**ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
Высшая школа электроники и компьютерных наук

ЮУрГУ
Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Радченко Г. И.
Пользователь: radchenkogi
Дата подписания: 05.06.2021

Г. И. Радченко

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.О.15 Электродинамика и распространение радиоволн
**для специальности** 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы
**уровень** Специалитет
**форма обучения** очная
**кафедра-разработчик** Конструирование и производство радиоаппаратуры

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.02.2018 № 94

Зав.кафедрой разработчика,
д.техн.н., проф.

ЮУрГУ
Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Войтович Н. И.
Пользователь: voitovichni
Дата подписания: 04.06.2021

Н. И. Войтович

Разработчик программы,
доцент

ЮУрГУ
Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Бухарин В. А.
Пользователь: bukharinva
Дата подписания: 04.06.2021

В. А. Бухарин

СОГЛАСОВАНО

Руководитель специальности
д.техн.н., доц.

ЮУрГУ
Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Даровских С. Н.
Пользователь: darovskikhsn
Дата подписания: 04.06.2021

С. Н. Даровских

Челябинск

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью дисциплины является изучение законов и электродинамики и распространение радиоволн. Основными задачами дисциплины являются: - изучение основных уравнений электродинамики; - овладение математическим аппаратом, методами физического исследования, техническими и программными средствами; - овладение методами расчёта электромагнитных полей; - изучение основных особенностей распространения электромагнитных полей; - приобретение навыков измерения и анализа основных параметров сигналов в электродинамических системах. - изучение физических процессов, с которыми связаны перспективы развития радиоэлектроники.

## Краткое содержание дисциплины

Основные понятия и теоремы векторного анализа. Система уравнений Максвелла. Теорема единственности решения уравнений Максвелла. Принцип двойственности. Система уравнений Максвелла в комплексной форме. Понятие плоской волны. Решение однородного уравнения Гельмгольца в случае плоской волны. Структура плоских волн. Граничные условия для нормальных и тангенциальных компонент электромагнитного поля. Вектор Умова-Пойтинга. Уравнение баланса мощности. Уравнение баланса комплексной мощности. Теория излучения электромагнитных волн. Падение плоской электромагнитной волны на границу раздела двух сред. Распространение электромагнитных волн в прямоугольном и круглом волноводах. Коаксиальные линии передачи. Полосковые линии передачи. Метод запаздывающих потенциалов. Излучение элементарных источников. Регламент радиосвязи. Шкала электромагнитных волн. Области применения радиоволн по частотным диапазонам. Структура атмосферы Земли. Тропосфера, стратосфера и ионосфера. Формула идеальной радиосвязи. Простейшие модели радиотрасс. Зоны Френеля. Поле излучателя, поднятого над земной поверхностью. Распространение радиоволн в тропосфере и ионосфере.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|
| ОПК-4 Способен проводить экспериментальные исследования и владеть основными приемами обработки и представления экспериментальных данных | Знает: основные понятия, уравнения и законы электродинамики и распространения радиоволн; модели элементарных излучателей; типы и классификацию электромагнитных волн; основные волновые процессы и явления, происходящие в линии передачи.<br>Умеет: оценивать основные параметры электромагнитных полей; проводить измерения различных электрических и магнитных физических величин; грамотно использовать технические средства измерений; вести обработку данных физического эксперимента; пользоваться монографической и периодической научно-технической литературой.<br>Имеет практический опыт: пользоваться |

| | |
|---|---|
| | основными методами исследования электромагнитных полей и на практике использовать эти знания для анализа физических и технических характеристик изделий радиоэлектроники. |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|---|---|
| 1.О.19 Цифровые устройства и микропроцессоры,<br>1.О.13 Материалы электронных средств,<br>1.О.25 Теоретические основы радиоэлектроники,<br>1.О.14 Метрология и электрорадиоизмерения,<br>1.О.12 Схемотехника | 1.О.18 Радиоавтоматика,<br>1.О.21 Устройства приема и преобразования сигналов,<br>1.О.23 Электропреобразовательные устройства радиоэлектронных средств,<br>1.О.20 Устройства генерирования и формирования сигналов |

