

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем
Кафедра радиосистем

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 11 7D 78 67 C2 66 A3 34 B2 CE 4F 9A FD E9 38 84 E5 28 4A 09
Владелец: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Новгородский государственный университет
имени Ярослава Мудрого»
Действителен: с 08.07.2021 до 08.10.2022



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭИС

С.И. Эминов С.И. Эминов

«22» сентября 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
учебного модуля

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль) Радиотехнические средства передачи,
приема и обработки сигналов

СОГЛАСОВАНО

Начальник УОД НовГУ

А.Н. Макаревич А.Н. Макаревич

«22» сентября 2019 г.

Разработал

Доцент кафедры радиосистем

А.В. Сочилин А. В. Сочилин

«16» 01 2019 г.

Принято на заседании кафедры

Протокол №132 от «21» 01. 2019 г.

Заведующий кафедрой

И.Н. Жукова И. Н. Жукова

«21» 01 2019 г.

1 Цели и задачи освоения учебного модуля

Цель освоения учебного модуля Электродинамика и распространение радиоволн (ЭД и РРВ): углубление фундаментальных знаний о законах, описывающих электромагнитное поле, как вид материи, освоение математического аппарата и методов электродинамического описания явлений и процессов в радиоэлектронных устройствах и радиолиниях различного назначения. Изучение учебных элементов модуля ЭД и РРВ формирует компетенции для успешного решения прикладных задач электродинамики, связанных с распространением электромагнитных волн в направляющих системах и радиоволн в природных условиях и обеспечивает студентов базовыми знаниями для успешного изучения ими последующих предметов радиотехнического и технико-кибернетического циклов.

Задачи:

а) сформировать у учащихся целостные представления об основных положениях электродинамики и особенностях распространения радиоволн;

б) развить у учащихся навыки применения математического аппарата при моделировании: электромагнитных волновых процессов, физических сред, условий распространения и возбуждения волн применительно к базовым электродинамическим задачам, а также при анализе структуры электромагнитного поля волн, распространяющихся в различных средах и линиях передачи;

в) сориентировать обучающихся в области анализа и поиска решений практически важных задач возбуждения и излучения радиоволн, а также особенности распространения волн различных частотных диапазонов в различных средах;

г) дать учащимся представление о проблемах и перспективах развития теории электромагнетизма, компьютерных программах электромагнитного моделирования, параметрах, характеристиках, областях применения и перспективах развития различных типов радиолиний;

д) развить навыки работы с измерительной аппаратурой СВЧ.

2 Место учебного модуля в структуре ОПОП

Учебный модуль «ЭД и РРВ» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана основной профессиональной образовательной программы направления подготовки 11.03.01 Радиотехника, направленности (профилю) Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов. В качестве входных требований выступают сформированные ранее компетенции обучающихся, приобретенные ими в рамках следующих дисциплин (модулей, практик): физика, высшая математика, основы теории цепей, радиотехнические цепи и сигналы, практика учебная. Освоение учебного модуля является компетентностным ресурсом для дальнейшего изучения следующих дисциплин (модулей, практик): устройства сверхвысоких частот и антенны, радиопередающие устройства, радиоприемные устройства, практика производственная, защита ВКР.

3 Требования к результатам освоения учебного модуля

Перечень компетенций, которые формируются в процессе освоения учебного модуля:

Профессиональные компетенции:

ПК-1 Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ

ПК-2 Способен реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов

Таблица 1 – Результаты освоения учебного модуля

Код и наименование компетенции	Результаты освоения учебной дисциплины (индикаторы достижения компетенций)		
	Знать	Уметь	Владеть
ПК-1 Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	✓	строить физические и математические модели узлов и блоков радиотехнических устройств и систем	навыками компьютерного моделирования
ПК-2 Способен реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов	Знать методики проведения исследований параметров и характеристик узлов и блоков радиотехнических устройств и систем	Уметь проводить исследования характеристик радиотехнических устройств и систем	Владеть

4 Структура и содержание учебного модуля

4.1 Трудоемкость учебного модуля

4.1.1 Трудоемкость учебного модуля для очной формы обучения представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Трудоемкость учебного модуля

Части учебной дисциплины	Всего	Распределение по семестрам
		4 семестр
1. Трудоемкость учебной дисциплины (модуля) в зачетных единицах (ЗЕТ)	3	3
2. Контактная аудиторная работа в академических часах (АЧ)	54	54
3. Курсовая работа/курсовой проект (АЧ) (при наличии)		-
4. Внеаудиторная СРС в академических часах (АЧ)	54	54
5. Промежуточная аттестация (зачет; дифференцированный зачет; экзамен) (АЧ)		ДЗ

4.1.2 Трудоемкость учебного модуля для заочной / очно-заочной формы обучения: Заочная и очно-заочная форма обучения не предусмотрена.

4.2 Содержание учебного модуля

УЭМ 1. Электродинамика

Раздел № 1.1. Основные уравнения и законы электромагнитного поля

- 1.1.1. Интегральные и дифференциальные уравнения электростатического поля
- 1.1.1. Электростатическое поле заряда. Закон Кулона
- 1.1.2. Напряженность электрического поля.
- 1.1.3. Поле системы зарядов. Электрический диполь
- 1.1.4. Теорема Остроградского–Гаусса, материальные уравнения
- 1.1.5. Энергия электростатического поля
- 1.1.6. Интегральные и дифференциальные уравнения магнитного поля

- 1.1.7. Постоянный электрический ток. Вектор плотности тока
- 1.1.8. Закон Ома в дифференциальной форме. Уравнение непрерывности
- 1.1.9. Закон Ампера. Магнитная индукция
- 1.1.10. Напряженность магнитного поля
- 1.1.11. Магнитное поле рамки с постоянным током
- 1.1.12. Энергия магнитного поля
- 1.1.13. Уравнения Максвелла и их решение
- 1.1.14. Полная система уравнений Максвелла. Их физическое содержание. Интегральная форма уравнений Максвелла
- 1.1.15. Решение уравнений Максвелла, волновых уравнений. Теорема запаздывающих электродинамических потенциалов
- 1.1.16. Уравнения Максвелла в комплексной форме
- 1.1.17. Граничные условия для векторов электромагнитного поля
- 1.1.18. Теорема Умова–Поинтинга. Энергия электромагнитного поля. Теорема подобия. Граничные задачи электродинамики

Раздел № 1.2. Электромагнитные волны, их характеристики и параметры

- 1.2.1. Электромагнитные волны
- 1.2.2. Понятие волнового процесса
- 1.2.3. Плоские электромагнитные волны
- 1.2.4. Ортогональность векторов электрического и магнитного полей
- 1.2.5. Цилиндрические и сферические волны
- 1.2.6. Поляризация электромагнитных волн

Раздел № 1.3. Распространение электромагнитных волн в неограниченных изотропных средах

- 1.3.1. Распространение плоских ЭМВ в идеальном диэлектрике
- 1.3.2. Классификация сред по их электрическим свойствам, граничная частота
- 1.3.3. Распространение плоских ЭМВ в идеальном диэлектрике
- 1.3.4. Плоские ЭМВ в средах с потерями
- 1.3.5. Распространение плоских ЭМВ в среде с потерями
- 1.3.6. Фазовая и групповая скорости ЭМВ, явление дисперсии и ее виды
- 1.3.7. Поверхностный эффект

Раздел № 1.4. Особенности распространения электромагнитных волн на границе раздела двух сред

- 1.4.1. Падение плоской ЭМВ на границу раздела двух сред
- 1.4.2. Основные соотношения, описывающие падение плоской ЭМВ на границу раздела двух сред
- 1.4.3. Коэффициенты Френеля для волн различной поляризации
- 1.4.4. Нормальное падение плоской ЭМВ на границу раздела двух сред
- 1.4.5. Наклонное падение плоской ЭМВ на границу раздела двух сред
- 1.4.6. Наклонное падение плоской ЭМВ на границу раздела двух идеальных диэлектриков
- 1.4.7. Явление полного преломления, угол Брюстера
- 1.4.8. Явление полного внутреннего отражения, критический угол
- 1.4.9. Падение плоской ЭМВ на поверхность идеального проводника
- 1.4.10. Приближенные граничные условия Леонтовича–Щукина

Раздел № 1.5. Основы теории излучения электромагнитных волн

- 1.5.1. Физическая сущность процесса излучения ЭМВ в свободное пространство
- 1.5.2. Элементарные излучатели, их основные типы

- 1.5.3. Электромагнитное поле элементарного вибратора
- 1.5.4. Зоны поля элементарного электрического вибратора (ЭЭВ)
- 1.5.5. Структура поля в ближней и дальней зонах
- 1.5.6. Энергетические параметры, мощность и сопротивление излучения
- 1.5.7. Диаграмма направленности, коэффициент направленного действия
- 1.5.8. Электромагнитное поле элементарной рамки
- 1.5.9. Определение магнитной элементарной рамки
- 1.5.10. Принципы перестановочной двойственности и его применение для нахождения ЭМП элементарной рамки
- 1.5.11. Мощность и сопротивление излучения, диаграмма направленности элементарной рамки
- 1.5.12. Электромагнитное поле источника Гюйгенса
- 1.5.13. Метод эквивалентных токов и его применение для решения задач электродинамики
- 1.5.14. Электромагнитное поле источника Гюйгенса в дальней зоне. Диаграмма направленности, коэффициент направленного действия
- 1.5.15. Дифракция электромагнитных волн
- 1.5.16. Дифракционный метод Гюйгенса–Кирхгофа для монохроматической волны
- 1.5.17. Дифракция Фраунгофера плоской волны на прямоугольном отверстии в проводящем экране
- 1.5.18. Дифракция Френеля

