

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

---

Учебно-научный институт радиоэлектроники и информационных  
технологий (ИРИТ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

\_\_\_\_\_

Мякинников А.В.

«10» июня 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.Б.18 Электродинамика и распространение радиоволн**  
для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 11.03.01 Радиотехника

Направленность: Радиоэлектронные системы

Форма обучения: очная, очно-заочная, заочная

Год начала подготовки: 2021

Выпускающая кафедра: ИРС

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины 144 часа/4 з.е.

Промежуточная аттестация: экзамен

Разработчики: Раевская Ю.В., к.т.н., доцент

Нефедьев И.А., старший преподаватель

Нижний Новгород

2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 19 сентября 2017 г. № 931 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 10.06.2021 г. № 6.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры «ФТОС» протокол от 31 мая 2021 г. № 25.

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор, Раевский А.С. \_\_\_\_\_

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИРИТ, протокол от 10 июня 2021 г. № 1.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.03.01-Р-18.  
Начальник МО \_\_\_\_\_

Заведующая отделом комплектования НТБ

\_\_\_\_\_  
(подпись) Н.И. Кабанина

## Оглавление

ОГЛАВЛЕНИЕ .....	3
<b>1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>4</b>
1.1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	4
1.2. ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	4
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕ-</b>	<b>4</b>
<b>НИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>8</b>
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕ-	8
МЕСТРАМ .....	8
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ .....	9
<b>5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ</b>	<b>30</b>
<b>ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>30</b>
<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>34</b>
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА .....	34
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	34
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯ-	35
ТИЯМ .....	35
<b>7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>35</b>
7.1. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ	35
«ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	35
7.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧ-	36
НЫХ СИСТЕМ .....	36
<b>8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....</b>	<b>36</b>
<b>9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУ-</b>	<b>37</b>
<b>ЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>37</b>
<b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИ-</b>	<b>37</b>
<b>ПЛИНЫ .....</b>	<b>37</b>
10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕ-	37
НИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	37
10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА .....	38
10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ПРАКТИЧЕ-	38
СКИХ ЗАНЯТИЯХ .....	38
10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ	39
.....	39
<b>11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>39</b>
11.1. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ .....	39
11.2. ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ .....	41

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**1.1. Целью освоения дисциплины являются** приобретение знаний в области теории электромагнитного поля и формирование необходимых компетенций для овладения навыками проведения анализа физических процессов, происходящих в различных направляющих системах, устройствах СВЧ, однородных и неоднородных средах; навыками решения основных задач расчета электрических и магнитных полей, а также основных характеристик волноводных трактов и резонаторов.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):**

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- формирование у студентов знаний, навыков и умений, позволяющих выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности;
- формирование у студентов знаний, навыков и умений, позволяющих привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
- формирование у студентов навыков анализа базовых электродинамических задач;
- формирование у студентов умения проводить самостоятельный анализ физических процессов, происходящих в различных направляющих системах, устройствах сверхвысоких частот, в однородных и неоднородных средах и на естественных радиотрассах.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина (модуль) «Электродинамика и распространение радиоволн» включена в обязательный перечень дисциплин обязательной части образовательной программы вне зависимости от ее направленности (профиля). Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по данному направлению подготовки.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Физика», «Математика».

Дисциплина «Электродинамика и распространение радиоволн» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Устройства СВЧ и антенны», «Электродинамика и распространение радиоволн. Дополнительные главы», «Направляющие и колебательные системы СВЧ», «Микроэлектронные устройства СВЧ», «Интегральная СВЧ-схемотехника», «Оптические устройства в радиотехнике», «Электронные СВЧ и квантовые приборы», «Оптоэлектронные и квантовые приборы СВЧ».

## **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**3.1. Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующей общепрофессиональной компетенции в соответствии с ОПОП ВО по специальности 11.03.01 «Радиотехника»:**

ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности;

Формирование указанных компетенций размещено в таблице 1.

Таблица 1 – Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплинами							
	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>ОПК-1</b>								
<i>Математика</i>								
<i>Физика</i>								
<i>Основы численных методов</i>								
<i>Основы теории цепей</i>								
<i>Электроника</i>								
<b><i>Электродинамика и распространение радиоволн</i></b>								
<i>Дискретная математика</i>								
<i>Теория вероятностей и математическая статистика.</i>								
<i>Радиоматериалы и радиокомпоненты</i>								
<i>Радиотехнические цепи и сигналы</i>								

### 3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения оп

Таблица 2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ИОПК-1.1. Использует фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы.	<b>Знать:</b> - основные уравнения электромагнитного поля и теоремы, вытекающие из них; - особенности распространения электромагнитных волн в различных направляющих системах передачи энергии и в различных средах		<b>Владеть:</b> - специальной терминологией, используемой в отечественной и зарубежной литературе по макроскопической электродинамике	Тесты	Вопросы для устного собеседования, задачи
	ИОПК-1.2. Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.	<b>Знать:</b> - свойства и методы построения основных типов линий передачи и резонаторов, а также их характеристики; - методы расчета характеристик линий передачи и объемных резонаторов; - способы возбуждения волн и колебаний.	<b>Уметь:</b> - проводить анализ физических процессов, происходящих в различных направляющих системах и средах.	<b>Владеть:</b> - навыками использования аппарата комплексных амплитуд и векторов Герца для решения задач электродинамики.	Тесты Комплект домашних заданий Комплект задач для контрольных работ	Вопросы для устного собеседования, задачи

	ИОПК-1.3. Демонстрирует умение использовать знания физики и математики при решении практических задач.		<b>Уметь:</b> - рассчитывать электромагнитные поля и основные характеристики волн в различных средах и в однородных регулярных волноводах, колебаний в резонаторах.	<b>Владеть:</b> - навыками алгоритмизации краевых задач электродинамики; - навыками построения структур полей волн в направляющих системах и колебаний в резонаторах; - навыками решения задач расчета основных характеристик электрических и магнитных полей; - навыками решения задач расчета основных характеристик волноводных трактов и резонаторов.	Тесты Комплект домашних заданий Комплект задач для контрольных работ	Вопросы для устного собеседования, задачи
--	--	--	--	---	--	---

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. или 144 часа, распределение часов по видам работ и семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

#### Очная форма обучения

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		4 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>	очная	
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>57</b>	<b>57</b>
<b>1.1.Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
занятия лекционного типа (Л)	34	34
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические. занятия и др.)	17	17
лабораторные работы (ЛР)	--	--
<b>1.2.Внеаудиторная, в том числе</b>		
текущий контроль, консультации по дисциплине	6	6
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
<b>2. Самостоятельная работа (СРС):</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям)	51	51
Подготовка к экзамену (контроль)	<b>36</b>	<b>36</b>

