**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. В. Сенченко
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# Электродинамика и распространение радиоволн

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования**
Направленность (профиль) / специализация: **Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования воздушных судов и аэропортов**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **КИПР, Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 7 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 34 | 34 | часов |
| 2 | Практические занятия | 34 | 34 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 16 | 16 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 84 | 84 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 60 | 60 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 144 | 144 | часов |
| 7 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 8 | Общая трудоемкость | 180 | 180 | часов |
| | | 5.0 | 5.0 | З.Е. |

Экзамен: 7 семестр

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 20.12.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Томск

Согласована на портале № 53294

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 8 от « 5 » 12 2019 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 25.05.03 Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования , утвержденного 12.09.2016 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КИПР «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:
профессор каф. КИПР _____ А. С. Шостак

Заведующий обеспечивающей каф.
КИПР _____ Н. Н. Кривин

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан РКФ _____ Д. В. Озеркин

Заведующий выпускающей каф.
КИПР _____ Н. Н. Кривин

Эксперты:

Доцент кафедры конструирования
и производства радиоаппаратуры
(КИПР) _____ А. А. Чернышев

Старший преподаватель кафедры
конструирования и производства
радиоаппаратуры (КИПР) _____ М. С. Сахаров

Согласована на портале № 53294

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

является углубление фундаментальных знаний о законах, описывающих электромагнитное поле, как вида материи, освоение математического аппарата и методов электродинамического описания явлений и процессов в радиоэлектронных устройствах различного назначения,

является изучение распространения однородных плоских электромагнитных волн в материальных средах и в свободном пространстве.

### 1.2. Задачи дисциплины

– студенты должны изучить уравнения Максвелла, материальные уравнения, граничные условия и следствие из них,

– студенты должны изучить методы решения уравнений Максвелла при описании процессов излучения, распространения и дифракции радиоволн в различных средах и структурах, способы и особенности распространения радиоволн различных диапазонов

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Электродинамика и распространение радиоволн» (Б1.Б.31) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Прием и обработка сигналов, Формирование и передача сигналов.

Последующими дисциплинами являются: Автоматизированные системы управления воздушным движением, Антенны и устройства сверхвысокой частоты, Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты, Радиолокационные системы.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОК-1 способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу;

– ПК-26 способностью разрабатывать планы, программы и методики проведения исследований объектов профессиональной деятельности на основе информационного поиска и анализа информации по объектам исследований;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** основные законы теории электромагнитного поля; особенности статических и ста-ционарных полей, параметры плоской однородной волны в различных средах; структура электромагнитного поля над идеально проводящей поверхностью; особенности распро-странения волн различных диапазонов

– **уметь** : рассчитывать напряженность электрических и магнитных полей, графически изображать поля, решать инженерные задачи, связанные с использованием волн

– **владеть** приёмами оценивания параметров и характеристик электромагнитных процессов на основе методов теоретического и физического исследования

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 7 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 84 | 84 |
| Лекции | 34 | 34 |
| Практические занятия | 34 | 34 |
| Лабораторные работы | 16 | 16 |
| Самостоятельная работа (всего) | 60 | 60 |

Согласована на портале № 53294

| | | |
|---|---|---|
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 23 | 23 |
| Проработка лекционного материала | 10 | 10 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 27 | 27 |
| Всего (без экзамена) | 144 | 144 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость, ч | 180 | 180 |
| Зачетные Единицы | 5.0 | 5.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины | Лек., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | | | |
| 1 Введение | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | ОК-1, ПК-26 |
| 2 Теория электромагнитного поля | 6 | 11 | 4 | 15 | 36 | ОК-1, ПК-26 |
| 3 Распространение плоских однородных волн | 8 | 0 | 8 | 15 | 31 | ОК-1, ПК-26 |
| 4 Распространение радиоволн в материальных средах | 6 | 12 | 4 | 15 | 37 | ОК-1, ПК-26 |
| 5 Особенности распространения радиоволн различных диапазонов | 12 | 11 | 0 | 14 | 37 | ОК-1, ПК-26 |
| Итого за семестр | 34 | 34 | 16 | 60 | 144 | |
| Итого | 34 | 34 | 16 | 60 | 144 | |

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов | Содержание разделов дисциплины (по лекциям) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 1 Введение | Цели и задачи дисциплины, организация обучения и самостоятельной работы студентов. Место электромагнетизма в современной физической картине мира Особенности диапазона СВЧ. Техника СВЧ и ее применение. Распространение радиоволн. Элементы векторной алгебры и векторного анализа. | 2 | ОК-1, ПК-26 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Теория электромагнитного поля | Основные положения электромагнетизма: элек-тромагнитное поле и его математические модели. Плотность тока проводимо- | 6 | ОК-1, ПК-26 |

Согласована на портале № 53294

| | | | |
|---|---|---|---|
| | сти. Дифференциальная форма закона Ома. Закон сохранения заряда. Закон Гаусса. Закон неразрывности магнитных силовых линий. Закон полного тока. Ток смещения. Закон электромаг-нитной индукции. Материальные уравнения электро-магнитного поля. Поляризационные и сторонние токи.Уравнения Максвелла: сводка уравнений Максвелла. Уравнения Максвелла в интегральной форме. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме.Уравнения Максвелла для гармонических колебаний: уравнения Максвелла для гармонических колебаний. Монохроматические поля. Комплексные амплитуды полей. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Угол диэлектрических потерь. Энергетические соотношения в электромагнитном поле. Вектор Пойнтинга. Магнитный ток. Принцип перестановочной двойственности. Лемма Лоренца. | | |
| | Итого | 6 | |
| 3 Распространение плоских однородных волн | Плоские однородные электромагнитные волны: понятие волнового процесса. Продольные и поперечные волны. Плоские волны и их характеристи-ки. Затухание волн в материальных средах. Коэффициент распространения. Волновой характер переменного электромагнитного поля. Уравнение Гельмгольца. Поляризация плоских электромагнитных волн: понятие характеристического сопротивления. Плотность потока мощности в плоской электромагнит-ной волне. Некоторые частные случаи. Плоские волны с эллиптической поляризацией. Плоские электромаг-нитные волны, распространяющиеся в произвольном направлении.Граничные условия для векторов электро-магнитного поля: постановка задачи. Граничные условия для нормальных составляющих векторов магнитно-го поля. Граничные условия для нормальных состав-ляющих векторов электрического поля. Граничные ус-ловия для касательных составляющих векторов маг-нитного поля. Граничные условия для касательных со-ставляющих векторов электрического поля.Нормальное падение плоских однородных электромагнитных волн на плоскую границу разде-ла сред: нормальное падение плоской электромагнит-ной волны на идеально проводящую | 8 | ОК-1, ПК-26 |