Раздел № 1.6. Электромагнитные волны в направляющих системах

- 1.6.1. Основные характеристики линий передачи
- 1.6.2. Назначение направляющих систем – линий передачи
- 1.6.3. Определение и классификация направляемых электромагнитных волн в линиях передачи, классификация линий передачи
- 1.6.4. Двухпроводная линия передачи
- 1.6.4. T -волна в коаксиальной линии передачи
- 1.6.5. Полосковые линии передачи
- 1.6.6. Волноводные линии передачи
- 1.6.7. Электромагнитные волны в прямоугольном волноводе
- 1.6.8. H -волны в прямоугольном волноводе
- 1.6.9. E -волны в прямоугольном волноводе
- 1.6.10. Критическая частота и критическая длина волны в прямоугольном волноводе
- 1.6.11. Основные параметры распространения ЭМВ в прямоугольном волноводе
- 1.6.12. Волна H_{10} в прямоугольном волноводе
- 1.6.13. Электромагнитные волны в круглом волноводе
- 1.6.14. Волноводы сложной формы (Н. П. эллиптические)

Раздел № 1.7. Электромагнитные волны в объемных резонаторах

- 1.7.1. Объемные резонаторы. Общие сведения об объемных резонаторах
- 1.7.2. Свободные электромагнитные колебания в объемных резонаторах
- 1.7.3. Добротность, вынужденные колебания в объемных резонаторах
- 1.7.4. Резонаторы сложной формы, коаксиальный объемный резонатор
- 1.7.5. Электромагнитные колебания в объемных резонаторах волноводных типов
- 1.7.6. Резонаторы волноводного типа
- 1.7.7. Колебания H - и E -типов в прямоугольном ОР, основные типы колебаний, структуры полей, резонансные частоты
- 1.7.8. Колебания H - и E -типов в круглом (цилиндрическом) ОР, основные типы колебаний, структуры полей, резонансные частоты

Раздел № 1.8. Замедляющие структуры

- 1.8.1. Электромагнитные волны в замедляющих структурах
- 1.8.2. Способы замедления электромагнитных волн
- 1.8.3. Свойства «медленных» волн
- 1.8.4. Замедляющие свойства различных типов замедляющих структур
- 1.8.5. Пространственные гармоники

Раздел № 1.9. Электромагнитные волны в анизотропных средах

- 1.9.1. Анизотропные свойства ферритов
- 1.9.2. Магнитные свойства веществ, анизотропные среды
- 1.9.3. Физико-химические свойства ферритов
- 1.9.4. Анизотропные свойства намагниченных ферритов
- 1.9.5. Особенности распространения ЭМВ в ферритах

УЭМ 2. Распространение радиоволн

Раздел № 2.1 Основные задачи и понятия распространения радиоволн

- 2.1.1. Постановка вопроса. Классификация радиоволн по диапазонам частот и способу распространения
- 2.1.2. Поле излучателя, находящегося в свободном пространстве
- 2.1.3. Область пространства, существенная при распространении радиоволн
- 2.1.4. Распространение плоских радиоволн в полупроводящей среде
- 2.1.5. Виды поляризации радиоволн
- 2.1.6. Отражение плоских радиоволн на границе раздела двух сред

Раздел № 2.2. Распространение земных радиоволн

- 2.2.1. Электрические свойства различных видов поверхности Земли
- 2.2.2. Классификация случаев распространения земных радиоволн
- 2.2.3. Поле элементарного электрического вибратора, поднятого над плоской земной поверхностью
- 2.2.4. Интерференционная формула Введенского
- 2.2.5. Учет сферичности земной поверхности при пользовании интерференционными формулами
- 2.2.6. Поле направленного излучателя, поднятого над плоской земной поверхностью
- 2.2.7. Распространение радиоволн над неровной или неоднородной трассой, когда антенны подняты высоко над поверхностью земли
- 2.2.8. Поле вертикального электрического вибратора, расположенного вблизи земной поверхности
- 2.2.9. Распределение напряженности поля вибратора в вертикальной плоскости
- 2.2.10. Распространение радиоволн над неровной или неоднородной трассой, когда антенны расположены низко над поверхностью Земли
- 2.2.11. Расчет напряженности электрического поля в зоне тени (дифракции)

Раздел 2.3. Тропосфера и ее влияние на распространение радиоволн

- 2.3.1. Состав и строение атмосферы
- 2.3.2. Диэлектрическая проницаемость и коэффициент преломления тропосферы
- 2.3.3. Методы и результаты измерения диэлектрической проницаемости тропосферы
- 2.3.4. Затухание напряженности поля радиоволн в тропосфере
- 2.3.5. Отражение радиолокационных сигналов от дождей, туч и облаков

- 2.3.6. Рефракция радиоволн в тропосфере. Эквивалентный радиус земного шара
- 2.3.7. Различные виды тропосферной рефракции
- 2.3.8. Распространение УКВ на большие расстояния в условиях сверхрефракции
- 2.3.9. Дальнее распространение УКВ путем рассеяния радиоволн на неоднородностях тропосферы

Раздел № 2.4. Ионосфера и ее влияние на распространение радиоволн

- 2.4.1. Причины образования ионосферы
- 2.4.2. Экспериментальные данные о строении ионосферы
- 2.4.3. Нерегулярные явления в ионосфере
- 2.4.4. Тонкая неоднородная структура ионосферы
- 2.4.5. Диэлектрическая проницаемость ионизированного газа без учета потерь
- 2.4.6. Диэлектрическая проницаемость и проводимость ионизированного газа. Учет столкновений электронов с ионами и нейтральными молекулами
- 2.4.7. Поглощение радиоволн и нелинейные явления в ионизированном газе
- 2.4.8. Скорость распространения радиоволн в ионизированном газе
- 2.4.9. Преломление и отражение радиоволн в ионосфере
- 2.4.10. Применимость приближения геометрической оптики при исследовании отражения радиоволн от ионосферы
- 2.4.11. Влияние постоянного магнитного поля на электрические параметры ионизированного газа. Явление гироманнитного резонанса
- 2.4.12. Распространение радиоволн в направлении постоянного магнитного поля
- 2.4.13. Распространение радиоволн в направлении, перпендикулярном к направлению постоянного магнитного поля
- 2.4.14. Распространение радиоволн, направленных под произвольным углом к постоянному магнитному полю
- 2.4.15. Отражение радиоволн от ионосферы в присутствии постоянного магнитного поля
- 2.4.16. Исследование ионосферы методом вертикального зондирования. Устройство и принцип действия ионосферной станции
- 2.4.17. Исследование ионосферы при помощи ионосферной станции, установленной на искусственном спутнике Земли
- 2.4.18. Теоремы эквивалентности
- 2.4.19. Измерение электронной плотности фазометрическим методом
- 2.4.20. Исследование ионосферы методом некогерентного рассеяния

Раздел № 2.5. Распространение длинных и средних волн

- 2.5.1. Особенности распространения длинных и сверхдлинных волн
- 2.5.2. Особенности распространения средних волн

Раздел № 2.6. Распространение коротких волн

- 2.6.1. Особенности распространения коротких волн
- 2.6.2. Замирания коротких волн
- 2.6.3. Определение максимальных применимых частот
- 2.6.4. Определение напряженности электрического поля в месте приема и определение наименьших применимых частот
- 2.6.5. Измерение максимальных применимых частот методом возвратно-наклонного зондирования ионосферы
- 2.6.6. Нарушения работы коротковолновых радиопередающих радиостанций

Раздел № 2.7. Распространение ультракоротких волн на радиопередающей Земля - Земля

- 2.7.1. Классификация различных случаев распространения УКВ
- 2.7.2. Нерегулярное ионосферное распространение УКВ
- 2.7.3. Регулярное ионосферное распространение УКВ

Раздел № 2.8. Распространение ультракоротких волн на космических радиолиниях

- 2.8.1. Основные типы космических радиолиний
- 2.8.2. Характеристики межпланетной среды
- 2.8.3. Потери мощности УКВ на радиолинии Земля - космос
- 2.8.4. Изменение поляризации волны и замирания
- 2.8.5. Ошибки, вносимые атмосферой Земли в определение угловых координат космических кораблей и спутников радиотехническими методами
- 2.8.6. Ошибки, вносимые атмосферой Земли в определение расстояния до спутника радиотехническими методами и в определение доплеровской частоты
- 2.8.7. Радиосвязь с использованием искусственных спутников Земли
- 2.8.8. Радиосвязь со спутником при вхождении его в плотные слои атмосферы
- 2.8.9. Радиосвязь со спутником на восходящем участке траектории
- 2.8.10. Радиофизические параметры поверхностей и атмосфер планет внутренней солнечной системы
- 2.8.11. Распространение радиоволн на трассе Земля - планета и вдоль поверхности планет и Луны

Раздел № 2.9. Особенности распространения радиоволн миллиметрового, оптического и инфракрасного диапазонов

- 2.9.1. Радиоволны миллиметрового, оптического и инфракрасного диапазонов. Их применение для связи, навигации, обнаружения
- 2.9.2. Ослабление оптических и инфракрасных волн в атмосфере
- 2.9.3. Влияние атмосферы на распространение излучений оптических квантовых генераторов
- 2.9.4. Рефракция оптических и инфракрасных волн
- 2.9.5. Излучение фона