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

| Дисциплина | Требования |
|---|---|
| 1.О.14 Метрология и электрорадиоизмерения | Знает: требования стандартизации, метрологического обеспечения при разработке и эксплуатации электронных средств; технические средства измерений, их метрологические характеристики, правила поверок; принципы и методы измерений; принципы построения и особенности средств измерений основных электрических величин; принципы построения цифровых средств измерений. Умеет: подбирать средства измерений по условиям предстоящих измерительных задач; выполнять измерения различных электрических и радиотехнических величин, оформлять протокол эксперимента в установленной форме; вести обработку экспериментальных данных с целью повышения точности конечного результата. Имеет практический опыт: работы с измерительными приборами; приемами определения погрешностей в типовых ситуациях измерений. |
| 1.О.12 Схемотехника | Знает: современные компьютерные технологии для подготовки текстовой и конструкторско-технологической документации; требования нормативных документов., фундаментальные законы природы и основные физические математические законы, основные принципы построения и работы устройств усиления и преобразования аналоговых сигналов; основные характеристики аналоговых электронных устройств; современные схемные решения, применяемые при практической реализации аналоговых электронных устройств и тенденции |

| | |
|---|---|
| | их развития. Умеет: применять современные компьютерные технологии для подготовки текстовой и конструкторско-технологической документации; соблюдать требования нормативных документов., применять физические законы и математически методы для решения задач теоретического и прикладного характера. осуществлять синтез структурных и электрических схем аналоговых электронных устройств. Имеет практический опыт: применения современных компьютерных технологий для подготовки текстовой и конструкторско-технологической документации; соблюдения требований нормативных документов., владения навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач, методами расчета типовых аналоговых устройств. |
| 1.О.19 Цифровые устройства и микропроцессоры | Знает: основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, способы построения алгоритмов программ реализуемых на микроконтроллерах., современное состояние в области цифровых устройств и микропроцессоров, программного обеспечения для моделирования поведения цифровых схем. Умеет: описывать алгоритмы программ на микро ассемблере для микроконтроллеров, а так же на языках программирования высокого уровня., искать и представлять актуальную ин-формацию о состоянии в области цифровых устройств и микропроцессоров, использовать программное обеспечение для анализа цифровых схем применительно к схемам реализованным на микроконтроллерах. Имеет практический опыт: способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений, владения САПР для отладки ПО для микроконтроллеров., владения навыками работы на ПК , работой с отладочными средствами систем разработки устройств на микроконтроллерах. |
| 1.О.13 Материалы электронных средств | Знает: природу электромагнитного поля, особенности поведения различных веществ в электромагнитном поле. Умеет: интерпретировать полученные в процессе измерений результаты, проводить их анализ, оформлять протоколы измерений. Имеет практический опыт: построения математических моделей, навыками работы с графиками, таблицами, диаграммами; методами корректной оценки погрешностей при проведении измерений с образцами материалов. |
| 1.О.25 Теоретические основы радиоэлектроники | Знает: фундаментальные законы природы и основные физические математические законы, методы анализа и синтеза электронных схем. Умеет: применять физические законы и |

| | |
|---|---|
| | математически методы для решения задач теоретического и прикладного характера, выполнять анализ простейших электрических схем в специализированном пакете прикладных программ. Имеет практический опыт: владения навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач. навыками чтения электронных схем. навыками практического использования специализированного программного обеспечения для моделирования и анализа электрических цепей. |

## 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч., 92,5 ч. контактной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|---|---|---|
| | | Номер семестра |
| | | 6 |
| Общая трудоёмкость дисциплины | 180 | 180 |
| *Аудиторные занятия:* | 80 | 80 |
| Лекции (Л) | 32 | 32 |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 32 | 32 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 16 | 16 |
| *Самостоятельная работа (СРС)* | 87,5 | 87,5 |
| с применением дистанционных образовательных технологий | 0 | |
| Изучение раздела "Распространение радиоволн в ионосфере" | 30 | 30 |
| Подготовка к экзамену | 12,5 | 12.5 |
| Подготовка к практическим занятиям | 29 | 29 |
| Подготовка к лабораторным работам | 16 | 16 |
| Консультации и промежуточная аттестация | 12,5 | 12,5 |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен) | - | экзамен |

