$  А/м? Волна распространяется в среде  $\epsilon_r = 1$ ;  $\mu_r = 1$ .

8. Четыре заряда, помещенные в диэлектрик, располагаются в вершинах квадрата со стороной  $a = 14,1$  см. Определить силу, действующую на первый заряд, если  $Q_1 = 2 \cdot 10^{-9}$  Кл;  $Q_2 = 4 \cdot 10^{-9}$  Кл;  $Q_3 = -4 \cdot 10^{-9}$  Кл;  $Q_4 = -2 \cdot 10^{-9}$  Кл;  $\epsilon = 3\epsilon_0$ .

9. Плоский конденсатор заполнен неоднородной реальной средой, имеющей  $\gamma = 10^{-8}$  1/Ом·см и  $\epsilon(x) = 12 + 40x$  Ф/см. Площадь пластин конденсатора  $S = 10$  см<sup>2</sup>, расстояние между пластинами  $d = 0,3$  см. К конденсатору приложено постоянное напряжение  $U = 100$  В.

Требуется найти проводимость  $G$  среды, заполняющей конденсатор, а также распределение  $E$ ,  $\rho$ ,  $\rho_c$ .

10. Какие типы волн могут возникнуть в прямоугольном волноводе с поперечными размерами  $0,034 \times 0,072$  м<sup>2</sup> при частотах: 1) 3000 МГц; 2) 9000 МГц? Найти при этих условиях длину волны в волноводе.

Возбуждение осуществляется:

а) электрической антенной (штырем), расположенной в середине широкой стенки волновода (рис. 2);

б) рамкой стоком (расположенной в середине узкой стенки), плоскость которой параллельна широкой стенке волновода (рис. 3).

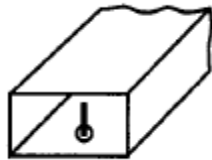


Рисунок 2.

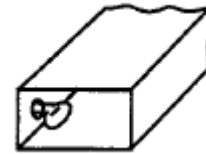


Рисунок 3.

11. Часть прямоугольного волновода с поперечными размерами  $0,034 \times 0,072 \text{ м}^2$  заполнена диэлектриком  $\epsilon = (2,5 - j0,02)\epsilon_0$ . Требуется определить мощность, проходящую в волновод за диэлектриком, если мощность падающей волны до диэлектрика  $P_0 = 1 \text{ кВт}$ ; частота  $f = 3 \cdot 10^9 \text{ Гц}$ , тип колебаний  $TE_{01}$  в обеих частях волновода, длина заполненной диэлектриком части волновода  $0,2 \text{ м}$ .

12. Изоляция коаксиального цилиндрического кабеля изготовлена из двух диэлектриков. Центральный провод первоначально покрыт слоем фторопласта, поверх которого надета резиновая трубка. Радиусы внутренней жилы и наружной металлической оболочки заданы:  $R_1 = 1 \text{ мм}$ ;  $R_3 = 3 \text{ мм}$ . Определить внешний радиус слоя фторопласта, при котором наибольшее значение напряженности поля в каждом из диэлектриков будет равно допустимому для них значению. Найти величину эксплуатационного напряжения для этой конструкции и значения емкости на единицу ее длины.

Диэлектрические проницаемости и допустимые напряженности соответственно:  $\epsilon_1 = 2,2\epsilon_0$ ;  $E_{1\text{max}} = 8 \text{ кВ/мм}$ ;  $\epsilon_2 = 4,8 \epsilon_0$ ;  $E_{2\text{max}} = 2,0 \text{ кВ/мм}$ .

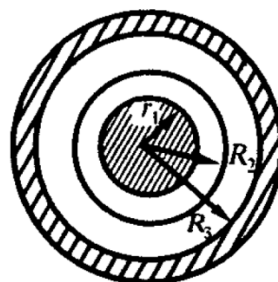


Рисунок 4.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Техническая электродинамика»**  
2.4.1. Теоретическая и прикладная электротехника  
Форма подготовки (очная)