4.3. Трудоемкость разделов учебного модуля и контактной работы

Таблица 3 – Трудоемкость разделов учебного модуля и контактной работы

№	Наименование разделов учебной дисциплины (модуля), УЭМ, наличие КП/КР	Контактная работа (в АЧ)				Внеауд. д. СРС (в АЧ)	Формы текущего контроля
		Аудиторная			В т.ч. СРС		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР			
1	Раздел 1.1. Основные уравнения и законы электромагнитного поля	1	1	1	0.5	6	1) Контрольный опрос 2) Учет задач, решенных студентом самостоятельно. 3) Отчеты по ЛР
2	Раздел 1.2. Электромагнитные волны, их характеристики и параметры поля	1	1	1	0.5	3	1), 2)
3	Раздел 1.3. Распространение электромагнитных волн в неограниченных изотропных средах поля	1	1	1	0.5	3	1), 2), 3)
4	Раздел 1.4. Особенности распространения электромагнитных волн на границе раздела	1	1	1	0.5	3	1), 2)

	двух сред						
5	Раздел 1.5. Основы теории излучения электромагнитных волн поля	1	1	1	0.5	3	1), 2)
6	Раздел 1.6. Электромагнитные волны в направляющих системах поля	1	1	1	0.5	3	1), 2), 3)
7	Раздел 1.7. Электромагнитные волны в объемных резонаторах	1	1	2	0.5	3	1), 2), 3)
8	Раздел 1.8. Замедляющие структуры	1	1	2	0.5	3	1), 2), 3)
9	Раздел 1.9. Электромагнитные волны в анизотропных средах	1	1	1	0.5	3	1), 2)
							Контрольная работа 1
10	Раздел № 2.1. Основные задачи и понятия распространения радиоволн	1	1	2	0.5	3	1), 2), 3)
11	Раздел № 2.2. Распространение земных радиоволн	1	1	2	0.5	3	1), 2), 3)
12	Раздел № 2.3. Тропосфера и ее влияние на распространение радиоволн	1	1	2	0.5	3	1), 2)
13	Раздел № 2.4. Ионосфера и ее влияние на распространение радиоволн	1	1		0.5	3	1), 2)
14	Раздел № 2.5. Распространение длинных и средних волн	1	1		0.5	3	1), 2)
15	Раздел № 2.6. Распространение коротких волн	1	1		0.5	3	1), 2), 3)
16	Раздел № 2.7. Распространение ультракоротких волн на радиолинии Земля - Земля	1	1	2	0.5	3	1), 2), 3)
17	Раздел № 2.8 Распространение ультракоротких волн на космических радиолиниях	1	1		0.5	3	1), 2)
18	Раздел № 2.9 Особенности распространения радиоволн миллиметрового, оптического и инфракрасного диапазонов	1	1		0.5	3	1), 2)
19	Промежуточная аттестация						Контрольная работа 2 Дифф. зачет
	ИТОГО	18	18	18	9	54	

4.4 Лабораторные работы, курсовые работы/курсовые проекты:

4.4.1 Перечень тем лабораторных работ:

4.4.1.1. Определение электрических параметров диэлектриков волноводным методом

4.4.1.2. Исследование высокочастотного фидера

4.4.1.3. Исследование волн в прямоугольном волноводе и полей в объемных резонаторах СВЧ

4.4.1.4. Исследование периодических замедляющих систем

4.4.1.5. Дифракция электромагнитных волн на круговом цилиндре

4.4.1.6. Дифракция электромагнитных волн на клине

4.4.1.7. Определение области пространства существенной при распространении и отражении радиоволн

4.4.2 Примерные темы курсовых работ/курсовых проектов:

Курсовые работы/курсовые проекты не предусмотрены учебным планом.

5 Методические рекомендации по организации освоения учебного модуля

Таблица 4 – Методические рекомендации по организации лекций

№	Темы лекционных занятий (форма проведения)	Трудоем- кость в АЧ
1	Основные уравнения и законы электромагнитного поля (информационная лекция)	1
2	Электромагнитные волны, их характеристики и параметры (информационная лекция, контрольный опрос по теме 1)	1
3	Распространение электромагнитных волн в неограниченных изотропных средах (информационная лекция, контрольный опрос по теме 2)	1
4	Особенности распространения электромагнитных волн на границе раздела двух сред (информационная лекция, контрольный опрос по теме 3)	1
5	Основы теории излучения электромагнитных волн (информационная лекция, контрольный опрос по теме 4)	1
6	Электромагнитные волны в направляющих системах (информационная лекция, контрольный опрос по теме 5)	1
7	Электромагнитные волны в объемных резонаторах (информационная лекция, контрольный опрос по теме 6)	1
8	Замедляющие структуры (информационная лекция, контрольный опрос по теме 7)	1
9	Электромагнитные волны в анизотропных средах (информационная лекция, контрольный опрос по теме 8)	1
10	Основные задачи и понятия распространения радиоволн (информационная лекция, контрольный опрос по теме 9)	1
11	Распространение земных радиоволн (информационная лекция, контрольный опрос по теме 10)	1
12	Тропосфера и ее влияние на распространение радиоволн (информационная лекция, контрольный опрос по теме 11)	1
13	Ионосфера и ее влияние на распространение радиоволн (информационная лекция, контрольный опрос по теме 12)	1
14	Распространение длинных и средних волн (информационная лекция, контрольный по теме 13)	1
15	Распространение коротких волн (информационная лекция, контрольный опрос по теме 14)	1
16	Распространение ультракоротких волн на радиолинии Земля - Земля (информационная лекция, контрольный опрос по теме 15)	1
17	Распространение ультракоротких волн на космических радиолиниях (информационная лекция, контрольный опрос по теме 16)	1
18	Особенности распространения радиоволн миллиметрового оптического и инфракрасного диапазонов (информационная лекция, контрольный опрос по темам 17, 18)	1
	ИТОГО	18

Таблица 5 - Методические рекомендации по организации практических занятий

№	Темы практических занятий (форма проведения)	Трудоем- кость в АЧ
1	Математический аппарат электродинамики (проведение математических вычислений при помощи базы знаний WolframAlpha)	1
2	Уравнения Максвелла (изложение кратких теоретических положений, рассмотрение решения типовых задач, решение задач учащимися самостоятельно)	1
3	Статические и стационарные электромагнитные поля (изложение кратких теоретических положений, рассмотрение решения типовых задач, решение задач учащимися самостоятельно)	1
4	Квазистационарные электромагнитные поля (изложение кратких теоретических положений, рассмотрение решения типовых задач, решение задач учащимися самостоятельно)	1
5	Плоские электромагнитные волны (изложение кратких теоретических положений, рассмотрение решения типовых задач, решение задач учащимися самостоятельно)	1
6	Отражение и преломление электромагнитных волн (изложение кратких теоретических положений, рассмотрение решения типовых задач, решение задач учащимися самостоятельно)	1
7	Волноводы (изложение кратких теоретических положений, рассмотрение решения типовых задач, решение задач учащимися самостоятельно, знакомство учащихся с техническими	1

	рассмотрение решения типовых задач, решение задач учащимися самостоятельно, знакомство учащихся с техническими устройствами, содержащими линии передачи данного типа)	
9	Поверхностные ЭМВ и замедляющие структуры (изложение кратких теоретических положений, рассмотрение решения типовых задач, решение задач учащимися самостоятельно)	1
10	Объемные резонаторы (изложение кратких теоретических положений, рассмотрение решения типовых задач, решение задач учащимися самостоятельно, знакомство учащихся с техническими устройствами, содержащими объемные резонаторы)	1
11	Излучение электромагнитных волн (изложение кратких теоретических положений, рассмотрение решения типовых задач, решение задач учащимися самостоятельно)	1
12	Распространение электромагнитных волн в изотропных ионизированных средах, однородных анизотропных средах, гиротропных средах (изложение кратких теоретических положений, рассмотрение решения типовых задач, решение задач учащимися самостоятельно)	1
13	Распространение радиоволн в свободном пространстве (изложение кратких теоретических положений, рассмотрение решения типовых задач, решение задач учащимися самостоятельно)	1
14	Особенности распространения радиоволн СДВ, ДВ, СВ диапазонов (изложение кратких теоретических положений, рассмотрение решения типовых задач, решение задач учащимися самостоятельно)	1
15	Распространение радиоволн КВ диапазона (изложение кратких теоретических положений, рассмотрение решения типовых задач, решение задач учащимися самостоятельно)	1
16	Распространение радиоволн УКВ диапазона (изложение кратких теоретических положений, рассмотрение решения типовых задач, решение задач учащимися самостоятельно)	1
17	Распространение радиоволн СВЧ диапазона (изложение кратких теоретических положений, рассмотрение решения типовых задач, решение задач учащимися самостоятельно)	1
18	Математические модели для энергетического расчета радиолиний (изложение кратких теоретических положений, рассмотрение решения типовых задач, решение задач учащимися самостоятельно)	1
	ИТОГО	18

6 Фонд оценочных средств учебного модуля

Фонд оценочных средств представлен в Приложении А.

7 Условия освоения учебного модуля

7.1 Учебно-методическое обеспечение

Учебно-методическое обеспечение учебного модуля представлено в Приложении

Б.