#### Очно-заочная форма обучения

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		4 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>	Очно-заочная	
<b>Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
<b>1.3.Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>34</b>	<b>34</b>
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические. занятия и др.)	17	17



лабораторные работы (ЛР)	--	--
<b>1.4.Внеаудиторная, в том числе</b>		
текущий контроль, консультации по дисциплине	6	6
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
<b>2. Самостоятельная работа (СРС):</b>	<b>68</b>	<b>68</b>
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям)	68	68
Подготовка к экзамену (контроль)	<b>36</b>	<b>36</b>

### Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		5 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>	очная	
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>25</b>	<b>25</b>
<b>1.5.Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>18</b>	<b>18</b>
занятия лекционного типа (Л)	10	10
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические. занятия и др.)	8	8
лабораторные работы (ЛР)	--	--
<b>1.6.Внеаудиторная, в том числе</b>		
текущий контроль, консультации по дисциплине	7	7
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
<b>2. Самостоятельная работа (СРС):</b>	<b>110</b>	<b>110</b>
контрольная работа	20	20
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям)	90	90
Подготовка к экзамену (контроль)	<b>9</b>	<b>9</b>

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4.1 - Содержание дисциплины, структурированное по темам, для очной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
4 СЕМЕСТР								
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3	Раздел 1. Введение. Уравнения электродинамики и граничные условия						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. Тестирование на онлайн-платформе	Электронный конспект лекций
	Тема 1.1. Векторные и скалярные поля. Электромагнитное поле	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 1.2. Токи и заряды в электродинамике. Векторы напряженности электрического и магнитного полей. Диэлектрическая и магнитная проницаемости.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 1. Элементы векторного анализа. Операторы rot, grad и div. Системы координат.			2,0		Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 1.3. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Граничные условия.	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 2. Граничные условия.			1,0		Выполнение домашнего задания		

Планируемые (кон- ролируемые) резуль- таты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
						[6.2.1]		
	Тема 1.4. Виды сред. Матери- альные уравнения для различных сред.	1.0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				7,0	Тестирование на платформе mo- dle [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4], [6.1.5]		
	контрольная работа							
	Итого по 1 разделу	5,0		3,0	7,0			
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3	Раздел 2. Основные законы и теоремы электродинамики						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль;  2. Разноуровневые каче- ственные, расчетные, графические задания;  3. Тестирование на он- лайн-платформе	Электронный конспект лекций
	Тема 2.1. Закон сохранения за- ряда. Закон сохранения энергии. Теорема Умова-Пойнтинга. Тео- рема единственности решений уравнений электродинамики.	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 2.2. Вектор Пойнтинга. Комплексные амплитуды. Урав- нения Максвелла в комплексной форме.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 3. Ком- плексные амплитуды. Уравне- ния Максвелла в комплексной форме.			2,0		Выполнение до- машнего задания [6.2.1]		
	Тема 2.3. Закон сохранения энергии для гармонических по- лей (комплексный вектор Умова- Пойнтинга).	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 4. Энер-			2,0		Выполнение до-		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	гетические соотношения в электродинамике.					машнего задания [6.2.1]		
	Тема 2.4. Принцип двойственности. Лемма Лоренца. Теорема взаимности.	2,0						
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:				10,0	Тестирование на платформе moodle [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4], [6.1.5]		
	контрольная работа							
	Итого по 2 разделу	6,0		4,0	10,0			
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3	Раздел 3. Быстропеременные процессы						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. Тестирование на онлайн-платформе	Электронный конспект лекций
	Тема 3.1. Скалярный и векторный потенциалы, дифференциальные уравнения для потенциалов. Частные решения волновых уравнений.	1,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 3.2. Плоские, цилиндрические и сферические волны. Плоские электромагнитные волны в однородной среде. Общие свойства плоских волн. Фазовая и групповая скорости.	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 3.3. Плоская волна в идеальном диэлектрике. Плоская волна в среде с потерями. Граничные условия Щукина-Леонтовича.	1,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 5. Расчет характеристик распро-			2,0		Выполнение домашнего задания		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	странения плоских волн в различных средах.					[6.2.1]		
	Тема 3.4. Поляризация волн. Стоячая электромагнитная волна	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:				8,0	Тестирование на платформе moodle [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4], [6.1.5]		
	контрольная работа							
	Итого по 3 разделу	6,0		2,0	8,0			
ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3	Раздел 4. Направляемые электромагнитные волны						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль;  2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания;  3. Тестирование на онлайн-платформе	Электронный конспект лекций
	Тема 4.1. Общие свойства направляемых волн. Понятие о направляющей системе. Классификация направляемых волн. Описание поля с помощью векторов Герца.	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 4.2. Постановка задачи о распространении поля в направляющей системе. Граничные условия для волн в волноводе произвольного сечения. Уравнение Гельмгольца. Дисперсионное уравнение. Дисперсионная характеристика. Критические частоты.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 4.3. Волны типа Т в линиях	1,5				Подготовка к		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	передачи. Высшие типы волн в коаксиальной линии.					лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Практическое занятие 6. Расчет погонных параметров линий передачи			2,0		Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 4.4. Волны в прямоугольном волноводе. Основная волна и волны высших типов, структуры полей.	1,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Практическое занятие 7. Прямоугольный однородно заполненный волновод			2,0		Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 4.5. Волны в круглом волноводе. Основная волна и волны высших типов, структуры полей.	1,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Практическое занятие 8. Круглый однородно заполненный волновод			2,0		Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 4.6. Волны, направляемые круглым диэлектрическим стержнем. Дисперсионные уравнения. Дисперсионные свойства поверхностных волн.	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 4.7. Распространение электромагнитных волн вдоль круглого неидеально проводящего стержня.	1,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 4.8. Периодические замед-	1,5				Подготовка к		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	ляющие системы. Пространственные гармоники. Электромагнитные волны в гребенчатой структуре. Дисперсия в гребенчатой структуре.					лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 4.9. Медленные волны в спиральном волноводе. Дисперсионное уравнение для аксиально-симметричных волн, его решение. Методика численного решения дисперсионных задач.	1,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 4.10. Токи в стенках волновода. Возбуждение волн в волноводах.					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:				20,0	Тестирование на платформе moodle [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	контрольная работа							
	Итого по 4 разделу	14,0		6,0	20,0			
	ОПК-1 ИОПК-1.1 ИОПК-1.2 ИОПК-1.3	Раздел 5. Резонаторы						
Тема 5.1. Элементы общей теории резонаторов. Резонаторы как отрезки направляющих систем. Колебания типов Е и Н. Резонансные частоты. Добротность.	1,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4], [6.2.2]			
Тема 5.2. Примеры типов колебаний в прямоугольном, круглом и коаксиальном резонаторах.	1,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2],			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	Коаксиальный резонатор с торцевой емкостью.					[6.1.3], [6.1.4], [6.2.2]	лайн-платформе	
	Практическое занятие 9. Объемные резонаторы. Добротность резонаторов.			2,0		Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 5.3. Возбуждение резонаторов.					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Самостоятельная работа по освоению 5 раздела:				6,0	Тестирование на платформе moodle [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	контрольная работа							
	Итого по 5 разделу	3,0		2,0	6,0			
	ИТОГО ЗА 4 СЕМЕСТР	34,0	--	17,0	51,0			
	ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ	34,0	--	17,0	51,0			