**Владивосток**  
**2022**



## Паспорт ФОС

формулировка требования	Этапы формирования	
Способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	Знает	Способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности
	Умеет	самостоятельно формулировать задачи по совершенствованию существующей техники, по обеспечению эффективности, надежности и безопасности работы электроэнергетического оборудования
	Владеет	навыками постановки и решения задач по совершенствованию существующей техники, на основе глубоких знаний по теоретической электротехнике, вычислительных методов, физико-математического аппарата, моделирования электродинамических процессов и создания диагностических моделей дефектов силового энергетического оборудования
Готовность организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности	Знает	Готовность организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности
	Умеет	применять современные системы компьютерной математики и системы компьютерного проектирования, овладевать современными языками программирования и разрабатывать оригинальные пакеты прикладных программ
	Владеет	современными языками программирования и разработки пакет прикладных программ для проведения с их помощью расчеты электротехнических устройств, обеспечивающих оптимальные режимы работы
Способность самостоятельно ставить задачи, выполнять научные исследования в области теоретической электротехники и ее приложений, используя соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные	Знает	методы научного поиска, критического анализа и оценки современных научных достижений по направлению научной деятельности, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
	Умеет	анализировать полученные результаты, альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач, обобщать, создавать, сопоставлять и оценивать эти варианты, формулировать выводы и давать практические рекомендации по использованию результатов исследований

<p>технологии с целью создания научных основ и моделирования электродинамических процессов нового поколения электротехнических устройств, обладающих качественно новыми функциональными свойствами; совершенствования существующей техники, обеспечения эффективности, надежности и безопасности работы электроэнергетического оборудования</p>	<p>Владеет</p>	<p>навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования</p>
<p>Способность самостоятельно осваивать и применять новые системы</p>	<p>Знает</p>	<p>современные методы обработки и интерпретации результатов натуральных и модельных экспериментов при проведении исследований</p>
<p>компьютерной математики и системы компьютерного проектирования и</p>	<p>Умеет</p>	<p>применять современные методы обработки и интерпретации результатов натуральных и модельных экспериментов</p>
<p>компьютерного инжиниринга, овладевать современными языками программирования и разрабатывать оригинальные пакеты прикладных программ и проводить с их помощью расчеты электротехнических устройств, обеспечивающих оптимальные режимы работы.</p>	<p>Владеет</p>	<p>методами и средствами обработки и интерпретации результатов натуральных и модельных экспериментов</p>

### Шкала оценивания

Код и формулировка требования	Этапы	критерии	показатели	
<p>Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1)</p>	<p>знает (пороговый уровень)</p>	<p>методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях; методы реализации научно-исследовательской деятельности в области теоретической электротехники, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с использованием информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>Знание методов реализации научно-исследовательской деятельности в области теоретической электротехники, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с использованием информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>Способность дать определения основных понятий предметной области знаний в части теоретической электротехники</p>
	<p>умеет (продвинутый)</p>	<p>при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений; анализировать</p>	<p>Умеет анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.</p>	<p>Способность суть решаемых задач и генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений.</p>

		альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов;		
	владеет (высокий)	методами междисциплинарного подхода анализа и оценки	Владение методами междисциплинарного подхода анализа и оценки	Способность оценивать выигрыши/проигрыши реализуемых вариантов на основе известных методов
способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3)	знает (пороговый уровень)	научно-предметную область знаний в части методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской профессиональной деятельности	Знает методы исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской профессиональной деятельности	Способность дать определения основных положений междисциплинарного подхода и методов и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности
	умеет (продвинутый)	использовать научно-предметную область знаний для разработки новых методов исследования; применять новых методов исследования в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	Умеет применять новых методов исследования в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	Способность использовать научно-предметную область знаний для разработки новых методов исследования
	владеет (высокий)	методами междисциплинарного подхода и методами применения новых технологии в проведении самостоятельной	Владеет методами междисциплинарного подхода и методами применения новых технологии	Способность разработать новые методы исследования и их применения в самостоятельной научно-исследовательской

		научно-исследовательской деятельности		деятельности в области профессиональной деятельности
Готовность организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4)	знает (пороговый уровень)	современные методы организации научно – исследовательского исследования; законодательные акты и другие нормативные документы, регламентирующие правоотношения в области защиты авторских прав; нормативно-правовые основы преподавательской деятельности в системе высшего образования; осуществлять отбор и использовать оптимальные методы преподавания	Знает законодательные акты и другие нормативные документы, регламентирующие правоотношения в области защиты авторских прав; нормативно-правовые основы преподавательской деятельности в системе высшего образования	Способность применения современных методов организации научно – исследовательского исследования
	умеет (продвинутый)	планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий; уметь организовать работу коллектива по поиску, анализу и отбору необходимой информации	умеет организовать работу коллектива по поиску, анализу и отбору необходимой информации	Способность раскрыть суть осуществления научно-исследовательской деятельности с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
	владеет (высокий)	методами организации и управления исследовательского коллектива; методами	Владеет методами организации междисциплинарного подхода проведения натуральных и	Способность учитывать внешние факторы при организации и управления