Согласована на портале № 53294

| | | | |
|---|---|---|---|
| | плоскость. Нор-мальное падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство. Нормальное падение плоской электромагнитной волны на диэлектриче-ский слой конечной толщины. К вопросу о создании не отражающих сред. Падение плоских однородных электромаг-нитных волн на плоскую границу раздела сред под произвольным углом: падение плоской электромаг-нитной волны на диэлектрическое полупространство под произвольным углом. Угол Брюстера. | | |
| | Итого | 8 | |
| 4 Распространение радиоволн в материальных средах | Распространение плоских электромагнитных волн в средах с частотной дисперсией: волны в диэлектриках и в проводящей среде. Плазма и ее электродинамические пара-метры. Распространение электромагнитных волн в плазме. Распространение импульсов в средах с частотной дисперсией фазовой скорости. Понятие групповой скорости. Распространение плоских электромагнит-ных волн в анизотропных средах: изотропные и анизотропные среды. Физический механизм анизотропии ферритов. Поперечное и продольное распространение электромагнитных волн в намагниченном феррите. Эффекты Коттона – Мутона и Фарадея. | 6 | ОК-1, ПК-26 |
| | Итого | 6 | |
| 5 Особенности распространения радиоволн различных диапазонов | Общие вопросы распространения радиоволн: классификация радиоволн по диапазону и спосо-бу распространения. Формулы идеальной радиопереда-чи и множитель ослабления. Определение области про-странства, существенной при распространении радио-волн.Распространение земных радиоволн: расчет поля при поднятых антеннах в зоне прямой видимости. Интерференционная формула и формула Введенского. Диаграммы направленности поднятых антенн. Учет сферичности земли при распространении радиоволн в зоне освещенности. Приведенные высоты и их исполь-зование при расчете поля. Расчет поля при низко рас-положенных антеннах. Постановка задачи. Структура поля вблизи поверхности Земли. Формула Шулейкина-Ван-дер-Поля.Влияние тропосферы на распространение радиоволн: строение тропосферы. Её электрические параметры. Распространение волн в неод- | 12 | ОК-1, ПК-26 |

Согласована на портале № 53294

| | | | |
|---|---|---|---|
| | нородной сре-де. Явление рефракции. Эквивалентный радиус Земли при учете рефракции. Сверхрефракция. Тропосферные волноводы. Рассеяние радиоволн на тропосферных не-однородностях. Дальнее тропосферное распростране-ние. Особенности распространения оптических волн в тропосфере.Влияние ионосферы на распространение ра-диоволн: строение ионосферы. Физические причины образования в ионосфере ионизированных слоев. Элек-трические параметры слоев. Критические и максималь-ные частоты. Влияние магнитного поля Земли на распространение радиоволн в ионосфере. Особенности распространения в ионосфере волн различных диапазо-нов. Выбор оптимальных рабочих частот.Распространение радиоволн на космических линиях связи: системы спутниковой связи и их качест-венные показатели. Полосы частот в системах спутни-ковой радиосвязи. Учет поглощения сигналов в атмо-сфере. Деполяризация волн в атмосфере. Шумы атмосферы, космические шумы и шумы приемных систем. Элементы проектирования систем спутниковой связи. Примеры систем спутниковой связи в России и за рубежомРаспространение радиоволн различных диапазонов: влияние электродинамических свойств земных покровов на распространение сверхдлинных, длинных и средних радиоволн. Особенности распространения коротких волн (зона молчания, ночные волны и дневные волны). Особенности распространения ультракоротких волн (радиорелейные линии связи, космическая связь). | | |
| | Итого | 12 | |
| Итого за семестр | | 34 | |

**5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами**

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | |
| 1 Прием и обработка сигналов | | | | + | |

Согласована на портале № 53294

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 Формирование и передача сигналов | | | | + | |
| Последующие дисциплины | | | | | |
| 1 Автоматизированные системы управления воздушным движением | | | | | + |
| 2 Антенны и устройства сверхвысокой частоты | | + | | + | |
| 3 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты | | | | | + |
| 4 Радиолокационные системы | | | | + | |

**5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий**

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ОК-1 | + | + | + | + | Контрольная работа, Конспект самоподготовки, Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Зачёт, Тест, Отчет по практическому занятию |
| ПК-26 | + | + | + | + | Контрольная работа, Конспект самоподготовки, Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Зачёт, Тест, Отчет по практическому занятию |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 2 Теория электромагнитного поля | Исследование двухполюсников на СВЧ. Измерение входного сопротивления с помощью измерительной линии. Определение комплексного сопротивления в нагрузке по рас-пределению поля в линии | 4 | ОК-1, ПК-26 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Распространение плоских однородных | Измерение параметров четырехполюсников на СВЧ. Параметры четырехполюсни- | 4 | ОК-1, ПК-26 |