7.2 Материально-техническое обеспечение

Таблица 6 – Материально-техническое обеспечение учебного модуля

	Требование к материально-техническому обеспечению	Наличие материально-технического оборудования и программного обеспечения	
1.	Учебные аудитории для проведения учебных занятий	Учебная мебель: столы, стулья, доска Компьютерный класс Мультимедийная система: ПК Intel Celeron G530 CPU 2,4 GHz, Класс: ПК Intel Celeron G530 CPU 2,4 GHz, Монитор ViewSonic VA1932wa, объединенные в локальную сеть с выходом в Интернет – 9 шт Перечень приборов: Осциллограф RFT EO 174B – 5шт; Осциллограф C9-52 – 5шт; Генератор Г4-102; Генератор Г5-54; Генератор Г3-112 – 3шт; Генератор Г5-60; Генератор Г6-8; Частотомер ЧЗ-34А; Компьютеры – 2шт; Макеты: Стенд универсальный – 8 шт.	
2.	Мультимедийное оборудование	Проектор Epson Projector EB-X04, компьютер, экран	
3.	Программное обеспечение		
Наименование программного продукта		Обоснование для использования (лицензия, договор, счёт, акт или иное)	Дата выдачи
Microsoft Imagine (Microsoft Azure Dev Tools for Teaching) Standard		Договор № 243/ю, 370aef61-476a-4b9f-bd7c-84bb13374212	19.12.2018
Антиплагиат. Вуз.*		Договор № PKT-057/19	23.05.2019
Microsoft Windows 7 Professional		Dreamspark (Imagine) № 370aef61-476a-4b9f-bd7c-84bb13374212	30.04.2015
Microsoft Windows 10 for Educational Use		Dreamspark (Imagine) № 370aef61-476a-4b9f-bd7c-84bb13374212	30.04.2015
Kaspersky Endpoint Security Standard*		Лицензия № 1C1C-180910-103950-813-1463	10.09.2018
Подписка Microsoft Office 365		свободно распространяемое для вузов	-
Adobe Acrobat		свободно распространяемое	-
Skype		свободно распространяемое	-

№	Оценочные средства для текущего контроля	Разделы учебной дисциплины	Баллы	Проверяемые компетенции
1	Контрольный опрос	УЭМ 1. Электродинамика Раздел № 1.1. Основные уравнения и законы электромагнитного поля Раздел № 1.2. Электромагнитные волны, их характеристики и параметры Раздел № 1.3. Распространение электромагнитных волн в неограниченных изотропных средах Раздел № 1.4. Особенности распространения электромагнитных волн на границе раздела двух сред Раздел № 1.5. Основы теории излучения электромагнитных волн Раздел № 1.6. Электромагнитные волны в направляющих системах Раздел № 1.7. Электромагнитные волны в объемных резонаторах Раздел № 1.8. Замедляющие структуры Раздел № 1.9. Электромагнитные волны в анизотропных средах УЭМ 2. Распространение радиоволн Раздел № 2.1 Основные задачи и понятия распространения радиоволн Раздел № 2.2. Распространение земных радиоволн Раздел 2.3. Тропосфера и ее влияние на распространение радиоволн Раздел № 2.4. Ионосфера и ее влияние на распространение радиоволн Раздел № 2.5. Распространение длинных и средних волн Раздел № 2.6. Распространение коротких волн Раздел № 2.7. Распространение ультракоротких волн на радиолинии Земля - Земля Раздел № 2.8. Распространение ультракоротких волн на космических радиолиниях Раздел № 2.9. Особенности распространения радиоволн	45 (9x2,5) (9x2,5)	ПК-1 ПК-2

		миллиметрового оптического и инфракрасного диапазонов		
2	Контрольная работа 1	УЭМ 1. Электродинамика Раздел № 1.1. Основные уравнения и законы электромагнитного поля Раздел № 1.2. Электромагнитные волны, их характеристики и параметры Раздел № 1.3. Распространение электромагнитных волн в неограниченных изотропных средах Раздел № 1.4. Особенности распространения электромагнитных волн на границе раздела двух сред Раздел № 1.5. Основы теории излучения электромагнитных волн Раздел № 1.6. Электромагнитные волны в направляющих системах Раздел № 1.7. Электромагнитные волны в объемных резонаторах Раздел № 1.8. Замедляющие структуры Раздел № 1.9. Электромагнитные волны в анизотропных средах	20	ПК-1 ПК-2
3	Контрольная работа 2	УЭМ 2. Распространение радиоволн Раздел № 2.1 Основные задачи и понятия распространения радиоволн Раздел № 2.2. Распространение земных радиоволн Раздел 2.3. Тропосфера и ее влияние на распространение радиоволн Раздел № 2.4. Ионосфера и ее влияние на распространение радиоволн Раздел № 2.5. Распространение длинных и средних волн Раздел № 2.6. Распространение коротких волн Раздел № 2.7. Распространение ультракоротких волн на радиолнии Земля - Земля Раздел № 2.8. Распространение ультракоротких волн на космических радиолниях Раздел № 2.9. Особенности распространения радиоволн миллиметрового оптического и инфракрасного диапазонов	20	ПК-1 ПК-2
4	Лабораторная работа (7 лабораторных работ)	УЭМ 1. Электродинамика Раздел № 1.1. Основные уравнения и законы электромагнитного поля Раздел № 1.2. Электромагнитные волны, их характеристики и параметры Раздел № 1.3. Распространение электромагнитных волн в неограниченных изотропных средах Раздел № 1.4. Особенности распространения электромагнитных волн на границе раздела двух сред Раздел № 1.5. Основы теории излучения электромагнитных волн Раздел № 1.6. Электромагнитные волны в направляющих системах Раздел № 1.7. Электромагнитные волны в объемных резонаторах Раздел № 1.8. Замедляющие структуры Раздел № 1.9. Электромагнитные волны в анизотропных средах УЭМ 2. Распространение радиоволн Раздел № 2.1 Основные задачи и понятия распространения радиоволн Раздел № 2.2. Распространение земных радиоволн Раздел № 2.3. Тропосфера и ее влияние на распространение радиоволн Раздел № 2.7. Распространение ультракоротких волн на радиолнии Земля - Земля	35 (7x5)	ПК-1 ПК-2

5	Решение задач	УЭМ 1. Электродинамика Раздел № 1.1. Основные уравнения и законы электромагнитного поля Раздел № 1.2. Электромагнитные волны, их характеристики и параметры Раздел № 1.3. Распространение электромагнитных волн в неограниченных изотропных средах Раздел № 1.4. Особенности распространения электромагнитных волн на границе раздела двух сред Раздел № 1.5. Основы теории излучения электромагнитных волн Раздел № 1.6. Электромагнитные волны в направляющих системах Раздел № 1.7. Электромагнитные волны в объемных резонаторах Раздел № 1.8. Замедляющие структуры Раздел № 1.9. Электромагнитные волны в анизотропных средах УЭМ 2. Распространение радиоволн Раздел № 2.1 Основные задачи и понятия распространения радиоволн Раздел № 2.2. Распространение земных радиоволн Раздел № 2.3. Тропосфера и ее влияние на распространение радиоволн Раздел № 2.4. Ионосфера и ее влияние на распространение радиоволн Раздел № 2.5. Распространение длинных и средних волн Раздел № 2.6. Распространение коротких волн Раздел № 2.7. Распространение ультракоротких волн на радиолнии Земля - Земля Раздел № 2.8. Распространение ультракоротких волн на космических радиолниях Раздел № 2.9. Особенности распространения радиоволн миллиметрового оптического и инфракрасного диапазонов	30	ПК-1 ПК-2
<i>Промежуточная аттестация</i>				
6	Дифференцированный зачет			
	ИТОГО		150	

3 Рекомендации к использованию оценочных средств

1) Контрольный опрос

Таблица А.2 – Критерии оценки по контрольному опросу

<i>Критерии оценки</i>	<i>Количество вопросов</i>
Количество правильных ответов	3

Контрольный опрос проводится после изучения каждого раздела дисциплины в письменной форме. Количество вопросов – 3 из приведенного списка. Время проведения не более 10 минут. Вопросы имеют приблизительно одинаковую сложность.

УЭМ 1. Электродинамика

Раздел № 1.1. Основные уравнения и законы электромагнитного поля

1. Какое поле называется электростатическим?
2. Напишите выражение для поля системы точечных зарядов.
3. Получите закон Кулона как следствие равенства Гаусса - Остроградского и решения уравнения Пуассона.