Таблица 4.2 - Содержание дисциплины, структурированное по темам, для очно-заочной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
3 СЕМЕСТР								
ОПК-1, ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ОПК-2, ИОПК-2.1, УК-1, ИУК-1.3	Раздел 1. Введение. Уравнения электродинамики и граничные условия						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль;  2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания.	Электронный конспект лекций
	Тема 1.1. Векторные и скалярные поля. Электромагнитное поле	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 1.2. Токи и заряды в электродинамике. Векторы напряженности электрического и магнитного полей. Диэлектрическая и магнитная проницаемости.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 1. Элементы векторного анализа. Операторы rot, grad и div. Системы координат.			2,0		Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 1.3. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Граничные условия.	2,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 2. Граничные условия.			1,0		Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 1.4. Виды сред. Материальные уравнения для различных сред.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2],		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
						[6.1.4] [6.1.5]		
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела: контрольная работа				12,0			
Итого по 1 разделу	4,0		3,0	12,0				
ОПК-1, ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ОПК-2, ИОПК-2.1, УК-1, ИУК-1.3	Раздел 2. Основные законы и теоремы электродинамики						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания.	Электронный конспект лекций
	Тема 2.1. Закон сохранения заряда. Закон сохранения энергии. Теорема Умова-Пойнтинга. Теорема единственности решений уравнений электродинамики.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 2.2. Вектор Пойнтинга. Комплексные амплитуды. Уравнения Максвелла в комплексной форме.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 3. Комплексные амплитуды. Уравнения Максвелла в комплексной форме.			2,0		Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 2.3. Закон сохранения энергии для гармонических полей (комплексный вектор Умова-Пойнтинга).	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 4. Энергетические соотношения в электродинамике.			2,0		Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 2.4. Принцип двойственности. Лемма Лоренца. Теорема взаимности.	1,0						
	Самостоятельная работа по				12,0			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	освоению 2 раздела:							
	контрольная работа							
	Итого по 2 разделу	3,5		4,0	12,0			
ОПК-1, ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ОПК-2, ИОПК-2.1, УК-1, ИУК-1.3	Раздел 3. Быстропеременные процессы						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль;  2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания;	Электронный конспект лекций
	Тема 3.1. Скалярный и векторный потенциалы, дифференциальные уравнения для потенциалов. Частные решения волновых уравнений.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 3.2. Плоские, цилиндрические и сферические волны. Плоские электромагнитные волны в однородной среде. Общие свойства плоских волн. Фазовая и групповая скорости.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 3.3. Плоская волна в идеальном диэлектрике. Плоская волна в среде с потерями. Граничные условия Щукина-Леонтовича.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 5. Расчет характеристик распространения плоских волн в различных средах.			2,0		Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 3.4. Поляризация волн. Стоячая электромагнитная волна					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:				12,0			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	контрольная работа							
	Итого по 3 разделу	2,0		2,0	12,0			
ОПК-1, ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ОПК-2, ИОПК-2.1, УК-1, ИУК-1.3	Раздел 4. Направляемые электромагнитные волны						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль;  2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания;	Электронный конспект лекций
	Тема 4.1. Общие свойства направляемых волн. Понятие о направляющей системе. Классификация направляемых волн. Описание поля с помощью векторов Герца.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 4.2. Постановка задачи о распространении поля в направляющей системе. Граничные условия для волн в волноводе произвольного сечения. Уравнение Гельмгольца. Дисперсионное уравнение. Дисперсионная характеристика. Критические частоты.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 4.3. Волны типа Т в линиях передачи. Высшие типы волн в коаксиальной линии.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Практическое занятие 6. Расчет погонных параметров линий передачи			2,0		Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 4.4. Волны в прямоугольном волноводе. Основная волна и волны высших типов, структуры полей.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	Практическое занятие 7. Прямоугольный однородно заполненный волновод			2,0		Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 4.5. Волны в круглом волноводе. Основная волна и волны высших типов, структуры полей.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Практическое занятие 8. Круглый однородно заполненный волновод			2,0		Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 4.6. Волны, направляемые круглым диэлектрическим стержнем. Дисперсионные уравнения. Дисперсионные свойства поверхностных волн.					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 4.7. Распространение электромагнитных волн вдоль круглого неидеально проводящего стержня.					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 4.8. Периодические замедляющие системы. Пространственные гармоники. Электромагнитные волны в гребенчатой структуре. Дисперсия в гребенчатой структуре.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 4.9. Медленные волны в спиральном волноводе. Дисперсионное уравнение для аксиально-симметричных волн, его решение. Методика численного					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	решения дисперсионных задач.							
	Тема 4.10. Токи в стенках волновода. Возбуждение волн в волноводах.					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:				22,0			
	контрольная работа							
	Итого по 4 разделу	5,5		6,0	22,0			
	Раздел 5. Резонаторы							
ОПК-1, ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ОПК-2, ИОПК-2.1, УК-1, ИУК-1.3	Тема 5.1. Элементы общей теории резонаторов. Резонаторы как отрезки направляющих систем. Колебания типов Е и Н. Резонансные частоты. Добротность.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4], [6.2.2]	1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль;  2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания;	Электронный конспект лекций
	Тема 5.2. Примеры типов колебаний в прямоугольном, круглом и коаксиальном резонаторах. Коаксиальный резонатор с торцевой емкостью.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4], [6.2.2]		
	Практическое занятие 9. Объемные резонаторы. Добротность резонаторов.			2,0		Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 5.3. Возбуждение резонаторов.					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Самостоятельная работа по освоению 5 раздела:				12,0			
	контрольная работа							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
		Итого по 5 разделу	2,0		2,0	12,0		
	ИТОГО ЗА 3 СЕМЕСТР	17,0		17,0	70,0			
	ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ	17,0		17,0	70,0			