Согласована на портале № 53294

| | | | |
|---|---|---|---|
| волн | ков. Ме-тод отношения мощностей. Ослабление атте-нюаторов. Метод замещения | | |
| | Исследование параметров СВЧ резонаторов. Резонаторы СВЧ и их основные параметры. Из-мерение добротности по декременту затухания. Резонатор, включенный как оконечная нагрузка. Метод передачи. Автоматизированный метод измерения параметров резонатора | 4 | |
| | Итого | 8 | |
| 4 Распространение радиоволн в материальных средах | Исследование параметров ферритовых вен-тилей. Параметры ферритовых вентилей. Вен-тили на эффекте ферромагнитного резонанса. Вентили на эффекте смещения поля. Измерение характеристик | 4 | ОК-1, ПК-26 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 16 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 2 Теория электромагнитного поля | Основы теории электромагнетизма | 3 | ОК-1, ПК-26 |
| | Уравнения Максвелла | 3 | |
| | Контрольная работа: Основы теории электро-магнетизма и уравнения Максвелла | 5 | |
| | Итого | 11 | |
| 4 Распространение радиоволн в материальных средах | Плоские электромагнитные волны | 3 | ОК-1, ПК-26 |
| | Отражение и преломление плоских электромаг-нитных волн | 3 | |
| | Контрольная работа: Плоские электромагнит-ные волны, отражение и преломление | 6 | |
| | Итого | 12 | |
| 5 Особенности распространения радиоволн различных диапазонов | Распространение земных радиоволн | 3 | ОК-1, ПК-26 |
| | Влияние тропосферы и ионосферы на распро-странение радиоволн | 3 | |
| | Контрольная работа: Распространение радио-волн | 5 | |
| | Итого | 11 | |
| Итого за семестр | | 34 | |

## 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Согласована на портале № 53294

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | |
| 1 Введение | Проработка лекционного материала | 1 | ОК-1, ПК-26 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест |
| | Итого | 1 | | |
| 2 Теория электромагнитного поля | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | ОК-1, ПК-26 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | | |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | | |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 5 | | |
| | Итого | 15 | | |
| 3 Распространение плоских однородных волн | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | ОК-1, ПК-26 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 5 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 5 | | |
| | Итого | 15 | | |
| 4 Распространение радиоволн в материальных средах | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | ОК-1, ПК-26 | Защита отчета, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию, Тест |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | | |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 8 | | |
| | Итого | 15 | | |
| 5 Особенности распространения радиоволн | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ПК-26, ОК-1 | Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос |

Согласована на портале № 53294

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| различных диапазонов | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | | на занятиях, Отчет по практическому занятию, Тест |
| | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 3 | | |
| | Проработка лекционного материала | 4 | | |
| | Итого | 14 | | |
| Итого за семестр | | 60 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 96 | | |

## 10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | |
| Конспект самоподготовки | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Контрольная работа | 5 | 5 | 4 | 14 |
| Опрос на занятиях | 5 | 5 | 4 | 14 |
| Отчет по лабораторной работе | 5 | 5 | 4 | 14 |
| Отчет по практическому занятию | 5 | 4 | 4 | 13 |
| Итого максимум за период | 25 | 24 | 21 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 25 | 49 | 70 | 100 |

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

| Баллы на дату контрольной точки | Оценка |
|---|---|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 3 |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 2 |

Согласована на портале № 53294

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС) | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 - 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 - 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 - 84 | C (хорошо) |
| | 70 - 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 - 69 | |
| | 60 - 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Основы электродинамики и распространение радиоволн Часть 2. Распространение радиоволн [Электронный ресурс]: Курс лекций / Шостак А. С. - 2012. 84 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1221 (дата обращения: 13.02.2022).

### 12.2. Дополнительная литература

1. Электродинамика и распространение радиоволн [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Боков Л. А., Мандель А. Е., Замотринский В. А. - 2013. 410 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3289 (дата обращения: 13.02.2022).
2. Пименов Ю.В., Вольман В.И., Муравцов А.Д. Техническая электродинамика. - М.: Радио и связь. 2002. – 536 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 23 экз.)

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Основы электродинамики и распространение радиоволн [Электронный ресурс]: Сборник задач / Корогодов В. С., Козлов В. Г., Шостак А. С. - 2012. 172 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1224 (дата обращения: 13.02.2022).
2. Техническая электродинамика, Основы электродинамики и распространение радиоволн, Антенны и устройства СВЧ [Электронный ресурс]: Лабораторный практикум / Корогодов В. С., Козлов В. Г., Шостак А. С. - 2012. 137 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1319 (дата обращения: 13.02.2022).
3. Основы электродинамики и распространение радиоволн [Электронный ресурс]: Методическое пособие по самостоятельной работе студентов / Шостак А. С. - 2012. 13 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1705 (дата обращения: 13.02.2022).
4. Основы электродинамики и распространение радиоволн Часть 1. Электромагнитные поля и волны [Электронный ресурс]: Курс лекций / Шостак А. С. - 2012. 143 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1223 (дата обращения: 13.02.2022).

#### 12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

– в форме электронного документа;

Согласована на портале № 53294

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

### 12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Профессиональные базы данных, доступ к которым оформлен библиотекой ТУСУРа в текущий момент времени. Список доступных баз данных см. по ссылке: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

### 13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

#### 13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

#### 13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория проектирования микроволновых устройств

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 405 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Панорамные измерители КСВН;
- Генератор сигналов высокочастотный;
- Измерительные линии Р1-36, Р1-3;
- Направленные детекторы коаксиальные;
- Комплект рупорных антенн;
- Ферритовые вентили: волноводные, коаксиальные;
- Комплект волноводных и коаксиальных нагрузок;
- Аттенюаторы, переходы, разъёмы и др. пассивные устройства СВЧ;
- Измеритель комплексных коэффициентов передачи Р4-23;
- Генераторы сигналов высокочастотные: Г4-80, Г4-81, Г4-82;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

#### 13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория проектирования микроволновых устройств

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проекти-

Согласована на портале № 53294

рования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 405 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Панорамные измерители КСВН;
- Генератор сигналов высокочастотный;
- Измерительные линии Р1-36, Р1-3;
- Направленные детекторы коаксиальные;
- Комплект рупорных антенн;
- Ферритовые вентили: волноводные, коаксиальные;
- Комплект волноводных и коаксиальных нагрузок;
- Аттенюаторы, переходы, разъёмы и др. пассивные устройства СВЧ;
- Измеритель комплексных коэффициентов передачи Р4-23;
- Генераторы сигналов высокочастотные: Г4-80, Г4-81, Г4-82;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

### 13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** исполь-

Согласована на портале № 53294

зуются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

#### 14.1.1. Тестовые задания

1 Нормальные составляющие вектора магнитной индукции на границе раздела двух сред: а) претерпевают скачок; б) непрерывны; в) не определены; г) зависят от величины магнитной индукции.

