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)

Документ подписан электронной подписью в системе электронного документооборота НГТУ им. Р.Е. Алексеева

СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАТЕ ЭП

Сертификат	6120503c70676ec41314b02ec665da7b74e569cb
Владелец	Ивашкин Евгений Геннадьевич
Действителен	с 14.01.22 по 14.04.23

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института:
_____ Мякиньков А.В.

“10” июня 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ОД.14 Электромагнитные поля и волны

для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность: Сети связи и системы коммуникации

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2021

Выпускающая кафедра: Электроника и сети ЭВМ

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины: 324/9
часов/з.е

Промежуточная аттестация: экзамен, экзамен

Разработчик: Тимофеев Е.П., к.т.н., профессор

Нижний Новгород
2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 19 сентября 2017 г. № 930 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 15 июня 2021 г. № 7.

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 советом ИЯЭиТФ, протокол от 10 июня 2021 г. № 3.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.03.02-с-36.
Начальник МО _____

Заведующая отделом комплектования НТБ _____ Кабанина Н.И.
(подпись)

Оглавление

ОГЛАВЛЕНИЕ 3

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ 4

1.1. Цель освоения дисциплины 4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля) 4

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ 4

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ 4

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 8

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам 8
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам 9

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ 18

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 22

6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда 22
6.2. Справочно-библиографическая литература 23
6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям 25

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 25

7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля) 25
7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем 26

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ 26

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ 27

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ 28

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии 28
10.2. Методические указания для занятий лекционного типа 29
10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах 29
10.4. Методические указания по освоению дисциплины на практических занятиях 29
10.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся 29

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ 30

11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ 30
11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена 30
11.3. Типовые задания для текущего контроля 33

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 «Электромагнитные поля и волны» включена в перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Физика», «Математика», «Практикум по физике», «Основы теории цепей».

Дисциплина «Электромагнитные поля и волны» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Направляющие среды электросвязи», «Сети и системы радиосвязи». Знания, полученные при изучении дисциплины «Электромагнитные поля и волны» необходимы при выполнении ВКР.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующих профессиональных компетенций в соответствии с ОПОП ВО по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»:

ПКС-5 Способен осуществлять прием в эксплуатацию, техническое обслуживание оборудования сети радиодоступа в соответствии с установленными нормами и вести эксплуатационно-техническую документацию оборудования радиодоступа и осуществлять оптимизацию сети радиодоступа (включая системы сотовой связи), производить расчет радиопокрытия с учетом частотно-территориального плана, в том числе для радиорелейных систем;

ПКС-7 Способен производить расчеты по проекту сетей и средств инфокоммуникаций проводных и беспроводных систем передачи информации и в составе подразделения устанавливать и тестировать новое программное обеспечение транспортных сетей и сетей передачи данных.

Формирование указанной компетенции размещено в таблице 1.

Таблица 1 – Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины							
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
ПКС-5								
Практикум по физике								
Схемотехника телекоммуникационных устройств								
Электромагнитные поля и волны								
Сети и системы радиосвязи								
Иностранный язык профессионального общения								
Иностранный язык в сфере инфокоммуникационных технологий								
Системы сотовой связи								
Научно-исследовательская работа								
Выполнение и защита ВКР								
ПКС-7								
Основы численных методов								
Нелинейные цепи и цифровые фильтры								
Практикум по общей теории связи								
Электромагнитные поля и волны								
Сети и системы радиосвязи								
Цифровые системы передачи								
Проектирование цифровых компонентов								
Цифровая обработка сигналов								
Научно-исследовательская работа								
Преддипломная практика								
Выполнение и защита ВКР								

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
ПКС-5 Способен осуществлять прием в эксплуатацию, техническое обслуживание оборудования сети радиодоступа в соответствии с установленными нормами и вести эксплуатационно-техническую документацию оборудования радиодоступа и осуществлять оптимизацию сети радиодоступа (включая системы сотовой связи), производить расчет радиопокрытия с учетом частотно-территориального плана, в том числе для радиорелейных систем	ИПКС-5.1 Обладает знаниями о принципах функционирования, особенностях эксплуатации систем связи с радиодоступом (включая системы сотовой связи)	**Знать:** - классификацию радиоволн по диапазонам частот и способу распространения, типы радиолиний; - влияние особенностей распространения радиоволн на надёжность связи	**Уметь:** - проводить расчёт электромагнитных полей и анализ основных характеристик распространения радиоволн в различных средах с учётом их электрических свойств	**Владеть:** - специальной терминологией, используемой в отечественной и зарубежной литературе по макроскопической электродинамике; - методиками и алгоритмами расчёта и анализа основных характеристик радиоволн	Вопросы для устного собеседования по лабораторным работам; Комплект домашних заданий	Вопросы для устного собеседования: билеты Комплект задач