## 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Всего | Л | ПЗ | ЛР |
| 1 | ВВЕДЕНИЕ. Терминология дисциплины, основные понятия и определения. | 4 | 2 | 2 | 0 |
| 2 | ЭЛЕМЕНТЫ ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗА | 4 | 0 | 4 | 0 |
| 3 | ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ | 12 | 8 | 4 | 0 |
| 4 | СВОЙСТВА ПЛОСКИХ ВОЛН | 18 | 6 | 8 | 4 |
| 5 | ПРЕЛОМЛЕНИЕ ПЛОСКИХ ВОЛН | 10 | 4 | 2 | 4 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 6 | ВОЛНЫ В ВОЛНОВОДАХ | 12 | 4 | 4 | 4 |
| 7 | ОБЪЁМНЫЕ РЕЗОНАТОРЫ | 4 | 2 | 2 | 0 |
| 8 | ИЗЛУЧЕНИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН | 16 | 6 | 6 | 4 |

## 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Введение. Терминология дисциплины, основные понятия и определения, система единиц физических величин СИ. Элементы векторного анализа. | 2 |
| 2 | 3 | Понятие электромагнитного поля. Векторы напряжённости электрического и магнитного полей. Векторы магнитной и электрической индукций. Волновой характер электромагнитного поля. Полная система уравнений электродинамики. Система уравнений Максвелла. Уравнение непрерывности полного тока. Закон сохранения заряда. Принцип суперпозиции. | 2 |
| 3 | 3 | Перестановочная двойственность уравнений Максвелла. Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной формах. Классификация электромагнитных явлений. Материальные уравнения. Теорема единственности решения уравнений Максвелла. Волновые уравнения Даламбера и Гельмгольца. | 2 |
| 4 | 3 | Метод запаздывающих электродинамических потенциалов. Векторный запаздывающий потенциал. Скалярный запаздывающий потенциал. | 2 |
| 5 | 3 | Энергия электромагнитного поля. Теорема и вектор Умова-Пойнтинга для мгновенных значений векторов поля. Уравнение баланса мощности. Граничные условия для нормальных и тангенциальных компонент электромагнитного поля. Поля, заряды и токи на границах. Поверхностный заряд и ток. | 2 |
| 6 | 4 | Метод комплексных амплитуд. Система уравнений Максвелла в комплексной форме. Понятие плоской волны. Решение однородного уравнения Гельмгольца в случае плоской волны. Структура плоских волн. | 2 |
| 7 | 4 | Электрическая и магнитная энергия электромагнитного поля. Комплексный вектор Умова-Пойнтинга. Уравнение баланса мощности в комплексной форме. Метод запаздывающих потенциалов. Плоские волны в идеальном диэлектрике и в средах с потерями. Распространение плоских волн в среде с проводимостью. | 2 |
| 8 | 4 | Волновые уравнения для электромагнитного поля. Постоянная распространения и затухания. Распространение плоских волн в металлах. Поверхностный эффект. Падение плоской волны на поверхность реального металла. Приближённое граничное условие Леонтовича-Щукина. Поляризация плоских волн. | 2 |
| 9 | 5 | Волновые явления на границе раздела двух сред. Отражение и преломление плоских волн с вертикальной и горизонтальной поляризациями. Закон Снеллиуса. Формулы Френеля. Условия полного отражения и преломления. | 2 |
| 10 | 5 | Угол полного отражения. Угол полного преломления. Угол Брюстера. Полное отражение и волны, направляемые границей раздела двух сред. Поверхностная волна. Диэлектрические волноводы и световоды. Структура электромагнитных волн, отражённых от идеального проводника электрического тока для горизонтальной и вертикальной поляризаций. | 2 |
| 11 | 6 | Линии передачи. Решение однородного уравнения Гельмгольца для регулярной линии произвольного сечения. Классификация направляемых волн. Классификация типов электромагнитных волн. Характеристические сопротивления. Условие распространения волн в линии передачи. Критическая длина волны. Длина волны в линии передачи. Распространение | 2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | волн в прямоугольном волноводе. Поле электрического и магнитного типов в прямоугольном волноводе. | |
| 12 | 6 | Распространение волн в круглом волноводе. Уравнения Бесселя. Поля электрического и магнитного типов в волноводах круглого сечения. Токи на стенках волноводов. Основные принципы возбуждения волноводов и отбора энергии из них. Выбор размеров. Коаксиальная и полосковая линии передачи. Линии конечной длины. Эквивалентная линия передачи. Коэффициент отражения. Коэффициент стоячей волны. Полное эквивалентное сопротивление линии передачи. Неоднородности в волноводах. | 2 |
| 13 | 7 | Понятие объёмного резонатора. Виды объёмных резонаторов. Объёмные резонаторы в виде короткозамкнутых отрезков передающих линий. Основной тип колебаний. Обозначение собственных колебаний в цилиндрическом, коаксиальном и прямоугольном резонаторах. Резонансные частоты колебаний идеальных объёмных резонаторов. Добротность резонаторов. Собственная и нагруженная добротности. Основные принципы возбуждения объёмных резонаторов и отбора энергии из них. Выбор размеров. | 2 |
| 14 | 8 | Излучение электромагнитных волн. Электродинамические запаздывающие потенциалы. Элементарные излучатели. Элементарный электрический вибратор (диполь Герца). Элементарная электрическая рамка (магнитный диполь). Элементарная щель. Излучатель Гюйгенса. | 2 |
| 15 | 8 | Регламент радиосвязи. Шкала электромагнитных волн. Области применения радиоволн по частотным диапазонам. Поле излучателя, находящегося в свободном пространстве. Общие вопросы распространения радиоволн. Множитель ослабления. Поле излучателя, поднятого над плоской земной поверхностью. Структура атмосферы Земли. Тропосфера, стратосфера и ионосфера. Формула идеальной радиосвязи. Простейшие модели радиотрасс. Зоны Френеля. Поле излучателя, поднятого над земной поверхностью. | 2 |
| 16 | 8 | Учёт сферичности Земли при использовании формулы Введенского. Поле излучателя, поднятого над неровной или неоднородной земной поверхностью. Поле вертикального электрического вибратора, расположенного вблизи земной поверхности. Строение тропосферы. Затухание энергии радиоволн в тропосфере. Поглощение радиоволн. Ослабление радиоволн гидрометеорами. Рефракция радиоволн в тропосфере. Учёт влияния тропосферной рефракции на распространение радиоволн. Неоднородности тропосферы и их влияние на распространение радиоволн. Распространение радиоволн в ионосфере. | 2 |