		организации междисциплинарного подхода проведения натуральных и модельных экспериментов	модельных экспериментов	исследовательского коллектива
Способность самостоятельно ставить задачи, выполнять научные исследования в области теоретической электротехники и ее приложений, используя соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии с целью создания научных основ и моделирования электродинамических процессов нового поколения электротехнических устройств, обладающих	знает (пороговый уровень)	результаты современных теоретических и экспериментальных исследований в области теоретической электротехники	Знает результаты современных теоретических и экспериментальных исследований в области теоретической электротехники	Способность самостоятельно ставить задачи, выполнять научные исследования в области теоретической электротехники
	умеет (продвинутый)	систематизировать материалы теоретических и экспериментальных исследований, строить модели процессов; моделировать электродинамических процессов электротехнических устройств нового поколения, обладающих качественно новыми функциональными свойствами;	Умеет моделировать электродинамических процессов электротехнических устройств нового поколения, обладающих качественно новыми функциональными и свойствами	Способность самостоятельно дать описание электродинамических процессов электротехнических устройств нового поколения, обладающих качественно новыми функциональными свойствами
	владеет (высокий)	методами междисциплинарного подхода и методами проведения натуральных и модельных экспериментов	Владеет методами междисциплинарного подхода и методами проведения натуральных и модельных экспериментов	Способность обрабатывать и интерпретировать результаты моделирования по совершенствованию существующей техники, обеспечивающей эффективности, надежности и безопасности работы электроэнергетического оборудования

<p>Х качественн о новыми функциона льными свойствами ; совершенст вования существую щей техники, обеспечени я эффективн ости, надежност и и безопаснос ти работы электроэне ргетическо го оборудован ия (ПК-1)</p>				
<p>способност ь самостояте льно осваивать и применять новые системы компьютер ной математик и и системы компьютер ного проектиров ания и компьютер ного инжинирин га,</p>	<p>знает (порог овый уровен ь)</p>	<p>современные методы обработки и интерпретации результатов натурных и модельных экспериментов при проведении исследований; профессиональные системы компьютерной математики, базовые языки программирования, используемые для научных исследований</p>	<p>Знает современные методы обработки и интерпретации результатов натурных и модельных экспериментов при проведении исследований; профессиональны е системы компьютерной математики, базовые языки программировани я, используемые для научных исследований</p>	<p>Способность перечислить основные современные методы обработки и интерпретации результатов натурных и модельных экспериментов</p>
<p>овладевать современн ыми языками программи рования и</p>	<p>умеет (продв инутый )</p>	<p>применять современные системы компьютерной математики и системы компьютерного проектирования,</p>	<p>Умеет применять современные системы компьютерной математики и системы компьютерного проектирования</p>	<p>Способность самостоятельно разрабатывать оригинальные пакеты прикладных программ для проведения с их помощью расчета</p>

разрабатывать оригинальные пакеты прикладных программ и проводить с их помощью расчеты электротехнических устройств, обеспечивающих оптимальные режимы работы (ПК-2)		овладевать современными языками программирования и разрабатывать оригинальные пакеты прикладных программ		режимов электротехнических устройств
	владеет (высокий)	современными языками программирования и разработки пакет прикладных программ для проведения с их помощью расчеты электротехнических устройств, обеспечивающих оптимальные режимы работы	Владеет современными языками программирования и разработки пакет прикладных программ для проведения с их помощью расчеты электротехнических устройств, обеспечивающих оптимальные режимы работы	Способность описать электротехнические объекты математическими моделями и применить компьютерной математики и компьютерного инжиниринга для их исследования

### Критерии выставления оценки на зачете по дисциплине «Техническая электродинамика»

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка зачета/ экзамена	Требования
100-86	«зачтено»/ «отлично»	Оценка «отлично» выставляется, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение.
85-76	«зачтено»/ «хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.



75-61	«зачтено»/ «удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
60-50	«не зачтено»/ «неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится тем, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

### Оценочные средства для промежуточной аттестации

Цель тестов – определение уровня усвоения аспирантами знаний по вопросам диагностики электроэнергетического оборудования в электроэнергетике в соответствии с учебной программой при проведении промежуточной аттестации.

#### ТЕСТЫ

1. Электромагнитное поле (ЭМП) представляет собой... (дайте полный ответ).