ПКС-7 Способен производить расчеты по проекту сетей и средств инфокоммуникаций проводных и беспроводных систем передачи информации и в составе подразделения устанавливать и тестировать новое программное обеспечение транспортных сетей и сетей передачи данных	ИПКС-7.1. Обладает навыками расчета электромагнитных полей в беспроводных системах передачи информации	**Знать:** - факторы, влияющие на параметры и характеристики радиоволн, распространяющихся в различных средах; - влияние особенностей распространения радиоволн на надежность связи и качество предоставляемых услуг.	**Уметь:** - собирать, анализировать и обрабатывать информацию по влиянию особенностей распространения радиоволн на надёжность и качество связи; - учитывать, контролировать и минимизировать факторы, влияющие на распространения радиоволн, надёжность и качество связи.	**Владеть:** - знаниями о принципах функционирования, особенностях эксплуатациях систем связи и факторах влияющих на надежность связи; - методиками расчета и анализа характеристик разных типов радиолиний, с целью повышения их надёжности и качества связи.	Вопросы для устного собеседования по лабораторным работам; Комплект домашних заданий	Вопросы для устного собеседования: билеты Комплект задач

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 9 зач.ед. 324 часа, распределение часов по видам работ и семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	**Трудоёмкость в час**		
	Всего час.	**В т.ч. по семестрам**	
		5 сем	6 сем
Формат изучения дисциплины	очная		
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	**324**	**180**	**144**
1. Контактная работа:	**144**	**72**	**72**
1.1.Аудиторная работа, в том числе:	**136**	**68**	**68**
занятия лекционного типа (Л)	51	17	34
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	68	51	17
лабораторные работы (ЛР)	17		17
1.2.**Внеаудиторная, в том числе**	**8**	**4**	**4**
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	.		
текущий контроль, консультации по дисциплине	8	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)			
2. Самостоятельная работа (СРС)	**108**	**63**	**45**
реферат/эссе (подготовка)			
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)			
контрольная работа			
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)			
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	108	63	45
Подготовка к экзамену (контроль)	**72**	**45**	**27**

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
5 семестр								
ПКС-5 ИПКС-5.1 ПКС-7 ИПКС-7.1	**Раздел 1. Основные законы электромагнитного поля**						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания 3. Блиц-опрос	Конспект лекций
	Тема 1.1. Векторные и скалярные поля. Электромагнитное поле	0,5			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.	0,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 1. Элементы векторного анализа. Линейные дифференциальные операторы. Системы координат.			4,0	3,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 1.3. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Граничные условия.	1,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 2. Граничные условия.			4,0	3,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 1.4. Виды сред. Материальные уравнения для различных сред.	1,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	Тема 1.5. Закон сохранения заряда. Закон сохранения энергии. Теорема Умова-Пойнтинга. Теорема единственности решений уравнений электродинамики.	1,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 1.6. Вектор Пойнтинга. Комплексные амплитуды. Уравнения Максвелла в комплексной форме.	1,0			2,0	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.			4,0	3,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 1.7. Закон сохранения энергии для гармонических полей (комплексный вектор Умова-Пойнтинга).	1,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 4. Энергетические соотношения в электродинамике.			4,0	3,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 1.8. Принцип двойственности. Лемма Лоренца. Теорема взаимности.	1,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				26,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 1 разделу	**7,0**		**16,0**	**26,0**			
ПКС-5	**Раздел 2. Электростатика**						1. Диагностический	Конспект лекций