4. Как получить решение уравнения Пуассона и какие вы знаете частные случаи его решения?
5. Что такое емкость, и какие используются соотношения для ее определения?
6. Напишите в различном виде формулы, определяющие энергию электростатического поля.
7. В чем сущность принципа суперпозиции решений уравнений электромагнитного поля?
8. Поясните физический смысл теоремы взаимности.
9. Определите и перечислите основные свойства ЭМП.
10. Назовите векторы, характеризующие ЭМП.
11. Дайте определение векторов электрического и магнитного полей.
12. Что называется поляризацией вещества?
13. Какие виды поляризации вещества вы знаете?
14. Как изображаются векторные поля?
15. Напишите и поясните материальные уравнения для векторов ЭМП.
16. Запишите выражения для диэлектрической и магнитной постоянных.
17. Назовите единицы измерения основных электрических и магнитных величин.
18. Напишите четыре уравнения Максвелла в интегральной форме и поясните их физический смысл.
19. Напишите четыре уравнения Максвелла в дифференциальной форме и поясните их физический смысл.
20. Запишите уравнения непрерывности электрического поля и поясните их физический смысл.
21. Объясните необходимость введения граничных условий для векторов ЭМП.
22. Запишите граничные условия для нормальных и тангенциальных составляющих векторов электрического и магнитного поля.
23. Запишите симметричную и несимметричную системы уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.
24. Запишите систему уравнений Максвелла в комплексной форме.
25. Поясните систему классификации сред по их электрической проводимости.
26. Запишите выражение для вектора Пойнтинга через комплексные векторы поля.
27. Напишите уравнение баланса для активной мощности и поясните физический смысл входящих в него членов.
29. Опишите последовательность операций для получения обобщенного векторного уравнения Даламбера.
30. Какими соотношениями связаны электродинамические потенциалы и вектор Герца с векторами поля?
31. Напишите волновые уравнения относительно комплексных векторов поля, электродинамических потенциалов и вектора Герца.
32. Дайте определение соленоидальным и потенциальным полям.
33. Поясните физический смысл понятия «запаздывающих» электродинамических потенциалов.
34. Сформулируйте теорему решения уравнений электродинамики.
35. Чем отличается доказательство единственности решений уравнения поля для внешних и внутренних задач.
36. Перечислите методы решения задач электродинамики
37. Сформулируйте критерий электродинамического подобия.

Раздел № 1.2. Электромагнитные волны, их характеристики и параметры

1. Что называется электромагнитной волной?

2. В чем заключается различие волнового и стационарного гармонического процессов?
3. Что называется фронтом, фазовой скоростью и длиной волны?
4. Какие виды поляризации ЭМВ вы знаете?
5. Запишите уравнения электромагнитных волн, имеющих различные по форме волновые поверхности.

Раздел № 1.3. Распространение электромагнитных волн в неограниченных изотропных средах

1. Приведите решение волнового уравнения для плоской электромагнитной волны.
2. Приведите классификацию сред по их электрическим свойствам.
3. Приведите выражения для фазовой скорости плоской волны в различных средах.
4. Найдите выражение для коэффициента фазы и коэффициента затухания в случае среды с конечной проводимостью.
5. Какая среда называется диспергирующей?
6. Дайте определение поверхностного эффекта.
7. Приведите определение поверхностного сопротивления.
8. Дайте определение глубины проникновения ЭМВ в проводник.

Раздел № 1.4. Особенности распространения электромагнитных волн на границе раздела двух сред

1. Что называется плоскостью падения и волнами с горизонтальной и вертикальной поляризацией?
2. Приведите и поясните выражения для направляющих углов.
3. Напишите формулы Френеля при наклонном падении вертикально-поляризованной волны на границу с диэлектриком.
4. Напишите формулы Френеля при нормальном падении вертикально-поляризованной волны на границу с диэлектриком.
5. Напишите формулы Френеля при наклонном падении вертикально-поляризованной волны на границу с идеальным проводником.
6. Напишите формулы Френеля при нормальном падении вертикально-поляризованной волны на границу с диэлектриком.
7. Что называется углом полного преломления и как он зависит от электромагнитных параметров среды?
8. Напишите и поясните формулы Френеля для горизонтально-поляризованной волны.
9. Изобразите графически зависимости модулей и аргументов коэффициентов отражения от угла падения для волн с горизонтальной и вертикальной поляризацией.
10. Приведите выражения для граничных условий Щукина – Леонтовича и поясните их физический смысл.
11. В каких случаях применимы приближенные граничные условия?

Раздел № 1.5. Основы теории излучения электромагнитных волн

1. Получите выражение для векторного потенциала поля элементарного электрического диполя.
2. Запишите выражения для напряженности поля диполя и поясните смысл, входящих в них членов.
3. Определите понятия ближней, промежуточной и дальней волновой зон поля диполя.
4. Изобразите силовые линии электромагнитного поля электрического диполя
5. В чем отличие диаграмм направленности элементарного диполя по мощности и напряженности поля?

6. Что называется коэффициентом направленного действия и какое он имеет выражение для элементарного диполя?
7. Дайте определение сопротивления излучения.
8. Запишите выражения для составляющих напряженности поля магнитного диполя, используя принцип перестановочной двойственности.
9. Приведите выражение для мощности и сопротивления излучения элементарной рамки с током.
10. Нарисуйте диаграмму направленности элементарной рамки с током.
11. Найдите соотношение между сопротивлением излучения электрического и магнитного диполей.
12. Получите выражение для электродинамических потенциалов поля, создаваемого элементом Гюйгенса.
13. Нарисуйте диаграмму направленности элемента Гюйгенса.
14. Поясните физический смысл принципа эквивалентности
15. Как формулируются дифракционные задачи?
16. В чем сущность метода Гюйгенса – Кирхгофа для монохроматической волны?
17. Приведите формулу Кирхгофа для дифракционной задачи.
18. Какую зону охватывает дифракция Фраунгофера?
19. Как называется приближение Гюйгенса-Кирхгофа?
20. Какую зону охватывает дифракция Френеля?
21. Какой величиной определен фазовый сдвиг между ближней и дальней зонами дифракции?

Раздел № 1.6. Электромагнитные волны в направляющих системах

1. Что называется направляющей системой?
2. Какие типы ЭМВ вы знаете и в каких направляющих системах эти волны могут распространяться?
3. Какой основной тип волны в открытой двухпроводной линии?
4. Изобразите структуру поля двухпроводной линии передачи.
5. Какой основной тип волны в коаксиальной линии?
6. Изобразите структуру поля в коаксиальной линии передачи.
7. Какие типы полосковых линий вы знаете?
8. Какие волноводные линии передачи вам известны?
9. Приведите определение критической длины волны и критической частоты.
10. Приведите основные параметры. Характеризующие процесс распространения волны в прямоугольном волноводе.
11. Что означает термин «основной тип волны» в волноводе?
12. Какой тип волны является основным в прямоугольном волноводе?
13. Какой тип волны является основным в круглом волноводе?
14. Напишите выражения составляющих напряженности поля в прямоугольном волноводе.
15. Изобразите картину поля в прямоугольном волноводе для волн H_{10} , H_{01} , H_{11} , E_{11} .
16. Напишите и проанализируйте выражения для длины, фазовой и групповой скоростей ЭМВ в прямоугольном волноводе при различных значениях m и n .
17. Изобразите структуры полей в круглом волноводе при электромагнитных колебаниях типов E_{01} и H_{11} .
18. Приведите выражения для расчета длины волны. Фазовой и групповой скорости в круглом волноводе.
19. Как определить мощность, пропускаемую волноводом?
20. Что называется характеристическим и волновым сопротивлениями волновода и как их рассчитывают?

21. Каковы причины затухания ЭМВ в волноводе?

22. Как находят КПД волновода?

Раздел № 1.7. Электромагнитные волны в объемных резонаторах

1. Что называется объемным резонатором?

2. Почему в диапазоне СВЧ нельзя осуществить колебательные контуры с сосредоточенными параметрами?

3. Как можно найти поле в резонаторе на основе знания поля ЭМВ в регулярном волноводе?

4. Приведите выражение для собственной частоты колебаний в резонаторе и поясните смысл входящих в него величин.

5. Нарисуйте картину силовых линий колебаний типа H101, E011, E110.

6. Приведите выражение для добротности резонатора при колебаниях типа H101 и поясните смысл входящих в него величин.

7. Какие простейшие типы колебаний имеют место в цилиндрическом резонаторе и каков смысл величин, входящих в выражение для собственных частот?

8. Нарисуйте картину поля колебаний типа E010 в цилиндрическом резонаторе.

9. Какие типы колебаний могут иметь место в коаксиальном резонаторе?

10. Какие резонаторы с квазисосредоточенными параметрами вам известны и как может быть найдена собственная частота основного типа колебаний в этих резонаторах?

11. Каковы способы возбуждения резонаторов?

12. Какими выражениями определяются силы, действующие на заряд, находящийся в электромагнитном поле?

13. Приведите последовательность решения по определению траектории движения электрона в постоянном магнитном поле.

Раздел № 1.8. Замедляющие структуры

1. Перечислите способы замедления ЭМВ.

2. С какой целью применяют замедление ЭМВ?

3. Нарисуйте некоторые типы замедляющих структур.

4. Перечислите свойства «медленных волн».

5. Какими свойствами обладает спиральная замедляющая структура.

6. Приведите дисперсионную характеристику спиральной замедляющей структуры.

7. Приведите дисперсионную характеристику гребенчатой замедляющей структуры.

8. При каких параметрах гребенчатой замедляющей структуры вдоль нее волна не распространяется?

9. От чего зависит коэффициент замедления диэлектрической пластины?

10. Что такое пространственные гармоники?

11. Перечислите свойства пространственных гармоник.

12. Какие пространственные гармоники называются прямыми?

13. Какие пространственные гармоники называются обратными?

Раздел № 1.9. Электромагнитные волны в анизотропных средах

1. На какие типы делятся среды по характеристикам магнитных свойств?

2. Какую величину имеет магнитная проницаемость у парамагнетиков?

3. Какую величину имеет магнитная проницаемость у диамагнетиков?

4. Изобразите петлю гистерезиса.

5. Чем математически описывается магнитная проницаемость анизотропной среды?

6. Перечислите основные физико-химические свойства ферритов.

7. Поясните графически гиротропные свойства ферритов.

8. Поясните графически процессию спинового магнитного момента относительно внешнего магнитного поля.
9. Перечислите особенности распространения ЭМВ в ферритах.