## 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Уравнения плоской и сферической волн. Уравнение плоской волны, распространяющейся в произвольном направлении. Волновое уравнение. Стоячие волны, колебания струны. Элементы векторного анализа. Основные операторы. | 2 |
| 2 | 2 | Элементы векторного анализа. Криволинейные ортогональные системы координат. | 2 |
| 3 | 2 | Интегральные теоремы векторного анализа. Теоремы Остроградского-Гаусса и Стокса. Формулы Грина. | 2 |
| 4 | 3 | Система уравнений Максвелла. Классификация электромагнитных процессов. | 2 |
| 5 | 3 | Граничные условия. Нормальные и тангенциальные компоненты электрического и магнитного полей. | 2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 | 4 | Вектор Умова–Пойнтинга. Уравнение баланса мощности. | 2 |
| 7 | 4 | Распространение плоских волн в однородных средах с потерями. | 2 |
| 8 | 4 | Поляризация электромагнитного поля. | 2 |
| 9 | 4 | Энергетические соотношения в плоской волне. Преломление плоских волн. | 2 |
| 10 | 5 | Преломление плоских волн. Законы Снеллиуса и Френеля. Структура полей на границе раздела двух сред. | 2 |
| 11 | 6 | Волны в волноводах. Затухание электромагнитных волн в волноводах. Коэффициент затухания. | 2 |
| 12 | 6 | Волны в волноводах. Структура полей и поверхностных токов. Возбуждение волноводов. | 2 |
| 13 | 7 | Объёмные резонаторы. Структура полей. Возбуждение объёмных резонаторов. | 2 |
| 14 | 8 | Элементарные излучатели. Элементарный электрический вибратор (диполь Герца). Излучение элементарной рамки с электрическим током. Элементарный щелевой излучатель. Элементарный излучатель Гюйгенса. Поле излучателя, находящегося в свободном пространстве. | 2 |
| 15 | 8 | Распространение радиоволн над земной поверхностью. Зоны Френеля. Коэффициенты отражения от земной поверхности. Поле излучателя, поднятого над плоской земной поверхностью. Учёт сферичности Земли | 2 |
| 16 | 8 | Распространение радиоволн в тропосфере. Строение тропосферы. Затухание энергии радиоволн в тропосфере. Поглощение радиоволн. Ослабление радиоволн гидрометеорами. Рефракция радиоволн в тропосфере. Учёт влияния тропосферной рефракции на распространение радиоволн. Различные виды тропосферной рефракции. | 2 |