2 Касательные составляющие векторов напряженности магнитного поля: а) непрерывны; б) претерпевают скачок; в) непрерывны, если проводимость на границы раздела конечна; г) непрерывны всегда.

3 На границе раздела идеального проводника плотность поверхностного электрического тока численно равна: а) касательной проекции вектора напряженности магнитного поля; б) касательной проекции вектора магнитной индукции; в) нормальной проекции вектора магнитной индукции; г) пропорциональна вектору электрической индукции.

4 Нормальные составляющие векторов электрического смещения на границе раздела двух сред: а) непрерывны; б) претерпевают скачок; в) непрерывны, если на границе отсутствуют электрические заряды; г) зависят от разности диэлектрических проницаемостей сред.

5. Введение стороннего магнитного тока позволяет: а) доказать лемму Лоренца; б) не позволяет доказать лемму Лоренца; в) лемма Лоренца не имеет отношения к магнитному току; г) помогает решать симметричные задачи.

6. . Для того, чтобы найти мгновенное значение поля в методе комплексных амплитуд, необходимо: а) домножить реальную часть на показательную функцию ; б) домножить мнимую часть на показательную функцию ; в) поделить на показательную функцию; г) домножить модуль на показательную функцию.

7. Действительная часть диэлектрической проницаемости определяется: а) процессами поляризации в веществе; б) потерями на Джоулево тепло; в) процессами распространения волны в веществе; г) зависит от величины поля.

8. 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; г) модулем диэлектрической проницаемости.

9. Нормальные составляющие вектора магнитной индукции на границе раздела двух сред: а) претерпевают скачок; б) непрерывны; в) не определены; г) зависят от магнитных свойств сред.

10. Касательные составляющие векторов напряженности магнитного поля: а) непрерывны; б) претерпевают скачок; в) непрерывны, если проводимость границы раздела конечна; г) не определена.

11. На границе раздела идеального проводника плотность поверхностного электрического тока численно равна: а) касательной проекции вектора напряженности магнитного поля; б) касательной проекции вектора магнитной индукции; в) нормальной проекции вектора магнитной индукции; г) равна бесконечности.

11. Нормальные составляющие векторов электрического смещения на границе раздела двух сред: а) непрерывны; б) претерпевают скачок; в) непрерывны, если на границе отсутствуют электрические заряды; г) непрерывны, если есть заряды.

12. Нормальные составляющие векторов напряженности электрического поля на границе раздела: а) претерпевают скачок; б) непрерывны; в) претерпевают скачок, если на границе отсутствуют электрические заряды; г) претерпевают скачок, если на границе присутствуют электрические заряды.

Согласована на портале № 53294

13. Касательные составляющие векторов напряженности электрического поля на границе раздела двух сред: а) непрерывны; б) претерпевают скачок; в) претерпевают скачок только на границе идеального проводника; г) равны нулю.

14. Перпендикулярная поляризация характерна тем, что: а) плоскость поляризации, содержащая направление вектора E , перпендикулярна плоскости падения; б) плоскость, содержащая вектор H , перпендикулярна плоскости падения; в) плоскость, содержащая вектор E , параллельна плоскости падения. .

15. Параллельная поляризация характерна тем, что: а) плоскость, содержащая все три вектора (Нпад, Нотр, Нпрел), параллельна плоскости падения; б) плоскость, содержащая все три вектора , параллельна плоскости падения; в) плоскость, содержащая все три вектора, г) перпендикулярна плоскости падения.

16. Минимальный коэффициент отражения (R=0) может быть достигнут: а) при перпендикулярной поляризации; б) при параллельной поляризации; в) для обоих видов поляризации; г) при эллиптической поляризации.

17 Силовые линии электрического вектора подходят к поверхности идеального проводника: а) по нормали; б) по касательной; в) угол преломления всегда равен нулю; г) угол преломления всегда равен сорока пяти градусам.

18. Если диэлектрическая проницаемость второй среды стремится к бесконечности то, независимо от ориентации электрического поля в первой среде, на границе раздела двух сред имеет место только: а) нормальная; б) касательная; в) обе составляющие электрического поля; г) обе составляющие электрического поля равны нулю.

19. Граничные условия имеют место только: а) в окрестности выделенной точки на поверхности; б) на всей поверхности раздела; в) на всей поверхности раздела ; г) только в особых точках.

20. Из формулы для силы Лоренца следует, что фокусировку пучка заряженных частиц можно осуществить: а) электрическим полем; б) необходимо использовать магнитное поле; в)оба поля; г) током смещения.

21. Тангенс угла диэлектрических потерь определяется:

а) только. величиной мнимой части диэлектрической проницаемости; б) величиной действительной части диэлектрической проницаемости; в) величиной отношения действительной и мнимой частей диэлектрической проницаемости; г) не зависит от диэлектрической проницаемости.

22. Волна распространяется вдоль оси Z Плоскостью равных фаз или волновым фронтом называется плоскость: а) перпендикулярная оси Z; б) плоскость XOY; в) плоскость, удовлетворяющая при любых t уравнению $\omega t + \beta z = const$ плоскость; г) удовлетворяющая при любых t уравнению $\omega t - \beta z = const$. Ответ - в) ; г).

23. В каких районах ионосферные бури вызывают наиболее сильное нарушение КВ связи (от нескольких часов до нескольких суток.): а) в районах экватора; б) в районах низких широт; в) в районах высоких широт; г) в районах с низкой влажностью.

24. Радиолинии УКВ работают в условиях прямой видимости. Опытным путем установлено, что длина радиотрассы несколько больше, причиной тому является: а) дифракция; б) сила земного притяжения; в) интерференция; г) рефракция.