а) вакуум, в котором перемещаются электрические и магнитные заряды;  
б) материальную среду, характеризующуюся определенными параметрами: электрической проводимостью  $\gamma$ , магнитной проницаемостью  $\mu$  и диэлектрической постоянной  $\epsilon$ ;

в) материальную среду, характеризующуюся электрической  $\vec{E}$  и магнитной напряженностью  $\vec{H}$ ;

г) особое свойство материи, характеризующееся четырьмя векторными величинами:  $\vec{E}$  – напряженностью ЭП;  $\vec{D}$  — электрической индукцией;  $\vec{H}$  – напряженностью магнитного поля (МП);  $\vec{B}$  — магнитной индукцией.

2. Определить наличие ЭМП в некоторой области пространства — значит измерить... (дайте полный ответ).

- а) величины  $\vec{E}$ ,  $\vec{H}$  в этой области пространства;
- б) величины  $\vec{E}$ ,  $\vec{H}$ ,  $\vec{B}$  в этой области пространства;
- в) величины  $\vec{E}$ ,  $\vec{H}$ ,  $\vec{D}$ ,  $\vec{B}$  в этой области пространства;
- г) электромагнитные силы взаимодействия в этом пространстве.

3. Закон электромагнитной индукции заключается... (выберите наиболее полную формулировку).

а) во взаимосвязи некоторых функций в ЭМП, определяемых формулой  $\text{rot}\vec{E} = -\partial\vec{B}/\partial t$ , где использованы общепринятые в электротехнике обозначения;

б) во взаимосвязи некоторых функций в ЭМП, определяемых формулой  $e = -\partial\psi/\partial t$ , где использованы общепринятые в электротехнике обозначения;

в) в пересечении некоторого контура магнитным потоком, изменяющимся во времени, при этом в контуре индуцируется ЭДС.

4. Собственными токами электромагнитного поля являются:

- а) ток проводимости;
- б) ток смещения;
- в) поляризационный ток.

5. Если в выбранной точке пространства  $\text{div}\vec{B} = 0$ , то:

- а) магнитные силовые линии замкнуты;
- б) векторное поле  $\vec{B}$  нигде не имеет источников;
- в) магнитные заряды в природе отсутствуют.

6. Плоской электромагнитной волной является... (приведите наиболее полную формулировку).

а) волна, в которой векторы напряженности ЭП  $\vec{E}$  и МП  $\vec{H}$  в любой данный момент времени лежат в плоскости, перпендикулярной распространению волны, и имеют в этой плоскости одинаковое значение (такая волна называется плоской), меняются они только в функции координаты  $Z$  (направления распространения волны) и времени  $t$ ;

б) линейно-поляризованная волна называется плоской, в ней  $\vec{E}$ ,  $\vec{H}$  меняются только в функции координаты распространения волны и времени  $t$ ;

в) волна, в которой  $\vec{E}$ ,  $\vec{H}$  изменяются только по координате распространения и во времени, но при этом векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  в каждой точке пространства имеют всевозможные направления, быстро и беспорядочно сменяющие друг друга так, что ни одно из этих колебаний не является преимущественным.

7. Волновод в электротехнике представляет собой... (приведите наиболее полную формулировку).

а) направляющую систему, которая может распространять электромагнитную волну в заданном направлении;

б) направляющую систему, представляющую собой полую трубу с диэлектрическим наполнителем (в качестве наполнителя возможен воздух), по которой направляется электромагнитная волна высоких и сверхвысоких частот;

в) направляющую систему, представляющую собой полую трубу с диэлектрическим наполнителем, по которой распространяются ТЕМ-волны.

8. Волновод — это направляющая система... (выберите наиболее полную формулировку).

а) которая может распространять электромагнитную волну в заданном направлении;

б) представляющая собой полую трубу с диэлектрическим наполнителем (в качестве наполнителя возможен воздух), по которой направляется электромагнитная волна высоких и сверхвысоких частот;

в) представляющая собой полую трубу с диэлектрическим наполнителем, по которой распространяются ТЕМ-волны.

9. Под плоской электромагнитной волной понимают волну... (приведите наиболее полную формулировку).

а) векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  напряженностей которой расположены в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны, и изменяющиеся только в функции координаты распространения и времени;

б) векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  напряженностей которой расположены в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны;

в) изменяющуюся только в функции координаты распространения и времени;

г) изменяющуюся только во времени.

10. Электромагнитная волна называется плоской, если... (приведите наиболее полную формулировку).