## 5.3. Лабораторные работы

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание лабораторной работы | Кол-во часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 4 | Поляризация плоских волн. Исследуются поляризационные явления, изучаются виды поляризаций и распространение плоских электромагнитных волн. Экспериментально определяются гантельная кривая и коэффициент эллиптичности. | 2 |
| 2 | 4 | Поляризация плоских волн. Исследуются поляризационные явления, изучаются виды поляризаций и распространение плоских электромагнитных волн. Экспериментально определяются гантельная кривая и коэффициент эллиптичности. | 2 |
| 3 | 5 | Отражение плоских волн. Изучаются теория распространение плоских волн, закон Брюстера. Исследуется отражение плоских электромагнитных волн от границы раздела сред диэлектрик–воздух. Экспериментально определяется угол Брюстера. | 2 |
| 4 | 5 | Отражение плоских волн. Изучаются теория распространение плоских волн, закон Брюстера. Исследуется отражение плоских электромагнитных волн от границы раздела сред диэлектрик–воздух. Экспериментально определяется угол Брюстера. | 2 |
| 7 | 6 | Электромагнитные поля в волноводах. Изучаются структура электромагнитного поля в прямоугольном волноводе. Исследуется электромагнитные поля в волноводе, экспериментально определяются длина волны в волноводе и структура электромагнитных полей. | 2 |
| 8 | 6 | Электромагнитные поля в волноводах. Изучаются структура электромагнитного поля в прямоугольном волноводе. Исследуется электромагнитные поля в волноводе, экспериментально определяются длина | 2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | волны в волноводе и структура электромагнитных полей. | |
| 5 | 8 | Излучение элементарных источников. Физические аналоги элементарных источников электромагнитного поля. Экспериментально исследуются основные принципы излучения электромагнитной энергии. | 2 |
| 6 | 8 | Излучение элементарных источников. Физические аналоги элементарных источников электромагнитного поля. Экспериментально исследуются основные принципы излучения электромагнитной энергии. | 2 |

## 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС | | | |
|---|---|---|---|
| Подвид СРС | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс | Семестр | Кол-во часов |
| Изучение раздела "Распространение радиоволн в ионосфере" | ЭУМД, осн. лит., 1, глава 12, с.306-325. Электродинамика и распространение радиоволн. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Д.Ю. Муромцев [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 448 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/50680 — Загл. с экрана. ПУМД, осн. лит., 1, глава 14, с.503-514. Петров, Б. М. Электродинамика и распространение радиоволн Учеб. для вузов по направлению "Радиотехника" Б. М. Петров. - 2-е изд., испр. - М.: Горячая линия - Телеком, 2004. - 558 с. ил. ПУМД, осн. лит., 2, глава 15, с.490-497. Никольский, В. В. Электродинамика и распространение радиоволн Учеб. пособие для радиотехн. спец. вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1989. - 544 с. ил. | 6 | 30 |
| Подготовка к экзамену | ЭУМД, осн. лит., 1, глава 2, с.49-51, глава 3, с.52-67, глава 4, с.68-89, глава 5, с.90-116, глава 6, с.126-195, глава 7, с.196-221, глава 10, с.503-514. Электродинамика и распространение радиоволн. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Д.Ю. Муромцев [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 448 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/50680 — Загл. с экрана. | 6 | 12,5 |
| Подготовка к практическим занятиям | ЭУМД, осн. лит., 1, глава 2, с.49-51, глава 3, с.52-67, глава 4, с.68-89, глава 5, с.90-116, глава 6, с.126-195, глава 7, с.196-221, глава 10, с.503-514. Электродинамика и распространение радиоволн. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Д.Ю. Муромцев [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 448 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/50680 — Загл. с экрана. ПУМД, осн. лит., 2, глава 9, с.318-343. Никольский, В. В. | 6 | 29 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Электродинамика и распространение радиоволн: учеб. пособие для радиотехн. спец. вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1989. - 544 с. ил. | | |
| Подготовка к лабораторным работам | ЭУМД, осн. лит., 1, глава 2, с.49-51, глава 4, с.68-89, глава 5, с.90-116, глава 6, с.126-195. Электродинамика и распространение радиоволн. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Д.Ю. Муромцев [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 448 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/50680 — Загл. с экрана. | 6 | 16 |