25. Расчет КВ радиолинии земным лучем дает наибольшую дальность в случае, если радиолиния расположена: а) над почвой средней влажности; б) над пустыней; в) над морем;

в) над городом со сплошной застройкой.

### 14.1.2. Экзаменационные вопросы

1 Электромагнитное поле и его математические модели.

2 Закон Ома в дифференциальной форме.

3 Электромагнитные волны в хорошо проводящей среде.

4 Закон сохранения заряда

5 5. Электромагнитные волны в сверхпроводниках. Уравнение Лондонов.

6 Закон Гаусса.

7 Нормальное падение ЭМВ на идеально проводящую поверхность.

8 Закон неразрывности магнитных силовых линий.

Согласована на портале № 53294

9 Закон Снелля.
10 Угол Брюстера.
11 Угол полного внутреннего отражения.
12 Закон полного тока.
13 Ток смещения.
14 Неоднородные плоские волны.
15 Граничные условия Леонтовича.
16 Закон электромагнитной индукции.
17 Падение плоской ЭМВ под произвольным углом на идеально проводящую поверхность.
18 Понятие продольной и поперечной составляющих поля.
19 Материальные уравнения ЭМП.
20 Е – и Н – волны.
21 Связь между продольными и поперечными составляющими поля.
22 Поляризационные и сторонние токи.
23 Волны типа Е – в прямоугольном волноводе.
24 Уравнения Максвелла для гармонических колебаний.
25 Волны типа Н - в прямоугольном волноводе.
26 Вектор Пойтинга.
27 Волна типа Н10 в прямоугольном волноводе.
28 Принцип перестановочной двойственности.
29 Распределение токов в волне Н10.
30 Характеристическое сопротивление волновода.
31 Лема Лоренца.
32 Типы волн в круглом металлическом волноводе.
33 Плоские волны.
34 Волны типа Е – в круглом волноводе.
35 Затухание волн в материальных средах.
36 Волны Е01 и Е11 в круглом волноводе.
37 Уравнение Гельмгольца.
38 Волны типа Н – в круглом волноводе.
39 Понятие характеристического сопротивления.
40 Структура Н11 - волны в круглом волноводе.
41 Плоские ЭМВ с эллиптической поляризацией.
42 Волны типа – Т. Общие свойства.
43 Граничные условия для нормальных составляющих ЭМП.
44 Коаксиальный волновод.
45 Граничные условия для касательных составляющих ЭМП.
46 Полосковые волноводы.
47 Понятие квази – Т – волн.
48 ЭМВ в хорошо проводящей среде.
49 Отрезок волновода с Т – волной как четырехполюсник.
50 Распространение ЭМВ в бесстолкновительной плазме.
51 Материальные уровни ЭМП в магнитодиэлектрике.
52 Прямоугольный объемный резонатор.
53 Материальные уравнения ЭМП в магнитных материалах.
54 Собственные колебания в прямоугольном резонаторе.
55 Материальные уравнения ЭМП в анизотропных средах.
56 Структура ЭМП в резонаторах с колебаниями типа Н101.
57 Физический смысл уравнений Максвелла.
58 Области применения уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной форме.
59 Резонаторы на волноведущих линиях с Т – волной.
60 Физический смысл коэффициента распространения.
61 Колебательные системы СВЧ. Собственные типы колебаний.
62 Плоские волны и их характеристики.

Согласована на портале № 53294

63 Добротность объемных резонаторов.
64 Фазовая скорость ЭМВ.
65 Групповая скорость ЭМВ.
66 Уравнения движения вектора намагниченности в магнетиках.
67 Тензор магнитной проницаемости.
68 Общее решение уравнения Гельмгольца.
69 Уравнения Максвелла в гиротропной среде.
70 Поперечное распространение ЭМВ в гиротропной среде.
71 Распространение плоской ЭМВ в произвольном направлении.
72 Продольное распространение ЭМВ в гиротропной среде.
73 73. Классификация радиоволн по диапазону и способу распространения
74 Классификация радиоволн по диапазону и способу распространения
75 Определение области пространства, существенной при распространении радиоволн.
76 Расчет поля при поднятых антеннах в зоне прямой видимости
77 Интерференционная формула и формула Введенского
78 Диаграммы направленности поднятых антенн.
79 Диаграммы направленности поднятых антенн.
80 Расчет поля при низко расположенных антеннах.
81 Формула Шулейкина - Ван-дер-Поля.
82 Влияние тропосферы на распространение радиоволн: строение тропосферы
83 Влияние тропосферы на распространение радиоволн: строение тропосферы
84 Тропосферные волноводы. Рассеяние радиоволн на тропосферных неоднородностях
85 Дальнее тропосферное распространение. Особенности распространения оптических волн в тропосфере
86 Влияние ионосферы на распространение радиоволн: строение ионосферы. Физические причины образования в ионосфере ионизированных слоев.
87 Влияние магнитного поля Земли на распространение радиоволн в ионосфере
88 Влияние электродинамических свойств земных покровов на распространение сверхдлинных, длинных и средних радиоволн
89 Особенности распространения коротких волн (зона молчания, ночные волны и дневные волны).
90 Особенности распространения ультракоротких волн (радиорелейные линии связи, космическая связь)
91 Особенности распространения ультракоротких волн (радиорелейные линии связи, космическая связь)

### 14.1.3. Темы контрольных работ

1.Основы теории электромагнетизма и уравнения Максвелла
2. Плоские электромагнитные волны, отражение и преломление
3.Распространение радиоволн

### 14.1.4. Темы опросов на занятиях

Цели и задачи дисциплины, организация обучения и самостоятельной работы студентов. Место электромагнетизма в современной физической картине мира Особенности диапазона СВЧ. Техника СВЧ и ее применение. Распространение радиоволн. Элементы векторной алгебры и векторного анализа.