Таблица 4 - Содержание дисциплины, структурированное по темам, для заочной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
5 СЕМЕСТР								
ОПК-1, ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ОПК-2, ИОПК-2.1, УК-1, ИУК-1.3	Раздел 1. Введение. Уравнения электродинамики и граничные условия						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль;  2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания;	Электронный конспект лекций
	Тема 1.1. Векторные и скалярные поля. Электромагнитное поле	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 1.2. Токи и заряды в электродинамике. Векторы напряженности электрического и маг-	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2],		

Планируемые (кон- ролируемые) резуль- таты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	нитного полей. Диэлектрическая и магнитная проницаемости.					[6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 1. Эле- менты векторного анализа. Опе- раторы rot, grad и div. Системы координат.			0,5		Выполнение до- машнего задания [6.2.1]		
	Тема 1.3. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференци- альной формах. Граничные усло- вия.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 2. Гра- ничные условия.			0,5		Выполнение до- машнего задания [6.2.1]		
	Тема 1.4. Виды сред. Матери- альные уравнения для различных сред.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				16,0			
	контрольная работа				10,0			
	Итого по 1 разделу	2,0		1,0	26,0			
ОПК-1, ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ОПК-2, ИОПК-2.1, УК-1, ИУК-1.3	Раздел 2. Основные законы и теоремы электродинамики						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль;  2. Разноуровневые каче- ственные, расчетные, графические задания;	Электронный конспект лекций
	Тема 2.1. Закон сохранения за- ряда. Закон сохранения энергии. Теорема Умова-Пойнтинга. Тео- рема единственности решений уравнений электродинамики.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 2.2. Вектор Пойнтинга. Комплексные амплитуды. Урав- нения Максвелла в комплексной					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2],		



Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	форме.					[6.1.3], [6.1.4]		
	Практическое занятие 3. Комплексные амплитуды. Уравнения Максвелла в комплексной форме.			0,5		Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 2.3. Закон сохранения энергии для гармонических полей (комплексный вектор Умова-Пойнтинга).	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 4. Энергетические соотношения в электродинамике.			0,5		Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 2.4. Принцип двойственности. Лемма Лоренца. Теорема взаимности.					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:				16,0			
	контрольная работа				10,0			
	Итого по 2 разделу	2,0		1,0	26,0			
ОПК-1, ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ОПК-2, ИОПК-2.1, УК-1, ИУК-1.3	Раздел 3. Быстропеременные процессы						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль;  2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания.	Электронный конспект лекций
	Тема 3.1. Скалярный и векторный потенциалы, дифференциальные уравнения для потенциалов. Частные решения волновых уравнений.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 3.2. Плоские, цилиндрические и сферические волны. Плоские электромагнитные волны в однородной среде. Общие	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		

Планируемые (кон- ролируемые) резуль- таты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	свойства плоских волн. Фазовая и групповая скорости.							
	Тема 3.3. Плоская волна в идеальном диэлектрике. Плоская волна в среде с потерями. Граничные условия Щукина-Леонтовича.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 5. Расчет характеристик распространения плоских волн в различных средах.			1,0		Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 3.4. Поляризация волн. Стоячая электромагнитная волна					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:				16,0			
	контрольная работа							
	Итого по 3 разделу	2,0		1,0	16,0			
ОПК-1, ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ОПК-2, ИОПК-2.1, УК-1, ИУК-1.3	Раздел 4. Направляемые электромагнитные волны						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль;  2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания.	Электронный конспект лекций
	Тема 4.1. Общие свойства направляемых волн. Понятие о направляющей системе. Классификация направляемых волн. Описание поля с помощью векторов Герца.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 4.2. Постановка задачи о распространении поля в направляющей системе. Граничные	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2],		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	условия для волн в волноводе произвольного сечения. Уравнение Гельмгольца. Дисперсионное уравнение. Дисперсионная характеристика. Критические частоты.					[6.1.3], [6.1.4]		
	<b>Тема 4.3.</b> Волны типа Т в линиях передачи. Высшие типы волн в коаксиальной линии.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	<b>Практическое занятие 6.</b> Расчет погонных параметров линий передачи			1,0		Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	<b>Тема 4.4.</b> Волны в прямоугольном волноводе. Основная волна и волны высших типов, структуры полей.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	<b>Практическое занятие 7.</b> Прямоугольный однородно заполненный волновод			1,0		Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	<b>Тема 4.5.</b> Волны в круглом волноводе. Основная волна и волны высших типов, структуры полей.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	<b>Практическое занятие 8.</b> Круглый однородно заполненный волновод			1,0		Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	<b>Тема 4.6.</b> Волны, направляемые круглым диэлектрическим стержнем. Дисперсионные урав-					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2],		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	нения. Дисперсионные свойства поверхностных волн.					[6.1.3], [6.1.4]		
	<b>Тема 4.7.</b> Распространение электромагнитных волн вдоль круглого неидеально проводящего стержня.					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	<b>Тема 4.8.</b> Периодические замедляющие системы. Пространственные гармоники. Электромагнитные волны в гребенчатой структуре. Дисперсия в гребенчатой структуре.					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	<b>Тема 4.9.</b> Медленные волны в спиральном волноводе. Дисперсионное уравнение для аксиально-симметричных волн, его решение. Методика численного решения дисперсионных задач.					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	<b>Тема 4.10.</b> Токи в стенках волновода. Возбуждение волн в волноводах.					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	<b>Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:</b>				26,0			
	<b>контрольная работа</b>							
	<b>Итого по 4 разделу</b>	<b>2,5</b>		<b>3,0</b>	<b>26,0</b>			
	ОПК-1, ИОПК-1.1, ИОПК-1.2, ОПК-2, ИОПК-2.1, УК-1, ИУК-1.3	<b>Раздел 5. Резонаторы</b>						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль;
<b>Тема 5.1.</b> Элементы общей теории резонаторов. Резонаторы как отрезки направляющих систем.	0,5				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2],			

Планируемые (кон- ролируемые) резуль- таты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
	Колебания типов Е и Н. Резо- нансные частоты. Добротность.					[6.1.3], [6.1.4], [6.2.2]	2. Разноуровневые каче- ственные, расчетные, графические задания.	
	Тема 5.2. Примеры типов коле- баний в прямоугольном, круглом и коаксиальном резонаторах. Коаксиальный резонатор с тор- цевой емкостью.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4], [6.2.2]		
	Практическое занятие 9. Объ- емные резонаторы. Добротность резонаторов.			2,0		Выполнение до- машнего задания [6.2.1]		
	Тема 5.3. Возбуждение резона- торов.					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Самостоятельная работа по освоению 5 раздела:				16,0			
	контрольная работа							
	Итого по 5 разделу	1,5		2,0	16,0			
	ИТОГО ЗА 5 СЕМЕСТР	10,0	--	8,0	110,0			
	ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ	10,0	--	8,0	110,0			

## 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы примеры домашних заданий и заданий для контрольных работ, а также тесты для тестирования на платформе moodle.