## 6. Текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

| № КМ | Се-местр | Вид контроля | Название контрольного мероприятия | Вес | Макс. балл | Порядок начисления баллов | Учи-тыва-ется в ПА |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6 | Текущий контроль | Защита лабораторной работы 1 | 1 | 5 | Защита лабораторной работы осуществляется индивидуально. Студентом предоставляется оформленный отчёт. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса).<br>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).<br>Общий балл при оценке складывается из следующих показателей (за каждую лабораторную работу):<br>- приведены все измеряемые характеристики и рассчитанные параметры – 1 балл;<br>- выводы логичны и обоснованы – 1 балл;<br>- оформление работы соответствует требованиям – 1 балл;<br>- правильный ответ на один вопрос – 1 балл.<br>Максимальное количество баллов – 5.<br>Весовой коэффициент мероприятия (за каждую лабораторную работу) – 1.<br><br>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %.<br>Не зачтено: рейтинг обучающегося за | экзамен |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | мероприятие менее 60 % | |
| 2 | 6 | Текущий контроль | Защита лабораторной работы 2 | 1 | 5 | Защита лабораторной работы осуществляется индивидуально.<br>Студентом предоставляется оформленный отчёт. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса).<br>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).<br>Общий балл при оценке складывается из следующих показателей (за каждую лабораторную работу):<br>- приведены все измеряемые характеристики и рассчитанные параметры – 1 балл;<br>- выводы логичны и обоснованы – 1 балл;<br>- оформление работы соответствует требованиям – 1 балл;<br>- правильный ответ на один вопрос – 1 балл.<br>Максимальное количество баллов – 5.<br>Весовой коэффициент мероприятия (за каждую лабораторную работу) – 1.<br><br>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %.<br>Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 % | экзамен |
| 3 | 6 | Текущий контроль | Защита лабораторной работы 3 | 1 | 5 | Защита лабораторной работы осуществляется индивидуально.<br>Студентом предоставляется оформленный отчёт. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса).<br>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).<br>Общий балл при оценке складывается из следующих показателей (за каждую лабораторную работу):<br>- приведены все измеряемые характеристики и рассчитанные параметры – 1 балл;<br>- выводы логичны и обоснованы – 1 балл;<br>- оформление работы соответствует требованиям – 1 балл;<br>- правильный ответ на один вопрос – 1 балл.<br>Максимальное количество баллов – 5.<br>Весовой коэффициент мероприятия (за каждую лабораторную работу) – 1. | экзамен |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %.<br>Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 % | |
| 4 | 6 | Текущий контроль | Защита лабораторной работы 4 | 1 | 5 | Защита лабораторной работы осуществляется индивидуально.<br>Студентом предоставляется оформленный отчёт. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы (задаются 2 вопроса).<br>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).<br>Общий балл при оценке складывается из следующих показателей (за каждую лабораторную работу):<br>- приведены все измеряемые характеристики и рассчитанные параметры – 1 балл;<br>- выводы логичны и обоснованы – 1 балл;<br>- оформление работы соответствует требованиям – 1 балл;<br>- правильный ответ на один вопрос – 1 балл.<br>Максимальное количество баллов – 5.<br>Весовой коэффициент мероприятия (за каждую лабораторную работу) – 1.<br><br>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равен 60 %.<br>Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 % | экзамен |
| 5 | 6 | Текущий контроль | Расчетно-графическая работа 1 | 1 | 3 | Проверка РГР осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры.<br>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).<br>Критерии начисления баллов (за каждую расчетно-графическую работу):<br>- расчетная и графическая части выполнены верно – 3 балла;<br>- расчетная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие на конечный результат – 2 балла;<br>- в расчетной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения | экзамен |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | верен – 1 балл;<br>- работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов.<br>Максимальное количество баллов – 3.<br>Весовой коэффициент мероприятия (за каждую расчетно-графической работу) – 1. | |
| 6 | 6 | Текущий контроль | Расчетно-графическая работа 2 | 1 | 3 | Проверка РГР осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры.<br>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).<br>Критерии начисления баллов (за каждую расчетно-графическую работу):<br>- расчетная и графическая части выполнены верно – 3 балла;<br>- расчетная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие на конечный результат – 2 балла;<br>- в расчетной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен – 1 балл;<br>- работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов.<br>Максимальное количество баллов – 3.<br>Весовой коэффициент мероприятия (за каждую расчетно-графической работу) – 1. | экзамен |