Основные положения электромагнетизма: элек-тромагнитное поле и его математические модели. Плотность тока проводимости. Дифференциальная форма закона Ома. Закон сохранения заряда. Закон Га-усса. Закон неразрывности магнитных силовых линий. Закон полного тока. Ток смещения. Закон электромаг-нитной индукции. Материальные уравнения электро-магнитного поля. Поляризационные и сторонние токи.

Уравнения Максвелла: сводка уравнений Максвелла. Уравнения Максвелла в интегральной форме. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме.

Уравнения Максвелла для гармонических колебаний: уравнения Максвелла для гармонических колебаний. Монохроматические поля. Комплексные амплитуды полей. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Угол диэлектрических потерь. Энергетические соотношения в электро-

Согласована на портале № 53294

магнитном поле. Вектор Пойнтинга. Магнитный ток. Принцип перестановочной двойственности. Лемма Лоренца.

Плоские однородные электромагнитные волны: понятие волнового процесса. Продольные и поперечные волны. Плоские волны и их характеристи-ки. Затухание волн в материальных средах. Коэффици-ент распространения. Волновой характер переменного электромагнитного поля. Уравнение Гельмгольца.

Поляризация плоских электромагнитных волн: понятие характеристического сопротивления. Плотность потока мощности в плоской электромагнит-ной волне. Некоторые частные случаи. Плоские волны с эллиптической поляризацией. Плоские электромаг-нитные волны, распространяющиеся в произвольном направлении.

Граничные условия для векторов электро-магнитного поля: постановка задачи. Граничные усло-вия для нормальных составляющих векторов магнитно-го поля. Граничные условия для нормальных состав-ляющих векторов электрического поля. Граничные ус-ловия для касательных составляющих векторов маг-нитного поля. Граничные условия для касательных со-ставляющих векторов электрического поля.

Нормальное падение плоских однородных электромагнитных волн на плоскую границу разде-ла сред: нормальное падение плоской электромагнит-ной волны на идеально проводящую плоскость. Нор-мальное падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство. Нормальное паде-ние плоской электромагнитной волны на диэлектриче-ский слой конечной толщины. К вопросу о создании не отражающих сред.

Падение плоских однородных электромаг-нитных волн на плоскую границу раздела сред под произвольным углом: падение плоской электромаг-нитной волны на диэлектрическое полупространство под произвольным углом. Угол Брюстера.

Распространение плоских электромагнит-ных волн в средах с частотной

дисперсией: волны в диэлектриках и в прово-дящей среде. Плазма и ее электродинамические пара-метры. Распространение электромагнитных волн в плазме. Распространение импульсов в средах с частот-ной дисперсией фазовой скорости. Понятие групповой скорости.

Распространение плоских электромагнит-ных волн в анизотропных средах: изотропные и ани-зотропные среды. Физический механизм анизотропии ферритов. Поперечное и продольное распространение электромагнитных волн в намагниченном феррите. Эффекты Коттона – Мутона и Фарадея.

Общие вопросы распространения радио-волн: классификация радиоволн по диапазону и спосо-бу распространения. Формулы идеальной радиопереда-чи и множитель ослабления. Определение области про-странства, существенной при распространении радио-волн.

Распространение земных радиоволн: расчет поля при поднятых антеннах в зоне прямой видимости. Интерференционная формула и формула Введенского. Диаграммы направленности поднятых антенн. Учет сферичности земли при распространении радиоволн в зоне освещенности. Приведенные высоты и их исполь-зование при расчете поля. Расчет поля при низко рас-положенных антеннах. Постановка задачи. Структура поля вблизи поверхности Земли. Формула Шулейкина-Ван-дер-Поля.

Влияние тропосферы на распространение радиоволн: строение тропосферы. Её электрические параметры. Распространение волн в неоднородной сре-де. Явление рефракции. Эквивалентный радиус Земли при учете рефракции. Сверхрефракция. Тропосферные волноводы. Рассеяние радиоволн на тропосферных не-однородностях. Дальнее тропосферное распростране-ние. Особенности распространения оптических волн в тропосфере.

Влияние ионосферы на распространение ра-диоволн: строение ионосферы. Физические причины образования в ионосфере ионизированных слоев. Элек-трические параметры слоев. Критические и максималь-ные частоты. Влияние магнитного поля Земли на рас-пространение радиоволн в ионосфере. Особенности распространения в ионосфере волн различных диапазо-нов. Выбор оптимальных рабочих частот.

Распространение радиоволн на космических линиях связи: системы спутниковой связи и их качест-венные показатели. Полосы частот в системах спутни-ковой радиосвязи. Учет поглощения сигналов в атмо-сфере. Деполяризация волн в атмосфере. Шумы атмосферы, космические шумы и шумы приемных систем. Элементы проектирования систем спутниковой связи. Примеры систем

Согласована на портале № 53294

спутниковой связи в России и за рубежом

Распространение радиоволн различных диапазонов: влияние электродинамических свойств земных покровов на распространение сверхдлинных, длинных и средних радиоволн. Особенности распространения коротких волн (зона молчания, ночные волны и дневные волны). Особенности распространения ультракоротких волн (радиорелейные линии связи, космическая связь).

### 14.1.5. Зачёт

Тема 1. Элементы векторного анализа

1.1 Величина работы, которую совершает сила на прямолинейном пути , есть: а) вектор; б) скаляр; в) не определена.

1.2 Скалярное произведение двух векторов равно нулю, если вектора: а) коллинеарны; б) ортогональны; в) единичные.

1.3 Векторное произведение двух векторов равно нулю, если вектора: а) компланарны; б) ортогональны; в) единичные.

1.4 Производная от вектора есть: а) отрезок соединяющий концы векторов и ; б) перпендикуляр к векторам и ; в) касательная к линии L описываемой вектором ;

1.5 Если вектор постоянный (не зависит от t), то производная от вектора вида оказывается: а) перпендикулярна вектору ; б) параллельна вектору ; в) в общем случае ответ и не а), и не б).

1.6 Из второго закона Ньютона следует, что: а) работу производит лишь тангенциальная составляющая силы; б) работу производит лишь нормальная составляющая силы; в) обе составляющие силы искривляют траекторию.