Также сформирован перечень вопросов и заданий, выносимых на промежуточную аттестацию в форме экзамена.

Указанный комплект оценочных средств является неотъемлемой частью фонда оценочных средств и хранится на кафедре «Физика и техника оптической связи».

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели) приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели)

Шкала оценивания	Контрольная неделя	Зачет
$40 < R \leq 50$	Отлично	зачет
$30 < R \leq 40$	Хорошо	
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно	
$0 < R \leq 20$	Неудовлетворительно	незачет

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по четырех-балльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Таблица 6 - Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-59% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 60-74% от тах рейтинговой оцен- ки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 75-89% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 90-100% от тах рейтинговой оценки контроля
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ИОПК-1.1. Использует фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы.	Не знает основные уравнения электромагнитного поля и теоремы, вытекающие из них; особенности распространения электромагнитных волн в различных направляющих системах передачи энергии и в различных средах. Не владеет специальной терминологией, используемой в отечественной и зарубежной литературе по макроскопической электродинамике.	Может сформулировать основные уравнения электромагнитного поля и теоремы, вытекающие из них; особенности распространения электромагнитных волн в различных направляющих системах передачи энергии и в различных средах, допуская ошибки. Слабо владеет специальной терминологией, используемой в отечественной и зарубежной литературе по макроскопической электродинамике.	Может сформулировать основные уравнения электромагнитного поля и теоремы, вытекающие из них; особенности распространения электромагнитных волн в различных направляющих системах передачи энергии и в различных средах, допуская небольшие неточности. Владеет специальной терминологией, используемой в отечественной и зарубежной литературе по макроскопической электродинамике, допускает небольшие неточности.	Твердо знает основные уравнения электромагнитного поля и теоремы, вытекающие из них; особенности распространения электромагнитных волн в различных направляющих системах передачи энергии и в различных средах. Свободно владеет специальной терминологией, используемой в отечественной и зарубежной литературе по макроскопической электродинамике.
	ИОПК-1.2.Применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.	Не знает свойства и методы построения основных типов линий передачи и резонаторов, а также их характеристики; методы расчета характеристик линий передачи и объемных резонаторов; способы возбуждения волн и колебаний. Не умеет проводить анализ	Может сформулировать свойства и методы построения основных типов линий передачи и резонаторов, а также их характеристики; методы расчета характеристик линий передачи и объемных резонаторов; способы возбуждения волн и колебаний, допуская ошибки.	Может сформулировать свойства и методы построения основных типов линий передачи и резонаторов, а также их характеристики; методы расчета характеристик линий передачи и объемных резонаторов; способы возбуждения волн и колебаний, допуская небольшие не-	Твердо знает свойства и методы построения основных типов линий передачи и резонаторов, а также их характеристики; методы расчета характеристик линий передачи и объемных резонаторов. Умеет проводить анализ физических процессов, происходящих в различ-

		<p>физических процессов, происходящих в различных направляющих системах и средах.</p> <p>Не владеет навыками использования аппарата комплексных амплитуд и векторов Герца для решения задач электродинамики.</p>	<p>Проводит анализ физических процессов, происходящих в различных направляющих системах и средах, допуская ошибки.</p> <p>Слабо владеет навыками использования аппарата комплексных амплитуд и векторов Герца для решения задач электродинамики.</p>	<p>точности.</p> <p>Проводит анализ физических процессов, происходящих в различных направляющих системах и средах, допуская небольшие неточности.</p> <p>Владеет навыками использования аппарата комплексных амплитуд и векторов Герца для решения задач электродинамики, иногда испытывает небольшие затруднения.</p>	<p>ных направляющих системах и средах.</p> <p>Владеет навыками использования аппарата комплексных амплитуд и векторов Герца для решения задач электродинамики.</p>
ИОПК-1.3. Демонстрирует умение использовать знания физики и математики при решении практических задач.	<p>Не умеет рассчитывать электромагнитные поля и основные характеристики волн в различных средах и в однородных регулярных волноводах, колебаний в резонаторах.</p> <p>Не владеет навыками алгоритмизации краевых задач электродинамики; навыками построения структур полей волн в направляющих системах и колебаний в резонаторах; навыками решения задач расчета основных характеристик электрических и магнитных полей; навыками решения задач расчета основных характеристик волноводных трактов и резонаторов.</p>	<p>Рассчитывает электромагнитные поля и основные характеристики волн в различных средах и в однородных регулярных волноводах, колебаний в резонаторах, допуская ошибки.</p> <p>Слабо владеет навыками алгоритмизации краевых задач электродинамики; навыками построения структур полей волн в направляющих системах и колебаний в резонаторах; навыками решения задач расчета основных характеристик электрических и магнитных полей; навыками решения задач расчета основных характеристик волноводных трактов и резонаторов.</p>	<p>Рассчитывает электромагнитные поля и основные характеристики волн в различных средах и в однородных регулярных волноводах, колебаний в резонаторах, допуская небольшие неточности.</p> <p>Владеет навыками алгоритмизации краевых задач электродинамики; навыками построения структур полей волн в направляющих системах и колебаний в резонаторах; навыками решения задач расчета основных характеристик электрических и магнитных полей; навыками решения задач расчета основных характеристик волноводных трактов и резонаторов, но иногда испытывает затруднения.</p>	<p>Умеет рассчитывать электромагнитные поля и основные характеристики волн в различных средах и в однородных регулярных волноводах, колебаний в резонаторах.</p> <p>Владеет навыками алгоритмизации краевых задач электродинамики; навыками построения структур полей волн в направляющих системах и колебаний в резонаторах; навыками решения задач расчета основных характеристик электрических и магнитных полей; навыками решения задач расчета основных характеристик волноводных трактов и резонаторов.</p>	



Таблица 7 – Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

6.1.1. Электродинамика и распространение радиоволн: учебник / В. А. Неганов [и др.] ; Под ред. В. А. Неганова, С. Б. Раевского. - 4-е изд., стер. - М.: Радиотехника, 2009. - 743 с.

6.1.2 Электродинамика и распространение радиоволн: учебник / В. А. Неганов [и др.] ; Под ред. В. А. Неганова, С. Б. Раевского. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Радиотехника, 2007. - 743 с.

6.1.3. Устройства СВЧ- и КВЧ-диапазонов. Методы расчета. Алгоритмы. Технологии изготовления / Ю. А. Иларионов [и др.]. - М.: Радиотехника, 2013. - 752 с.