| 7 | 6 | Текущий контроль | Расчетно-графическая работа 3 | 1 | 3 | Проверка РГР осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры.<br>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).<br>Критерии начисления баллов (за каждую расчетно-графическую работу):<br>- расчетная и графическая части выполнены верно – 3 балла;<br>- расчетная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие на конечный результат – 2 балла;<br>- в расчетной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения | экзамен |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | верен – 1 балл;<br>- работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов.<br>Максимальное количество баллов – 3.<br>Весовой коэффициент мероприятия (за каждую расчетно-графической работу) – 1. | |
| 8 | 6 | Текущий контроль | Расчетно-графическая работа 4 | 1 | 3 | Проверка РГР осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры.<br>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).<br>Критерии начисления баллов (за каждую расчетно-графическую работу):<br>- расчетная и графическая части выполнены верно – 3 балла;<br>- расчетная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие на конечный результат – 2 балла;<br>- в расчетной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен – 1 балл;<br>- работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов.<br>Максимальное количество баллов – 3.<br>Весовой коэффициент мероприятия (за каждую расчетно-графической работу) – 1. | экзамен |
| 9 | 6 | Текущий контроль | Расчетно-графическая работа 5 | 1 | 3 | Проверка РГР осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры.<br>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).<br>Критерии начисления баллов (за каждую расчетно-графическую работу):<br>- расчетная и графическая части выполнены верно – 3 балла;<br>- расчетная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие на конечный результат – 2 балла;<br>- в расчетной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения | экзамен |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | верен – 1 балл;<br>- работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов.<br>Максимальное количество баллов – 3.<br>Весовой коэффициент мероприятия (за каждую расчетно-графической работу) – 1. | |
| 10 | 6 | Текущий контроль | Расчетно-графическая работа 6 | 1 | 3 | Проверка РГР осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры.<br>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).<br>Критерии начисления баллов (за каждую расчетно-графическую работу):<br>- расчетная и графическая части выполнены верно – 3 балла;<br>- расчетная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие на конечный результат – 2 балла;<br>- в расчетной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен – 1 балл;<br>- работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов.<br>Максимальное количество баллов – 3.<br>Весовой коэффициент мероприятия (за каждую расчетно-графической работу) – 1. | экзамен |
| 11 | 6 | Текущий контроль | Расчетно-графическая работа 7 | 1 | 3 | Проверка РГР осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. РГР должны быть выполнены и оформлены в соответствии с требованиями методических указаний кафедры.<br>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).<br>Критерии начисления баллов (за каждую расчетно-графическую работу):<br>- расчетная и графическая части выполнены верно – 3 балла;<br>- расчетная и графическая части выполнены верно, но имеются недочёты не влияющие на конечный результат – 2 балла;<br>- в расчетной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения | экзамен |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | верен – 1 балл;<br>- работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов.<br>Максимальное количество баллов – 3.<br>Весовой коэффициент мероприятия (за каждую расчетно-графической работу) – 1. | |
| 12 | 6 | Текущий контроль | Бонусное задание | 1 | 0,75 | Показатели бонус-рейтинга: участие в олимпиадах, конкурсах, научно-практических конференциях, публикации по тематике дисциплины. Личное призовое место на олимпиаде, диплом конференции или конкурса (по дисциплине).<br>Максимальный балл за бонусное задание - 15% от общей оценки за курс. Если величина бонус-рейтинга получается больше 15%, то значение приравнивается максимальному значению 15%.<br><br>Критерии оценивания<br>Зачтено:<br>+15 % за победу в олимпиаде международного уровня;<br>+10 % за победу в олимпиаде российского уровня;<br>+5 % за победу в олимпиаде университетского уровня;<br>+1 % за участие в олимпиаде.<br>Не зачтено: –. | экзамен |