1.7 Градиент скалярной функции всегда есть: а) вектор; б) скаляр; в) зависит от выбранной системы координат.

1.8 Дивергенция векторного поля всегда есть: а) вектор; б) скаляр; в) зависит от выбранной системы координат.

1.9 Дивергенция векторного поля это: а) количество силовых линий, начинающихся в бесконечно малом объеме; б) поток поля через поверхность этого объема; в) скорость изменения проекции вектора вдоль соответствующей координаты.

1.10 Ротор векторного поля есть: а) новое векторное поле; б) псевдовектор; в) циркуляция поля по замкнутому контуру.

Тема 2. Основные положения теории электромагнетизма

2.1 Векторное поле задано однозначно, если: а) известна ; б) известен ; в) известны и .

2.2 Необходимым и достаточным условием потенциальности поля является: а) ; б) ; в) и .

2.3 Необходимым и достаточным условием соленоидальности поля являются: а) ; б) ; в) и .

2.4 Из формулы для силы Лоренца следует, что фокусировку пучка заряженных частиц можно осуществить: а) электрическим полем; б) магнитным полем; в) необходимо использовать оба поля.

2.5 Увеличить кинетическую энергию пучка заряженных частиц можно: а) электрическим полем; б) магнитным полем; в) необходимо использовать оба поля.

2.6 Собственными токами электромагнитного поля являются: а) ток проводимости; б) ток смещения; в) поляризационный ток.

2.7 Ток генератора есть: а) сторонний ток; б) собственный ток; в) ток проводимости.

2.8 Если в выбранной точке пространства div B = 0, то: а) магнитные силовые линии замкнуты; б) векторное поле B нигде не имеет источников; в) магнитные заряды в природе отсутствуют.

2.9 Электромагнитное поле в магнитодиэлектрике определено, если известны: а) абсолютная диэлектрическая проницаемость; б) абсолютная магнитная проницаемость; в) относительная диэлектрическая и магнитная проницаемость.

2.10 В средах, в которых вектора и , либо вектора и являются не коллинеарными, диэлектрическая, либо магнитная проницаемости являются: а) тензорами; б) функциями координат; в) независимыми от координат.

Согласована на портале № 53294

Тема 3. Уравнения Максвелла

3.1 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.

3.2 Принцип суперпозиции электромагнитных полей заключается в том, что: а) общее решение уравнений Максвелла есть сумма частных решений; б) общее решение есть сумма частных решений помноженных на произвольные постоянные коэффициенты ai, где i – номер частного решения; в) общее решение есть произведение частных решений.

3.3 Мгновенное значение вектора, гармонически изменяющегося во времени, есть: а) реальная часть от комплексной амплитуды; б) реальная часть самого вектора; в) мнимая часть самого вектора.

3.4 Амплитуды двух гармонически изменяющихся во времени векторов имеют вид и . Из условия следует, что: а) вектора параллельны орту ; б) образуют в пространстве угол ; в) вектор опережает вектор по фазе на четверть периода.

3.5 Вектор Пойнтинга для гармонического процесса имеет вид:

,

где: а) первое слагаемое есть колеблющаяся часть мощности, а второе – усредненная за период плотность потока мощности; б) первое слагаемое есть усредненная за период плотность потока мощности, а второе – колеблющаяся часть мощности, среднее значение которой за период равно 0; в) оба слагаемых описывают плотность потока мощности переносимой электромагнитным поле.

3.6 Из четвертого уравнения Максвелла следует, что магнитных зарядов в природе не существует. Однако при расчете, например, антенн вводят сторонний магнитный ток jст с целью: а) придания симметричного вида первого и второго уравнений Максвелла; б) если известно решение для вектора , то автоматическая запись решения для вектора осуществляется путем простой замены ⁼ ⁻ ⁺a, ; в) доказательства дуальности (двойственности) электромагнитного процесса.

3.7 Введение стороннего магнитного тока позволяет: а) доказать лемму Лоренца; б) не позволяет доказать лемму Лоренца; в) лемма Лоренца не имеет отношения к магнитному току.

3.8 Для того, чтобы найти мгновенное значение поля в методе комплексных амплитуд, необходимо: а) домножить реальную часть на показательную функцию вида exp(j ₒt); б) домножить реальную часть на показательную функцию вида exp(j ₒt); в) поделить на показательную функцию вида exp(j ₒt).

3.9 Действительная часть диэлектрической проницаемости ( ) определяется: а) процессами поляризации в веществе; б) потерями на Джоулево тепло; в) процессами распространения волны в веществе.

3.10 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.

Тема 4. Плоские электромагнитные волны

4.1 Математической моделью однородной плоской волны является функция: а) A(z, t) = Amcos(ωt – βz); б) A(z, t) = Re{Amejβzejωt}; в) A(z, t) = Re{ m ejβz}.

4.2 Мгновенные значения функции A(z, t) определяется аргументами: а) (x, y, z, t); б) (x, y, t); в) (z, t).

4.3 Колебания в точке с координатой Z > 0 запаздывает по фазе на величину: а) βz радиан; б) (ωt – βz) радиан; в) ωt радиан.

4.4 Плоскостью равных фаз или волновым фронтом называется плоскость: а) перпендикулярная оси Z; б) плоскость, удовлетворяющая при любых t уравнению ωt – βz = const; в) плоскость XOY (волна распространяется вдоль оси z).

4.5 Процесс распространения электромагнитной волны характеризуется коэффициентом распространения γ = α + jβ, где α – коэффициент ослабления, β – коэффициент фазы. Волновой процесс осуществляется, если: а) γ – комплексное число; б) γ – мнимое число; в) γ – действительное число.

Согласована на портале № 53294

4.6 Электромагнитная волна является плоской однородной волной только в случае, если: а) Ex ≠ 0, Ey = Ez = 0; б) отличная от нуля проекция Ex удовлетворяет уравнению ; в) Ey ≠ 0, Ex = Ez = 0 и .

4.7 В однородной плоской волне векторы и : а) перпендикулярны; б) и перпендикулярны оси распространения Z; в) ориентированны произвольно.