6.1.4. Боков, Л. А. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Л. А. Боков, А. Е. Мандель, В. А. Замотринский – Томск: ТУСУР, 2013. – 410 с. – Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/3289>

6.1.5. Иванов, А. Е. Электродинамика: Учебник / А. Е. Иванов, С. А. Иванов. - М.: КНОРУС, 2012. - 565 с.

### 6.2. Справочно-библиографическая литература

6.2.1. Сборник задач по электродинамике: учеб. пособие/ Ю. Г. Белов [и др.]; Нижегород. Гос. Техн. Ун-т им. Р. Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2015. – 101 с.

6.2.2. Григорьев, А. Д. Электродинамика и микроволновая техника: учебник / А. Д. Григорьев. - 2-е изд., доп. - СПб.: Лань, 2007. - 704 с.

6.2.3. Петров, Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн: учебник для вузов / Б. М. Петров. - 2-е изд.,испр. - М.: Горячая линия-Телеком, 2003. - 559 с.

### **6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных занятий по дисциплине «Электродинамика и распространение радиоволн» находятся на кафедре «ФТОС».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Электродинамика и распространение радиоволн».

6.3.2. Методические рекомендации по организации и планированию практических занятия по дисциплине «Электродинамика и распространение радиоволн»

6.3.3. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Электродинамика и распространение радиоволн».

6.3.4. Методические указания по выполнению контрольных работ по дисциплинам «Электродинамика и распространение радиоволн» и «Электродинамика и распространение радиоволн. Дополнительные главы» (для студентов заочной формы обучения).

## **7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

### **7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgaz.ru/> - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
5. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
6. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
7. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

## 7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>

В таблице 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Таблица 9 – Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОС-СТАНДАРТ	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	<a href="https://cyberpedia.su/21x47c0.html">https://cyberpedia.su/21x47c0.html</a>

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к лицам с ограниченными возможностями их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.nntu.ru/sveden/accenv/>

Таблица 10 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Для контактной и самостоятельной работы обучающихся выделены помещения, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации:

- зал электронно-информационных ресурсов (ауд. 2210 – 11 компьютеров, ауд. 6119 – 9 компьютеров);
- читальный зал открытого доступа (ауд. 6162 – 2 компьютера);
- ауд. 2303, 2202, оборудованные Wi-Fi.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии**

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная.

При преподавании дисциплины «Электродинамика и распространение радиоволн», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Для студентов создан краткий опорный электронный вариант лекционного материала курса. Электронный конспект находится на кафедре «ФТОС» и может быть получен студентом в случае пропусков занятий по уважительным причинам или вынужденного перевода занятий в дистанционную форму.

На лекциях и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется лично-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенций применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена с учетом текущей успеваемости.

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент**

исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

**Результат обучения считается несформированным**, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

## **10.2. Методические указания для занятий лекционного типа**

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях**

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков решения задач;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

## **10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (указано в таблице 11). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

### **10.5. Методические указания для выполнения контрольных работ**

Контрольная работа по дисциплине «Электродинамика и распространение радиоволн» выполняется только студентами заочной формы обучения. Содержание контрольной работы и правила ее оформления приведены в методических указаниях по выполнению контрольных работ.

Развернутые методические указания по всем видам работы студента находятся на кафедре «ФТОС».

## **11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая

- проведение контрольных работ;
- проверка домашних заданий;
- тестирование в системе moodle (для студентов очной формы обучения).

### **11.1. Типовые вопросы для промежуточной аттестации**

1. Величины, описывающие различное распределение электрических зарядов и токов.
2. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах, их физический смысл.
3. Свойства уравнений Максвелла.
4. Уравнения состояния сред (материальные уравнения). Виды сред.
5. Граничные условия на границе раздела сред.
6. Принцип двойственности.
7. Теорема взаимности.
8. Лемма Лоренца.
9. Методы графического изображения электромагнитных полей. Понятие о силовой линии (линии поля).
10. Электростатическое поле. Уравнение Пуассона для электростатического потенциала.
11. Магнитостатическое поле. Уравнение Пуассона для векторного потенциала.
12. Закон сохранения заряда в интегральной и дифференциальной формах.
13. Комплексные амплитуды. Уравнения Максвелла для комплексных амплитуд.
14. Понятие о комплексных диэлектрической и магнитной проницаемостях.
15. Теорема Умова-Пойнтинга.
16. Теорема Умова-Пойнтинга для комплексных амплитуд. Комплексный вектор Умова-Пойнтинга, его физический смысл.
17. Потенциалы в электродинамике.
18. Волновые уравнения для потенциалов.

19. Решение волнового уравнения для точечного источника. Запаздывающий и опережающий потенциалы.
20. Плоские волны в среде без потерь.
21. Плоские волны в среде с потерями.
22. Поляризация волн. Виды поляризации.
23. Электрический и магнитный векторы Герца. Волновые уравнения для векторов Герца.
24. Направляющие системы. Постановка задачи о расчете электромагнитного поля в волноводах. Собственные волны. Основные характеристики волн в линиях передачи.
25. Фазовая и групповая скорости.
26. Классификация типов волн в направляющих структурах.
27. Быстрые волны в волноводах. Дисперсия быстрых волн. Виды дисперсии.
28. Методика расчета электромагнитного поля в прямоугольном волноводе.
29. Методика расчета электромагнитного поля в круглом волноводе.
30. Волны типа Н в прямоугольном волноводе, дисперсионное уравнение, критические частоты.
31. Волны типа Е в прямоугольном волноводе, дисперсионное уравнение, критические частоты.
32. Волны типа Н в круглом волноводе, дисперсионное уравнение, критические частоты.
33. Волны типа Е в круглом волноводе, дисперсионное уравнение, критические частоты.
34. Волны типа Т в направляющих структурах. Т-волна и высшие типы волн в коаксиальном волноводе.
35. Объемные резонаторы на базе отрезков линий передачи. Характеристическое уравнение для определения резонансных частот.
36. Общая теория объемных резонаторов.
37. Добротность резонатора. Виды добротностей.
38. Объемный резонатор на базе отрезка прямоугольного волновода.
39. Коаксиальный резонатор с торцевой емкостью.
40. Токи в стенках волновода.
41. Возбуждение волн в волноводах и колебаний в резонаторах.
42. Импедансный цилиндр.
43. Диэлектрический волновод. Получение дисперсионного уравнения для гибридных волн.
44. Симметричные волны в диэлектрическом волноводе.
45. Периодические замедляющие системы. Особенности представления электромагнитного поля в периодических замедляющих системах. Пространственные гармоники.
46. Гребенчатая замедляющая система. Импедансный метод составления дисперсионного уравнения. Вид дисперсионной характеристики.
47. Спиральный волновод.