а) векторы напряженности ЭП  $\vec{E}$  и МП  $\vec{H}$  в любой данный момент времени лежат в плоскости, перпендикулярной распространению волны, и имеют в этой плоскости одинаковое значение, меняются они только в функции координаты  $Z$  (направления распространения волны) и времени  $t$ ;

б) волна линейно-поляризована, и в ней напряженности  $\vec{E}$ ,  $\vec{H}$  меняются только в функции координаты распространения волны и времени  $t$ ;

в) в волне напряженности  $\vec{E}$ , изменяются только по координате распространения и во времени, но при этом векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  в каждой точке пространства имеют всевозможные направления, быстро и беспорядочно сменяющие друг друга так, что ни одно из этих колебаний не является преимущественным.

11. Затухание электромагнитной волны в проводящей среде зависит от... (приведи те наиболее полную формулировку).

а) длины пути распространения;

б) параметров  $\epsilon$ ,  $\mu$ ,  $\gamma$  пути распространения;

в) параметров  $\epsilon$ ,  $\mu$ ,  $\gamma$  пути распространения и скорости  $v$  распространения электромагнитной волны.

12. Аналитическая зависимость  $\oint_l \vec{A} d\vec{l} = \int_S \text{rot } \vec{A} d\vec{s}$ , представляющая теорему Стокса, характеризует... (выберите полный ответ).

- а) связь между линейным и поверхностным интегралами;
- б) связь между векторной функцией и ее ротором;
- в) зависимость, позволяющую перейти от поверхностного интеграла векторной функции к линейному интегралу этой же функции.

13. Аналитическая зависимость  $\oint_l \vec{A} d\vec{s} = \int_V \text{div } \vec{A} dv$ , представляющая теорему Остроградского, характеризует... (выберите полный ответ).

- а) связь между поверхностным и объемным интегралами;
- б) связь между векторной функцией и ее дивергенцией;
- в) зависимость, позволяющую перейти от объемного интеграла векторной функции к поверхностному интегралу этой же функции.

14. Предпочтительнее пользоваться уравнениями Максвелла в интегральной форме, если:

- а) известно в явном виде уравнение контура, охватывающего электромагнитное поле;
- б) известны в явном виде уравнения контура и поверхности, через которую проходят силовые линии;
- в) известны в явном виде уравнения контура, поверхности и объема, содержащего электрические заряды.

15. Действительная часть диэлектрической проницаемости ( $\epsilon_a = \epsilon'_a + j\epsilon''_a$ ) определяется:

- а) процессами поляризации в веществе;
- б) потерями на Джоулево тепло;
- в) процессами распространения волны в веществе.

5. Тангенс угла диэлектрических потерь определяется только:

- а) величиной мнимой части диэлектрической проницаемости;
- б) величиной действительной части диэлектрической проницаемости;
- в) отношением мнимой части к действительной части диэлектрической проницаемости

16. Комплексный характер характеристического сопротивления среды означает, что:

- а) среда с потерями на Джоулево тепло;
- б) среда с потерями, вектора  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  колеблются не синфазно;
- в) имеется сдвиг фаз между векторами  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$ , пропорциональный тангенсу угла диэлектрических потерь.

17. Неравномерное распределение тока в цилиндрическом проводе кругового сечения связано... (приведите наиболее полную формулировку).

- а) с поверхностным эффектом — вытеснением тока к поверхности проводника при повышении частоты питающего напряжения;
- б) с неоднородным электрическим сопротивлением материала цилиндрического провода;
- в) с изменением активного сопротивления  $r$  по сравнению с омическим  $R$  ( $r > R$  при  $f > 0$ ) в цепях переменного тока.

18. Сила, действующая в точке среды на помещенное в нее тело в ЭМП, представляет собой... (приведите наиболее полную формулировку).

- а) суммарную силу, действующую в ЭМП на пробное тело: она складывается векторно из силы магнитной и силы электрической, действующих на это пробное тело, каждая из сил определяется соответствующим изменением энергии по изменению координаты пробного тела;

б) силу, определяемую по формуле  $\vec{f} = \frac{\partial}{\partial q_i} \int_V \left( \frac{E^2}{2\varepsilon} + \frac{H^2}{2\mu} \right) dv$ , где  $i = 1, 2, 3$ , остальные обозначения общепринятые;

в) силу, определяемую по формуле  $\vec{f} = \frac{\partial}{\partial q_i} \int_V \left( \frac{\vec{E}\vec{D}}{2} + \frac{\vec{H}\vec{B}}{2} \right) dv$ , где  $i = 1, 2, 3$ , остальные обозначения общепринятые.