4.8 Волна называется правополяризованной, если: а) Ex = Em1cos ωt; б) Ex = Em1cos ωt, Ey = Em2sin ωt; в) Ex = Em1cos ωt, Ey = Em2sin ωt.

4.9 Комплексный характер характеристического сопротивления среды означает, что: а) среда с потерями на Джоулево тепло; б) среда с потерями, вектора и колеблются не синфазно; в) имеется сдвиг фаз между векторами и , пропорциональный тангенсу угла диэлектрических потерь.

4.10 Волновой вектор плоской волны образует одинаковый угол θ с положительными направлениями осей x, y, z декартовой системы координат. Каков этот угол? Ответ: а) 300; б) 450; в) 57.740.

### 14.1.6. Вопросы на самоподготовку

1. Введение в теорию электромагнетизма

2. Основные положения электромагнетизма: электромагнитное поле и его математические модели. Плотность тока проводимости. Дифференциальная форма закона Ома. Закон сохранения заряда. Закон Га-усса. Закон неразрывности магнитных силовых линий. Закон полного тока. Ток смещения. Закон электромагнитной индукции. Материальные уравнения электро-магнитного поля. Поляризационные и сторонние токи.

Уравнения Максвелла: сводка уравнений Максвелла. Уравнения Максвелла в интегральной форме. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме.

Уравнения Максвелла для гармонических колебаний: уравнения Максвелла для гармонических колебаний. Монохроматические поля. Комплексные амплитуды полей.

3. Плоские однородные электромагнитные волны: понятие волнового процесса. Продольные и поперечные волны. Плоские волны и их характеристики. Затухание волн в материальных средах. Коэффициент распространения. Волновой характер переменного электромагнитного поля. Уравнение Гельмгольца.

Поляризация плоских электромагнитных волн: понятие характеристического сопротивления. Плоские волны с эллиптической поляризацией.

Граничные условия для векторов электро-магнитного поля: постановка задачи. Граничные условия для нормальных составляющих векторов магнитно-го поля. Граничные условия для нормальных составляющих векторов электрического поля. Граничные условия для касательных составляющих векторов магнитного поля. Граничные условия для касательных составляющих векторов электрического поля.

Нормальное падение плоских однородных электромагнитных волн на плоскую границу раздела сред: нормальное падение плоской электромагнит-ной волны на идеально проводящую плоскость. Нормальное падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство. Нормальное падение плоской электромагнитной волны на диэлектрический слой конечной толщины.

Падение плоских однородных электромагнитных волн на плоскую границу раздела сред под произвольным углом: падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическое полупространство под произвольным углом. Угол Брюстера.

4. Распространение плоских электромагнитных волн в средах с частотной

дисперсией: волны в диэлектриках и в проводящей среде.

Плазма и ее электродинамические пара-метры. Распространение электромагнитных волн в плазме. Понятие групповой скорости.

Распространение плоских электромагниных волн в анизотропных средах: изотропные и анизотропные среды. Физический механизм анизотропии ферритов. Поперечное и продольное распространение электромагнитных волн в намагниченном феррите. Эффекты Коттона Мутона и Фарадея.

5. Общие вопросы распространения радио-волн: классификация радиоволн по диапазону и способу распространения. Формулы идеальной радиопередачи и множитель ослабления. Определение области про-странства, существенной при распространении радиоволн.

Согласована на портале № 53294

Распространение земных радиоволн: расчет поля при поднятых антеннах в зоне прямой видимости. Интерференционная формула и формула Введенского.

Расчет поля при низко расположенных антеннах. Постановка задачи. Структура поля вблизи поверхности Земли. Формула Шулейкина-Ван-дер-Поля.

Влияние тропосферы на распространение радиоволн: строение тропосферы. Явление рефракции. Эквивалентный радиус Земли при учете рефракции. Сверхрефракция. Тропосферные волноводы. Рассеяние радиоволн на тропосферных неоднородностях. Дальнее тропосферное распространение. Особенности распространения оптических волн в тропосфере.

Влияние ионосферы на распространение радиоволн: строение ионосферы. Физические причины образования в ионосфере ионизированных слоев. Электрические параметры слоев. Критические и максимальные частоты. Влияние магнитного поля Земли на распространение радиоволн в ионосфере. Особенности распространения в ионосфере волн различных диапазонов. Выбор оптимальных рабочих частот.

Распространение радиоволн на космических линиях связи: системы спутниковой связи и их качественные показатели.

Полосы частот в системах спутниковой радиосвязи. Учет поглощения сигналов в атмосфере. Деполяризация волн в атмосфере. Шумы атмо-сферы, космические шумы и шумы приемных систем. Элементы проектирования систем спутниковой связи. Примеры систем спутниковой связи в России и за рубежом

Распространение радиоволн различных диапазонов: влияние электродинамических свойств земных покровов на распространение сверхдлинных, длинных и средних радиоволн.

Особенности распространения коротких волн (зона молчания, ночные волны и дневные волны).

Особенности распространения ультракоротких волн (радиорелейные линии связи, космическая связь).

### 14.1.7. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

Основы теории электромагнетизма

Уравнения Максвелла

Плоские электромагнитные волны

Отражение и преломление плоских электромаг-нитных волн

Распространение земных радиоволн

Влияние тропосферы и ионосферы на распро-странение радиоволн

### 14.1.8. Темы лабораторных работ

Исследование двухполюсников на СВЧ. Измерение входного сопротивления с по-мощью измерительной линии. Определение комплексного сопротивления в нагрузке по рас-пределению поля в линии

Измерение параметров четырехполюсников на СВЧ. Параметры четырехполюсников. Метод отношения мощностей. Ослабление атте-нюаторов. Метод замещения

Исследование параметров ферритовых вен-тилей. Параметры ферритовых вентилей. Вентили на эффекте ферромагнитного резонанса. Вентили на эффекте смещения поля. Измерение характеристик

## 14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |

Согласована на портале № 53294

| | | |
|---|---|---|
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 53294