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения | Критерии оценивания |
|---|---|---|
| экзамен | На экзамене происходит оценивание учебной деятельности обучающихся по дисциплине на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации. При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Критерии оценивания Отлично: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85…100 %. Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75…84 %. Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60…74 %. Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0…59 %. | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

## 6.3. Оценочные материалы

| Компетенции | Результаты обучения | № КМ | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ОПК-4 | Знает: основные понятия, уравнения и законы электродинамики и распространения радиоволн; модели элементарных излучателей; типы и классификацию электромагнитных волн; основные волновые процессы и явления, происходящие в линии передачи. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ОПК-4 | Умеет: оценивать основные параметры электромагнитных полей; проводить измерения различных электрических и магнитных физических величин; грамотно использовать технические средства измерений; вести обработку данных физического эксперимента; пользоваться монографической и периодической научно-технической литературой. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| ОПК-4 | Имеет практический опыт: пользоваться основными методами исследования электромагнитных полей и на практике использовать эти знания для анализа физических и технических характеристик изделий радиоэлектроники. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

Фонды оценочных средств по каждому контрольному мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

**Печатная учебно-методическая документация**

*а) основная литература:*

1. Петров, Б. М. Электродинамика и распространение радиоволн Учеб. для вузов по направлению "Радиотехника" Б. М. Петров. - 2-е изд., испр. - М.: Горячая линия - Телеком, 2004. - 558 с. ил.
2. Никольский, В. В. Электродинамика и распространение радиоволн Учеб. пособие для радиотехн. спец. вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1989. - 544 с. ил.

*б) дополнительная литература:*

1. Марков, Г. Т. Электродинамика и распространение радиоволн Учеб. пособие для радиотехн. спец. вузов. - М.: Советское радио, 1979. - 374 с. ил.

*в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

1. Радиотехника и электроника: ежемес. журн. / Рос. акад. наук, входит в перечень ВАК.
2. Радиотехника: ежемес. журн. / Рос. акад. наук, входит в перечень ВАК.

*г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Бухарин, В.А. Электродинамика и распространение радиоволн: учебное пособие / В.А. Бухарин, А.Б. Хашимов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 71 с.

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

2. Бухарин, В.А. Электродинамика и распространение радиоволн: учебное пособие / В.А. Бухарин, А.Б. Хашимов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 71 с.

**Электронная учебно-методическая документация**

| № | Вид литературы | Наименование разработки | Наименование ресурса в электронной форме | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Основная литература | Электродинамика и распространение радиоволн. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Д.Ю. Муромцев [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 448 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/50680 — Загл. с экрана. | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Интернет / Авторизованный |
| 2 | Дополнительная литература | Григорьев, А.Д. Электродинамика и микроволновая техника: учебник. [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2007. — 704 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/118 — Загл. с экрана. | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Интернет / Авторизованный |

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)
3. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)
4. -Maple 13(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНИТИ РАН(бессрочно)

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

| Вид занятий | № ауд. | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|---|---|---|
| Лекции | 1012 (3б) | Компьютер, проекционный аппарат, интернет. |
| Лабораторные занятия | 1014/1 (3б) | Лаборатория антенно-фидерных устройств: Мультимедийные оргсредства, лабораторные установки, генератор Г4-107, генератор Г4-108, генератор Г4-109, генератор Г4-76А, измеритель В8-6, измеритель В8-7, измеритель отношений напряжений В8-6. |