19. Суммарный магнитный поток ( $\psi = \omega\Phi$ ), пересекающий замкнутый металлический контур, наводит в нем... (выберите ответ).

- а) ЭДС  $\varepsilon_L$  и электрический ток, если суммарный магнитный поток пересекает металлический контур перпендикулярно его плоскости;

б) ЭДС  $e_L$  и электрический ток, если суммарный магнитный поток пересекает металлический контур перпендикулярно его плоскости и изменяется при этом во времени;

в) ЭДС  $e_L$  и электрический ток, если суммарный магнитный поток направлен параллельно плоскости металлического контура;

г) ЭДС  $e_L$  и электрический ток, если суммарный магнитный поток направлен параллельно плоскости металлического контура и изменяется при этом во времени;

д) противо-ЭДС  $e_L$  и электрический ток, если суммарный магнитный поток пересекает контур перпендикулярно его плоскости.

20. Эквивалентная глубина проникновения — ... (приведите наиболее полную формулировку).

а) зависит от параметров среды —  $\epsilon$ ,  $\mu$ ,  $\gamma$ ;

б) зависит от частоты  $\omega$ ;

в) зависит от параметров среды —  $\epsilon$ ,  $\mu$ ,  $\gamma$  и частоты  $\omega$ ;

г) является постоянной величиной для данного материала.

21. Однородной краевой задачей Дирихле называется краевая задача, согласно которой:

а) искомая функция должна обратиться в нуль на границе области;

б) первая производная по нормали должна обратиться в нуль на границе области;

в) вторая производная функции по нормали должна обратиться в нуль на границе области.

## **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **Темы рефератов**

**1.** Общие вопросы проблем передачи, преобразования и перераспределения электрической энергии.

2. Роль и место технической электродинамики в описании электромагнитных процессов при проектировании электротехнических устройств.

3. Плоские волны и их распространение в различных средах

4. Направляющие системы и направляемые электромагнитные волны

5. Электродинамика метаматериалов

6. Вопросы создания информационно-измерительных трактов для оценки технического состояния электротехнического оборудования.

7. Современное состояние и перспективы развития электроэнергетики и электротехнологий

8. Прямоугольные волноводы и их использование для передачи электрической энергии

9. Коаксиальные и полосковые линии.

10. Электромагнитное экранирование.

### Вопросы к зачету

1. Уравнения электромагнитного поля в интегральной форме.
2. Уравнения электромагнитного поля в дифференциальной форме.
3. Граничные условия для векторов электрического поля.
4. Граничные условия для векторов магнитного поля.
5. Энергия электромагнитного поля.
6. Основные уравнения электростатики.
7. Основные уравнения магнитостатики.
8. Основные уравнения стационарного электромагнитного поля.
9. Плоские электромагнитные волны.
10. Уравнения плоской электромагнитной волны в диэлектрике.
11. Уравнения плоской электромагнитной волны в проводящей среде.
12. Падение электромагнитной волны на границу раздела двух сред.
13. Какие задачи решаются при исследовании вопросов электродинамики?
14. Какими характерными свойствами должны отличаться задачи, которые можно решить на основе уравнений электромагнитного поля в интегральной форме?
15. Направляющие системы. Классификация направляемых волн.
16. Критическая частота. Критическая длина волны.
17. Мощность, переносимая электромагнитной волной по линии передач.



18. Электрические волны. Магнитные волны. Концепция парциальных полей.
19. Что такое скорость распространения энергии. Групповая скорость?
20. Уравнения длиной линии с неоднородными участками распределенных по линии емкости и индуктивности. Граничные условия.
21. Условия туннелирования волн. Условия полного внутреннего отражения.
22. Н-волны в прямоугольном волноводе.
23. Е-волны в прямоугольном волноводе.
24. Критическая частота и критическая длина волны. Основные параметры распространения электромагнитной волны в прямоугольном волноводе.
25. Волны в оптоволоконных линиях. Передача энергии по оптоволоконным линиям.
26. Основные параметры распространения электромагнитной волны в оптоволоконных линиях.
27. Волны в коаксиальной линии. Передача энергии по коаксиальной линии
28. Волны в полосковой линии.. Передача энергии по полосковой линии.
29. Основные параметры распространения электромагнитной волны в коаксиальной и полосковой линиях.

**Перечень дискуссионных тем для круглого стола  
(дискуссии, полемики, диспута, дебатов)  
по дисциплине «Техническая электродинамика»**

1. Современные проблемы технической электродинамики.
2. Отражения и преломления электромагнитных волн.
3. Проблемы передачи информации по волноводам.