УЭМ 2. Распространение радиоволн

Раздел № 2.1 Основные задачи и понятия распространения радиоволн

1. Как определяется мгновенное значение напряженности электрического поля в свободном пространстве и в полупроводящей среде? Запишите выражения в символической форме.
2. Получите выражение для мощности, создаваемой в приемной антенне при распространении радиоволн в свободном пространстве. Определите величину мощности в приемной антенне, если передающая антенна, излучающая мощность 10 Вт, находится на расстоянии 20 км от приемной, к. н. д. передающей и приемной антенн $D_1 = D_2 = 100$, $\lambda = 20$ см.
3. В чем заключается принцип Гюйгенса?
4. С какой целью вводится понятие зон Френеля?
5. Изобразите и поясните график зависимости величины напряженности поля за непрозрачным экраном от радиуса отверстия в этом экране.
6. Каков характер частотной зависимости коэффициента поглощения и фазы волны в полупроводящей среде?
7. Что такое поляризация волны? Какие виды поляризации вам известны?
8. Изобразите и поясните графики зависимости модуля фазы коэффициента отражения от угла падения волны на границу раздела двух сред для вертикальной и горизонтальной поляризаций.
9. В чем заключается явление полного отражения электромагнитных волн и при каких условиях оно может иметь место?

Раздел № 2.2. Распространение земных радиоволн

1. Каковы средние значения проводимости суши и моря?
2. В каком диапазоне радиоволн плотность токов смещения в земной поверхности преобладает над плотностью токов проводимости?
3. Выведите соотношение, связывающее фазовую скорость распространения волны v_{ϕ} с коэффициентом фазы β в полупроводящей среде. Какой вид принимает это соотношение для диапазона УКВ?
4. Плоские волны частотой 500 и 5 МГц проходят во влажной почве расстояние 10 м. Во сколько раз изменятся амплитуды той и другой волн? Как изменятся фазы волн?
5. Во сколько раз изменится коэффициент отражения горизонтально-поляризованных волн длиной 30 см и 30 м при нормальном падении их ($\theta = 0$) на сухую поверхность и на болотистую почву?
6. Определите изменение амплитуды и фазы вертикально-поляризованной плоской волны длиной 10 см при отражении ее от влажной почвы под углом 60° на высоте 10 м от поверхности Земли по сравнению с амплитудой и фазой падающей волны вблизи поверхности.
7. В чем заключается явление полного отражения и при каких условиях оно может иметь место?
8. Где и во сколько раз больше расстояние прямой видимости - на Земле или на Луне при одних и тех же высотах поднятия антенн $h_1 = 12$ м, $h_2 = 1$ м. Радиус Земли 6370 км, радиус Луны 1738 км.
9. Назовите условия применимости интерференционной формулы. В каком диапазоне радиоволн расчет напряженности поля ведут по этой формуле?

10. Нарисуйте диаграммы направленности вертикального и горизонтального вибраторов, поднятых на высоту $h_1 = 2\lambda$ над сухой почвой.
11. Как изменится диаграмма направленности в случае, указанном в вопросе 10, при укорочении длины волны вдвое (высота h_1 та же)?
12. Как изменится диаграмма направленности в случае, указанном в вопросе 10, при увеличении электропроводности почвы?
13. Какой участок земной поверхности оказывает существенное влияние на распространение радиоволн, если антенны подняты высоко над поверхностью Земли?
14. При каких условиях можно вести расчет напряженности поля по формуле Введенского?
15. Чем объясняется квадратичная зависимость напряженности поля от расстояния в условиях применимости формулы Введенского?
16. Можно ли считать поверхность Земли ровной, если высота неровностей 16 см, длина падающей волны 8 см, угол падения 60° ?
17. Какие составляющие имеет поле Вертикального вибратора, расположенного вблизи полупроводящей поверхности Земли?
18. Каково соотношение между горизонтальными составляющими электрического поля волн, распространяющихся над влажной землей и над морем, при $\lambda = 500$ м, если предположить, что вертикальные составляющие равны?
19. Как изменится напряженность поля, созданного вертикальным вибратором, расположенным вблизи земной поверхности, при изменении длины волны с 20 до 200 м? Поверхность Земли - влажная почва.
20. В каких диапазонах волн применяются антенны типа заземленного вибратора?
21. В каком диапазоне волн существенно сказываются ошибки в определении координат излучателя, вызванные береговой рефракцией?

Раздел № 2.3. Тропосфера и ее влияние на распространение радиоволн

1. Как связана диэлектрическая проницаемость тропосферы с метеорологическими условиями?
2. Что такое нормальная тропосфера?
3. Во сколько раз уменьшится напряженность поля волн длиной 3 и 10 см на трассе протяженностью 10 км во время сильного ливня (количество осадков 100 мм/ч)?
4. Какие волны миллиметрового диапазона применимы для радиосвязи и радиолокации?
5. Для чего вводят понятие эквивалентного радиуса земного шара?
6. Как зависит радиус кривизны траектории волны от диэлектрической проницаемости тропосферы?
7. Изобразите вид траектории волны в тропосфере и подсчитайте эквивалентный радиус земного шара при

$$\frac{dn}{dh} = +0,5 \frac{1}{R_0},$$

$$\frac{dn}{dh} = -0,5 \frac{1}{R_0} \text{ и } \frac{dn}{dh} = -2 \frac{1}{R_0}.$$

8. На сколько изменится расстояние прямой видимости при изменении градиента коэффициента преломления тропосферы от

$$\frac{dn}{dh} = -3 \cdot 10^{-8} \text{ м}^{-1} \text{ до } \frac{dn}{dh} = -6 \cdot 10^{-8} \text{ м}^{-1}?$$

Высоты антенн $h_1 = h_2 = 10$ м.

9. Какие атмосферные условия необходимы для возникновения сверхрефракции радиоволн?

10. Радиоволны каких диапазонов могут распространяться в тропосферных волноводах?

11. Какова природа мелких неоднородностей тропосферы?

12. Изобразите схему линии радиосвязи, использующей рассеяние радиоволн в тропосфере, и поясните принцип ее работы.

13. Чем вызваны замирания сигналов на линиях радиосвязи с тропосферным рассеянием? Почему нельзя передать без искажений широкую полосу частот?

14. Поясните инженерный метод расчета радиолиний, использующих тропосферное рассеяние волн.

Раздел № 2.4. Ионосфера и ее влияние на распространение радиоволн

1. Что является основным ионизирующим фактором ионосферы?

2. Изобразите график изменения электронной плотности ионосферы с высотой для дня и ночи.

3. Подсчитайте собственную частоту ионизированного газа, если электронная плотность $N_e = 10^6$ эл/см³.

4. Возможен ли волновой процесс в среде, где $\epsilon < 0$?

5. Почему на распространение радиоволн электроны оказывают существенно большее влияние, чем ионы?

6. Как изменится проводимость ионизированного газа, если электронная плотность возрастет вдвое?

7. Какой вид имеет график частотной зависимости коэффициента поглощения радиоволн в ионосфере?

8. Импульсы с несущими частотами 10 и 100 МГц проходят через ионосферу, собственная частота которой равна $f_0 = 6$ МГц, расстояние 30 км. Какой из импульсов придет раньше и на сколько?

9. Нарисуйте высотно-частотную характеристику ионосферы и укажите критические частоты слоев.

10. На каком участке траектории волны в ионосфере приближение геометрической оптики неприменимо?

11. Волна прошла в ионизированном газе некоторое расстояние в направлении силовых линий постоянного магнитного поля. Какие изменения произошли в структуре поля волны?

12. Какие составляющие электрического поля могут существовать в ионизированном газе, если направление распространения волны нормально к направлению силовых линий постоянного магнитного поля?

13. Приблизительно во сколько раз отличаются гирочастоты электронов и ионов?

14. Какое приближение - квазипродолное или квазипоперечное применимо, если угол между направлением распространения волны и направлением силовых линий постоянного магнитного поля равен 70° , $\omega = 0,2\omega_c$?

15. Сравните известные вам методы исследования ионосферы. Какой из методов применяют для регулярных наблюдений за ионосферой?

Раздел № 2.5. Распространение длинных и средних волн

1. Как изменяются условия распространения средних волн в течение суток?

2. Какова природа замирания сигнала на средних волнах?

3. Почему явление перекрестной модуляции наблюдается в диапазоне средних волн?

4. Как определяется напряженность электрического поля в диапазоне средних волн?
5. Каковы характеристики сферического волновода Земля - ионосфера?
6. Каковы преимущества радиосвязи на длинных и сверхдлинных волнах?

Раздел № 2.6. Распространение коротких волн

1. Исходя из какого условия выбирают максимальную применимую частоту?
2. От каких факторов зависит наименьшая применимая частота?
3. Что называется оптимальной рабочей частотой?
4. Каковы причины замираний коротких волн?
5. В каких районах земного шара связь на коротких волнах затруднительна?
6. Как изменяются ближняя и дальняя границы зоны молчания при повышении рабочей частоты?
7. На каком явлении основан метод возвратно-наклонного зондирования ионосферы?
8. В какое время суток можно работать на более высоких частотах в пределах коротковолнового диапазона?
9. Какова частотная зависимость интегрального коэффициента поглощения в слоях ионосферы?
10. Объясните структуру формулы, применяемой для расчета непоглощенной напряженности электрического поля.