## 11.2. Типовые задания для текущего контроля

### 11.2.1. Типовые задания для контрольных работ

#### Контрольная работа №1

##### Вариант 1

1. Вдоль бесконечного прямого цилиндра радиуса  $a$  протекает ток проводимости. Напряженность магнитного поля, создаваемого этим током внутри цилиндра:  $\vec{H} = \vec{\alpha}_0 H_0 r^3$ , где  $\vec{\alpha}_0$  – единичный вектор в цилиндрической системе координат,  $r$  – переменная в этой системе,  $H_0$  – постоянная величина. Определить распределение тока прово-

димости вдоль радиуса цилиндра и ток проводимости, протекающий через поперечное сечение цилиндра.

2. В шарике радиуса  $a$  вектор электрической индукции:  $\vec{D} = \vec{r}_0 D_0 r^4$ , где  $\vec{r}_0$  – единичный вектор в сферической системе координат,  $r$  – расстояние от центра шарика до точки наблюдения,  $D_0$  – постоянная величина. Определить функцию распределения плотности объемного заряда внутри шарика и полный заряд, находящийся внутри шарика.

3. Сферический конденсатор заполнен двухслойным диэлектриком. Радиус внутренней обкладки  $a = 5$  мм, радиус наружной обкладки  $b = 20$  см, радиус границы диэлектриков  $c = 1,5$  см. Относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика, прилегающего к внутренней обкладке  $\varepsilon_1 = 1,5$ , к внешней –  $\varepsilon_2 = 3$ . Определить емкость сферического конденсатора, найти напряженность электрического поля на внутренних поверхностях обкладок, если разность потенциалов между ними  $U = 100$  В.

#### Вариант 2

1. Вдоль бесконечного прямого цилиндра радиуса  $a$  протекает ток проводимости. Напряженность магнитного поля, создаваемого этим током внутри цилиндра:  $\vec{H} = \vec{\alpha}_0 H_0 r^2$ , где  $\vec{\alpha}_0$  – единичный вектор в цилиндрической системе координат,  $r$  – переменная в этой системе,  $H_0$  – постоянная величина. Определить распределение тока проводимости вдоль радиуса цилиндра и ток проводимости, протекающий через поперечное сечение цилиндра.

2. В шарике радиуса  $a$  вектор электрической индукции:  $\vec{D} = \vec{r}_0 D_0 r^5$ , где  $\vec{r}_0$  – единичный вектор в сферической системе координат,  $r$  – расстояние от центра шарика до точки наблюдения,  $D_0$  – постоянная величина. Определить функцию распределения плотности объемного заряда внутри шарика и полный заряд, находящийся внутри шарика.

3. Коаксиальный кабель заполнен двухслойным диэлектриком. Радиус центральной жилы  $a = 1$  см, радиус внутренней поверхности экрана  $b = 3$  см, радиус границы раздела диэлектриков  $c = 2$  см. Диэлектрик, прилегающий к центральной жиле, имеет относительную диэлектрическую проницаемость  $\varepsilon_1 = 1,1$ , а диэлектрик, прилегающий к экрану, –  $\varepsilon_2 = 2,2$ . Определить погонную емкость кабеля, найти напряженность электрического поля на поверхности центральной жилы и экрана, если разность потенциалов между ними  $U = 50$  В.

### **Контрольная работа №2**

#### Вариант 1

1. В прямоугольном волноводе сечением  $16 \times 8$  мм<sup>2</sup> распространяется волна основного типа. Длина волны в волноводе равна 2,5 см, частота колебаний 9 ГГц. Определить фазовую скорость и относительную диэлектрическую проницаемость вещества, заполняющего волновод.

2. Определить диапазон частот, в котором в круглом волноводе диаметром 30 мм может распространяться только основной тип волны. Волновод заполнен диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon_r = 2,56$ .

3. В прямоугольном волноводе распространяется волна типа  $H_{10}$  с длиной волны в волноводе  $\lambda_B = 3$  см. Частота колебаний 15 ГГц. Волновод заполнен воздухом. На базе данного волновода необходимо построить резонатор минимальной длины. Определить размер резонатора.

#### Вариант 2



1. В квадратном волноводе, заполненном воздухом, распространяется волна  $E_{11}$ . Длина волны в волноводе равна 9,43 см, частота колебаний 5 ГГц. Определить фазовую скорость и размер стенки волновода.

2. В круглом волноводе диаметром 24 мм распространяется волна основного типа. Длина волны в волноводе равна 4,8 см, частота колебаний 6 ГГц. Определить фазовую скорость и относительную диэлектрическую проницаемость вещества, заполняющего волновод.

3. При возбуждении колебания типа  $E_{010}$  в круглом объемном резонаторе резонанс наблюдается на частоте 3,5 ГГц, а при возбуждении моды  $E_{011}$  – на частоте 4,1 ГГц. Найти размеры волновода.

### Вариант 3

1. В прямоугольном волноводе сечением  $48 \times 22 \text{ мм}^2$  распространяется волна основного типа. Длина волны в волноводе 9,4 см. Относительная диэлектрическая проницаемость вещества, заполняющего волновод, равна 2,25. Определить частоту передаваемых колебаний и фазовую скорость волны в волноводе.