Раздел № 2.7. Распространение ультракоротких волн на радиолинии Земля – Земля

1. Какие явления обуславливают регулярное и нерегулярное ионосферное распространение метровых радиоволн?
2. Как связана неоднородность диэлектрической проницаемости ионизированного газа с его электронной плотностью и рабочей частотой проходящей волны?
3. Какие факторы ограничивают протяженность радиолинии, использующей ионосферное рассеяние радиоволн?
4. Радиоволны каких частот используются на радиолиниях ионосферного рассеяния и метеорного отражения?
5. Сравните преимущества и недостатки радиолиний ионосферного рассеяния и метеорного отражения, а также коротковолновых радиолиний.

Раздел № 2.8. Распространение ультракоротких волн на космических радиолиниях

1. Нарисуйте примерный график изменения электронной плотности во внешней ионосфере. На какой высоте находится основной максимум ионизации?
2. Каков порядок величины электронной плотности в межпланетном пространстве?
3. Из каких соображений выбирают рабочие частоты для радиосвязи с космическими кораблями?
4. От каких факторов зависит дальность действия космической радиолинии?
5. Какова причина, вызывающая ошибки в определении угловых координат спутника радиотехническими методами?
6. Какие области атмосферы вызывают ошибки в определении угловых координат спутника в метровом и сантиметровом диапазонах волн?
7. Чем вызываются ошибки в определении расстояния до спутника радиотехническими методами и какова частотная зависимость этих ошибок?
8. Каким образом влияние постоянного магнитного поля Земли приводит к замиранию радиоволн на космических радиолиниях?
9. В чем причина нарушения радиосвязи при вхождении спутника в плотные слои атмосферы?

10. В чем причина нарушения радиосвязи на восходящем участке траектории движения ракеты?

Раздел № 2.9. Особенности распространения радиоволн миллиметрового оптического и инфракрасного диапазонов

1. В чем заключаются причины ослабления оптических и ИК волн в атмосфере?
2. По какой причине ИК волны длиннее 13 мкм не могут распространяться в атмосфере на большие расстояния?
3. Нарисуйте и поясните график частотной зависимости поглощения оптических и ИК волн в тумане.
4. При каких атмосферных условиях применение ИК волн не дает преимуществ перед оптическими волнами?
5. Каково влияние атмосферы на распространение излучения оптических квантовых генераторов?
6. Каковы особенности рефракции оптических и ИК волн по сравнению с радиоволнами?
7. Что является источником помех в диапазонах оптических и ИК волн?

2) Контрольная работа 1

Таблица А.3 – Критерии оценки по контрольной работе 1

Критерии оценки	Количество вариантов заданий
решены правильно 3 задачи из УЭМ 1	3 задачи, выбранные случайно из списка
решено правильно 2 задачи из УЭМ 1	
решена правильно 1 задача из УЭМ 1	
нет правильных решений из УЭМ 1	

Контрольная работа 1 проводится при рубежной аттестации (9 неделя).

Задачи к контрольной работе 1 являются закрытым материалом.

3) Контрольная работа 2

Таблица А.4 – Критерии оценки по контрольной работе 2

Критерии оценки	Количество вариантов заданий
решены правильно 3 задачи из УЭМ 2	3 задачи, выбранные случайно из списка
решено правильно 2 задачи из УЭМ 2	
решена правильно 1 задача из УЭМ 2	
нет правильных решений из УЭМ 2	

Контрольная работа 2 проводится на зачетной неделе (18 неделя).

Нумерация таблиц к контрольным задачам по УЭМ 2 относится только к этому разделу

Задачи к контрольной работе 2 являются закрытым материалом.

4) Лабораторные работы

Таблица А.4 – Критерии оценки лабораторных работ

Критерии оценки	Количество вариантов заданий
выполнены все ЛР. Оформление отчетов соответствует требованиям. Даны исчерпывающие ответы на контрольные вопросы.	Не ограничено
выполнены все ЛР. Оформление отчетов выполнено с замечаниями. Даны не совсем точные ответы на контрольные вопросы.	
выполнены все ЛР. Отчеты содержат неточности и ошибки. Учащийся испытывает затруднения в ответах на контрольные вопросы.	

Вопросы к защите лабораторных работ

Лабораторная работа № 1. Определение электрических параметров диэлектриков волноводным методом.

Вопросы:

1. Физический смысл относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь.
2. Характерные значения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь диэлектриков на СВЧ.
3. Основные способы измерения электрических параметров диэлектриков.
4. Суть метода измерения электрических параметров диэлектриков в лабораторном макете.
5. Суть метода удвоенного минимума для измерения малых КБВ.
6. Пояснить различие распределения поля в закороченном волноводе с диэлектрическим образцом и без образца.
7. Как величина коэффициента бегущей волны в закороченном волноводе с диэлектриком зависит от потерь в диэлектрике.
8. Почему для измерения параметров необходимы два образца разной длины из одного диэлектрика.
9. Источники погрешности измерения параметров диэлектриков волноводным методом.

Лабораторная работа № 2. Исследование высокочастотного коаксиального фидера.

Вопросы:

1. Требования, предъявляемые к линиям передач СВЧ.
2. Типы волн, которые могут распространяться в коаксиальной линии.
3. Структура поля волны основного типа (ТЕМ) в коаксиальной линии.
4. Основные электрические параметры, характеризующие коаксиальный фидер на волне основного типа.
5. Связь электрических параметров коаксиальной линии с её геометрическими размерами.
6. Методика экспериментального определения электрических параметров коаксиальной линии в лабораторном макете.
7. Методика экспериментального определения частотной зависимости электрических параметров коаксиальной линии в лабораторном макете.
8. Чем ограничивается частотный диапазон использования коаксиальной линии?
9. Источники погрешности измерения электрических параметров коаксиальной линии в лабораторном макете.

Лабораторная работа №3. Исследование волн в прямоугольном волноводе и полей в объемных резонаторах СВЧ.

Вопросы:

1. Механизм распространения волн в полых волноводах.
2. Типы волн, которые могут распространяться в прямоугольном волноводе.
3. Структура поля волны основного типа (Н10) в прямоугольном волноводе.
4. Основные характеристики волны основного типа (Н10) в прямоугольном волноводе.
5. Причина дисперсии волн в прямоугольном волноводе.
5. Методика экспериментального определения характеристик волны основного типа (Н10) в прямоугольном волноводе в лабораторном макете.
6. Чем ограничивается рабочий частотный диапазон волны типа (Н10) в прямоугольном волноводе?
7. Разновидности и параметры объемных резонаторов СВЧ, типы колебаний в объемных резонаторах СВЧ.
8. Методика экспериментального исследования структур полей в объемных резонаторах.
9. Источники погрешности измерения характеристик волн в волноводе и полей в объемном резонаторе в лабораторном макете.

Лабораторная работа № 4. Исследование периодических замедляющих систем.

Вопросы:

1. Область применения линий медленных волн.
2. Механизм замедления волн в периодических замедляющих системах.
3. Свойства и характеристики пространственных гармоник периодических структур.
4. Виды дисперсионных характеристик замедляющих систем.
5. Понятие сопротивления связи замедляющей системы.
6. Методика снятия картины распределения поля в макете замедляющей системы.
7. Методика экспериментального определения дисперсионной характеристики нулевой пространственной гармоники круглого диафрагмированного волновода.
8. Методика экспериментального определения сопротивления связи нулевой пространственной гармоники круглого диафрагмированного волновода.
9. Источники погрешности измерения характеристик волн в волноводе и полей в объемном резонаторе в лабораторном макете.

Лабораторная работа №5. Дифракция плоской электромагнитной волны на круговом цилиндре.

Вопросы:

1. Какие задачи электродинамики относятся к дифракционным задачам?
2. Дайте характеристику основных методов решения дифракционных задач.
3. Поясните порядок определения поля при дифракции на проводящем круговом цилиндре методом Фурье (методом разделения переменных).
4. Поясните метод геометрической оптики на примере дифракции на круговом цилиндре.
5. Чему равно поле E_z при дифракции на цилиндре в случае $kr_0 \rightarrow 0$?
6. Получите выражение для поля E_z при дифракции на цилиндре в случае $kr_0 \gg 1$.
7. Получите выражение для поля H_z при дифракции на цилиндре в случае $kr_0 \gg 1$.
8. Методика экспериментального исследования поля, дифрагированного круговым цилиндром.
9. Источники погрешности измерений в лабораторном макете.

Лабораторная работа № 6. Дифракция электромагнитных волн на клине.

Вопросы:

1. Какие волны определяют поле в точке приёма в присутствии клиновидного препятствия?
2. Чем объясняется эффект «усиления» препятствием?
3. В чём заключается физический смысл дифракционного множителя экрана?
4. Какие условия должны выполняться для получения максимального усиления клиновидным препятствием?
5. В чём заключается принцип действия кольцевого антенного директора?
6. Как определить размеры кольцевого антенного директора?
8. Методика экспериментального исследования поля, дифрагированного клиновидным препятствием.
9. Источники погрешности измерений в лабораторном макете.

Лабораторная работа № 7. Определение области пространства существенной при распространении и отражении радиоволн.

Вопросы:

1. Понятие области пространства существенной при распространении и отражении радиоволн.
2. Принцип Гюйгенса и зоны Френеля.
3. Зависимость размеров зон Френеля от частоты и длины радиолонии.
4. Методика экспериментального определения области пространства, существенной при распространении радиоволн.
5. Применение метода зеркального отображения для учёта влияния подстилающей поверхности.
6. Зависимость влияния подстилающей поверхности от поляризации излучения
7. Методика экспериментального определения области подстилающей поверхности, существенной при отражении радиоволн.
8. Источники погрешности измерений в лабораторном макете.

5) Решение задач

Таблица А5 – Критерии оценки самостоятельно решенных задач

Критерии оценки	Количество вариантов заданий
решено правильно 6 задач из каждого раздела	По числу учащихся
решено правильно 4 задачи из каждого раздела	
решены правильно 2 задачи из каждого раздела	
решено правильно менее 2 задач из каждого раздела	

В настоящем разделе темы практических занятий привязаны к разделам теоретического цикла.

Учащиеся решают задачи самостоятельно на практических занятиях.

Максимальное количество самостоятельно решенных задач по каждому разделу 4. Задачи и упражнения имеют приблизительно одинаковую сложность.

Для УЭМ 1. Электродинамика в качестве источника задач использовано пособие: Сборник задач по курсу «Электродинамика и распространение радиоволн»: Учеб. пособие / Баскаков С.И., Карташев В.Г., Лобов Г.Д. и др.; Под ред. С.И. Баскакова. – М.: Высшая школа, 1981. – 208 с., ил.

Раздел № 1.1. Основные уравнения и законы электромагнитного поля
1.4 – 1.19, 2.8 – 2.32, 3.8 – 3.31, 4.5 – 4.16 .

Раздел № 1.2. Электромагнитные волны, их характеристики и параметры

Раздел № 1.3. Распространение электромагнитных волн в неограниченных изотропных средах
5.7 – 5.44.

Раздел № 1.4. Особенности распространения электромагнитных волн на границе раздела двух сред
6.5 – 6.38

Раздел № 1.5. Основы теории излучения электромагнитных волн
11.9 – 11.45.

Раздел № 1.6. Электромагнитные волны в направляющих системах
7.10 – 7.61, 9.6 – 9.44.

Раздел № 1.7. Электромагнитные волны в объемных резонаторах
10.8 – 10.48.

Раздел № 1.8. Замедляющие структуры
8.8 – 8.46

Раздел № 1.9. Электромагнитные волны в анизотропных средах
12.8 – 12.26

Для УЭМ 2. Распространение радиоволн в качестве источника примеров, задач и упражнений использованы пособия:

- [1]. Долуханов М.П. Распространение радиоволн. – 3-е изд. – М.: “Связь”, 1965. – 400с.
- [2]. Красюк Н.П., Дымович Н.Д., Электродинамика и распространение радиоволн. Учеб. Пособие для радиотехн. вузов и факультетов. – М.: Высшая школа, 1974. – 536 с.
- [3]. Ильинский В.В., Ильинская Т.И. Электродинамика и распространение радиоволн: Учеб. пособие для вузов.- 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. , 1989. – 544 с.

Максимальное количество самостоятельно решенных задач по каждому разделу 4. Задачи и упражнения имеют приблизительно одинаковую сложность.

Раздел № 2.1 Основные задачи и понятия распространения радиоволн
[1] 1.1 – 1.4

Раздел № 2.2. Распространение земных радиоволн
[1] 2.1 – 2.18
[2] С.318, С.347, С. 349.

Раздел № 2.3. Тропосфера и ее влияние на распространение радиоволн
[1] 3.1 – 3.3

Раздел № 2.4. Ионосфера и ее влияние на распространение радиоволн
[1] 4.1, 4.2, 5.1 – 5.5

[2] С. 390.

[3] Упражнения на стр. 537.

Раздел № 2.5. Распространение длинных и средних волн

[2] С. 359, С.517

[3] Упражнения на стр. 506.

Раздел № 2.6. Распространение коротких волн

[1] 5.4

[2] С.405

Раздел № 2.7. Распространение ультракоротких волн на радиолинии Земля – Земля

[3] Упражнения на стр.506

Раздел № 2.8. Распространение ультракоротких волн на космических радиолиниях

[1] 7.1 – 7.4.

Раздел № 2.9. Особенности распространения радиоволн миллиметрового, оптического и инфракрасного диапазонов

[1] Материал на с.360 – 366.

[2] Материал на с.489 – 499.

Задание: Исследование поглощения радиоволн в атмосфере при заданной температуре и влажности в диапазоне частот до 1ТГц.

6) Дифференцированный зачет

Дифференцированный зачет ставится по результатам текущей успеваемости.

Приложение Б
(обязательное)

**Карта учебно-методического обеспечения
Учебного модуля Электродинамика и распространение радиоволн**

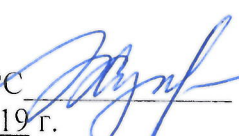
Таблица Б1 – Основная литература*

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Печатные источники		
1. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн : учеб. для студентов вузов. - 2-е изд., испр. - Москва: Горячая линия-Телеком, 2003. - 558с. : ил. - (Учебник для вузов). - (Гриф)	7	
2. Фальковский О. И. Техническая электродинамика : учебник для вузов / О. И. Фальковский. - 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2009. - 429 с.	7	
3. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие для бакалавриата и специалитета / Л. А. Потапов. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Юрайт, 2018. - 194с.	10	biblio-online.ru.
4. Электродинамика и распространение радиоволн. Ч. 2 : Распространение радиоволн / сост. Е. В. Петров ; Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2006. - 35, [1] с.	40	
5. Пименов Ю.В. Техническая электродинамика: учебное пособие для студентов вузов. - Москва: Радио и связь, 2000. - 536с. : ил.	8	
6. Распространение радиоволн : учебное пособие для вузов / О. И. Яковлев [и др.] ; под ред. О. И. Яковлева. - изд. стер. - Москва: Ленанд, 2016. - 491 с. (Гриф)	4	
7. Сомов А. М. Распространение радиоволн : учебное пособие для вузов / А. М. Сомов, В. В. Старостин. - Москва: Гелиос АРВ, 2010. - 262, [2] с. (Гриф)	8	
Электронные ресурсы		
1. Электродинамика и распространение радиоволн: методические указания к лабораторной работе «Электромагнитные волны в прямоугольном волноводе» / сост. Социлин А. В.; Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого. – Великий Новгород. – 2020. – 32 с.		https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-4224
2. Электродинамика и распространение радиоволн: методические указания к лабораторной работе «Электромагнитные поля в прямоугольном объемном резонаторе» / сост. Социлин А. В.; Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого. – Великий Новгород. – 2020. – 46 с.		https://novsu.bibliotech.ru/Reader/BookPreview/-4225

3. Электродинамика и распространение радиоволн: методические указания к первой части практической работы «Математический аппарат электродинамики. Проведение математических вычислений при помощи базы знаний WolframAlpha» / сост. Социлин А. В.; Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого. – Великий Новгород. – 2020. – 23 с.		https://novsu.bibl.iotech.ru/Reader/BookPreview/-4227
4. Электродинамика и распространение радиоволн: методические указания к второй части практической работы «Математический аппарат электродинамики. Проведение математических вычислений при помощи WolframAlpha» / сост. Социлин А. В.; Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого. – Великий Новгород. – 2020. – 28 с.		https://novsu.bibl.iotech.ru/Reader/BookPreview/-4228
5. Электродинамика и распространение радиоволн: методические указания к третьей части практической работы «Математический аппарат электродинамики. Проведение математических вычислений при помощи WolframAlpha» / сост. Социлин А. В.; Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого. – Великий Новгород. – 2020. – 30 с.		https://novsu.bibl.iotech.ru/Reader/Book/-4229

Таблица Б2– Дополнительная литература

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Печатные источники		
1 Григорьев А. Д. Электродинамика и микроволновая техника : учеб. для вузов / А. Д. Григорьев. - 2-е изд., доп. – Санкт-петербург: Лань, 2007. - 703, [1] с. (Гриф)	6	
3 Магнетизм. Электродинамика : учеб.-метод. пособие / сост. С. А. Сабельников ; Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2010. - 71, [1] с.	63	https://novsu.bibl.iotech.ru/Reader/Book/-563
4 Нефедов Е. И. Техническая электродинамика : учебное пособие для вузов / Е. И. Нефёдов. - Москва: Академия, 2008. - 409, [2] с.	2	
5 Программа «С_CALC. Калькулятор комплексных функций»: метод. указания / авт.-сост. А. В. Социлин; Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого.– Великий Новгород, 2015. – 13 с.	10	https://novsu.bibl.iotech.ru/Reader/Book/-2136
Электронные ресурсы		
1 Бичурин М. И. Техническая электродинамика: учебное пособие / М. И. Бичурин, В. М. Петров, О. Г. Фомин : Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2007. - 160, [1] с.	9	https://novsu.bibl.iotech.ru/Reader/Book/-422

Заведующий кафедрой РС  И.Н. Жукова
« 21 » 01 2019 г.

Зав. кафедрой РС И.Н.Жукова

Зав. кафедрой РС И.Н.Жукова

Зав. кафедрой _____

[illegible]

Приложение Г
(справочное)

Источники, использованные составителем при работе над данным документом, и не вошедшие в перечень основной и дополнительной литературы.

Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие / Д.Ю. Муромцев, Ю.Т. Зырянов, П.А. Федюшин и др. - Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 200 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8256-1146-6.

Грудинская Г. П. Распространение радиоволн. Учеб. пособие для радиотехн. спец. вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М., "Высш. школа", 1975. – 280 с

Красюк Н.П., Дымович Н.Д. Электродинамика и распространение радиоволн. Учеб. пособие для радиотехнич. вузов и факультетов. – М.: "Высш. школа", 1974. – 536 с.