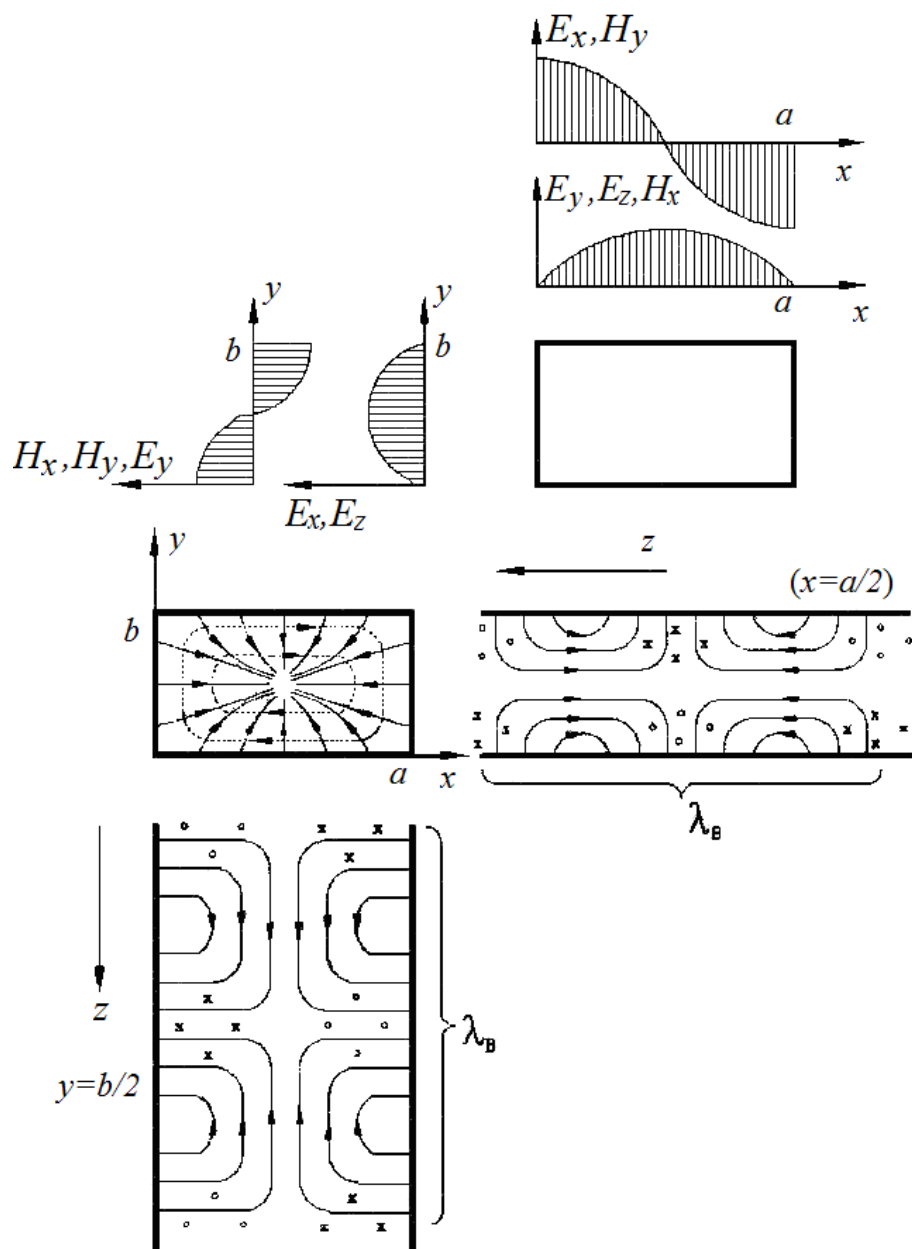
2. В круглом волноводе, заполненном воздухом, распространяется волна типа  $E_{01}$ . Частота колебаний 10 ГГц. На расстоянии 7,8 мм (вдоль обратной связи волновода) фаза колебаний меняется на  $\pi/4$ . Определить диаметр волновода.

3. Круглый объемный резонатор имеет диаметр 30 мм и длину 40 мм. Резонансная частота основного типа колебаний равна 4,348 ГГц. Вычислить относительную диэлектрическую проницаемость среды, заполняющей резонатор.

Полный фонд оценочных средств находится на кафедре «ФТОС».

### **11.2.2. Пример теста по теме «Волноводы»**

1. Основной волной прямоугольного волновода при  $a > b$  является:
  - $E_{11}$
  - **$H_{10}$**
  - $E_{10}$
2. Вырожденные типы волн – это:
  - **волны, имеющие одинаковые критические частоты и дисперсионные зависимости**
  - волны, имеющие одинаковые структуры полей
  - волны, которые не могут распространяться в волноводе
3. Основная волна прямоугольного волновода это:
  - волна, имеющая наибольшую критическую частоту
  - **волна, имеющая наименьшую критическую частоту**
  - единственная волна, которая может распространяться в волноводе
4. Какими функциями описывается поле волны, распространяющейся в круглом волноводе:
  - **тригонометрическими**
  - функциями Неймана
  - **функциями Бесселя**
  - **экспонентой**
  - функциями Макдональда
5. Структура поля какой волны изображена на рисунке:



- H11
  - H01
  - E11
  - E01
6. Какие признаки относятся к волнам типа E:
- отсутствует продольная составляющая магнитного поля
  - отсутствует продольная составляющая электрического поля
  - в общем случае присутствуют все три компоненты электрического поля
  - в общем случае присутствуют все три компоненты магнитного поля
  - критическая частота равна нулю
  - критическая частота отлична от нуля
7. Фазовая скорость волн в прямоугольном и круглом волноводе всегда
- меньше скорости света в среде, заполняющей волновод
  - больше скорости света в среде, заполняющей волновод
  - равна скорости света в среде, заполняющей волновод
8. Найдите соответствие между линиями передачи и основными волнами в них:

Прямоугольный волновод ( $a > b$ ) – Н10

Прямоугольный волновод ( $a < b$ ) – Т

Круглый волновод – Н01

Коаксиальная линия – Н11

9. Признаки волны типа Т:

- имеет все шесть компонент поля
- критическая частота равна нулю
- не имеет продольных составляющих поля
- не имеет поперечных составляющих поля
- критическая частота отлична от нуля
- фазовая скорость волны равна скорости света в среде, заполняющей линию

10. На каком уравнении ставится краевая задача о нахождении собственных волн прямоугольных и круглых волноводов

- на уравнении Бесселя
- на уравнении Гельмгольца
- на уравнении Лежандра

11. Чем отличаются постановки краевых задач для нахождения собственных волн типа Е и Н в прямоугольном волноводе

- граничными условиями
- типом уравнения
- векторами Герца (электрическим и магнитным)
- системой координат

12. Выберите из списка линии передачи, которые могут рассматриваться с точки зрения теории цепей (описываются телеграфными уравнениями)

- коаксиальная линия
- прямоугольный волновод
- круглый волновод
- диэлектрический волновод (световод)
- двухпроводная линия

Полный фонд оценочных средств находится на кафедре «ФТОС».

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института ИРИТ

\_\_\_\_\_ Мякинников А.В.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины  
Электродинамика и распространение радиоволн**

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 11.03.01 Радиотехника

Направленность: Радиоэлектронные системы

Форма обучения: очная, очно-заочная, заочная

Год начала подготовки: 2021

Курс 2

Семестр 4/3/3

а) В рабочую программу не вносятся изменения. Программа актуализирована для 20\_\_ г. начала подготовки.

б) В рабочую программу вносятся следующие изменения (указать на какой год начала подготовки):

- 1) .....
- 2) .....
- 3) .....

Разработчик (и): Раевская Ю.В., к.т.н., доцент

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Нефедьев И.А., старший преподаватель

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ФТОС

\_\_\_\_\_ протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

**Лист актуализации принят на хранение:**

Заведующий выпускающей кафедрой ФТОС \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Методический отдел УМУ: \_\_\_\_\_ «\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.