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
ИПКС-5.1 ПКС-7 ИПКС-7.1	**Тема 2.1.** Вычисление потенциала и поля по заданным зарядам. Потенциал в диэлектрической среде.	1,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]	безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания 3. Блиц-опрос	
	Тема 2.2. Разрыв потенциала. Дифференциальное уравнение для потенциала в неоднородной среде.	1,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 5. Специальные методы решения задач электростатики (метод Грина, метод интеграла Фурье).			3,0	2,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Практическое занятие 6. Специальные методы решения краевых задач электростатики (метод проводящих цилиндров, метод конформных преобразований).			3,0	1,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 2.3. Энергия электростатического поля. Собственная энергия и энергия взаимодействия.	0,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:				8,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 2 разделу	**2,5**		**6,0**	**8,0**			
ПКС-5 ИПКС-5.1 ПКС-7 ИПКС-7.1	**Раздел 3. Магнитостатика**						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые каче-	Конспект лекций
	Тема 3.1. Стационарное магнитное поле.	0,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
						[6.1.5]	ственные, расчетные, графические задания 3. Блиц-опрос	
	Практическое занятие 7. Основные задачи магнитостатики			4,0	2,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 3.2. Энергия стационарного магнитного поля.	0,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 3.3. Энергия системы линейных токов. Коэффициенты самоиндукции и взаимоиндукции.	0,5			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:				5,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 3 разделу	**1,5**		**4,0**	**5,0**			
ПКС-5 ИПКС-5.1 ПКС-7 ИПКС-7.1	**Раздел 4. Квазистационарные процессы**						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания 3. Блиц-опрос	Конспект лекций
	Тема 4.1. Квазистационарные явления. Дифференциальные уравнения квазистатики.	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 4.2. Квазистационарные явления в линейных проводниках. Скин-эффект.	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 8. Вычисление толщины скин-слоя. Вычисление погонного сопротивления проводника.			2,0	1,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Самостоятельная работа по осво-				3,0			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	ению 4 раздела:							
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 4 разделу	**2,0**		**2,0**	**3,0**			
ПКС-5 ИПКС-5.1 ПКС-7 ИПКС-7.1	**Раздел 5. Быстропеременные процессы**						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания 3. Блиц-опрос	Конспект лекций
	Тема 5.1. Скалярный и векторный потенциалы, дифференциальные уравнения для потенциалов. Частные решения волновых уравнений.	0,5			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 5.2. Плоские, цилиндрические и сферические волны. Плоские электромагнитные волны в однородной среде. Общие свойства плоских волн. Фазовая и групповая скорости.	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 5.3. Плоская волна в идеальном диэлектрике. Плоская волна в среде с потерями. Граничные условия Щукина-Леонтовича.	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Практическое занятие 9. Расчет характеристик распространения плоских волн в различных средах.			7,0	3,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 5.4. Поляризация волн. Стоячая электромагнитная волна	0,5			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4] [6.1.5]		
	Тема 5.5. Отражение и преломление волн на плоской границе раздела	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	двух сред. Полное внутреннее отражение.					[6.1.5]		
	Практическое занятие 10. Отражение и преломление волн на плоской границе раздела двух сред. Полное внутреннее отражение.			6,0	3,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Практическое занятие 11. Решение неоднородного волнового уравнения методом Коши.			5,0	2,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Самостоятельная работа по освоению 5 раздела:				12,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 5 разделу	**4,0**		**18,0**	**12,0**			
ПКС-5 ИПКС-5.1 ПКС-7 ИПКС-7.1	**Раздел 6. Излучение электромагнитных волн. Основы теории антенн**						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания 3. Блиц-опрос	Конспект лекций
	Тема 6.1. Излучение электрического и магнитного моментов.				1,5	Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 6.2. Электрический вибратор. Поле излучения в ближней и дальней зонах.				2,0	Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 6.3. Мощность излучения. Излучение системы токов в свободном пространстве.				2,0	Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Практическое занятие 12. Излучение.			5,0	2,5	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Тема 6.4. Поле излучения полуволнового вибратора. Система вибрато-				1,0	Самостоятельная проработка темы [6.1.1],		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	ров.					[6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Самостоятельная работа по освоению 6 раздела:				9,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 6 разделу			**5,0**	**9,0**			
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	**17,0**		**51,0**	**63,0**			
6 семестр								
ПКС-5 ИПКС-5.1 ПКС-7 ИПКС-7.1	**Раздел 7. Направляемые электромагнитные волны**						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания 3. Блиц-опрос	Конспект лекций
	Тема 7.1. Общие свойства направляемых волн. Понятие о направляющей системе. Классификация направляемых волн. Описание поля с помощью векторов Герца.	2,0			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 7.2. 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			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 7.3. Волны типа Т в линиях передачи. Высшие типы волн в коаксиальной линии.	2,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Практическое занятие 13. Расчет погонных параметров линий переда-			2,0	1,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	чи							
	Тема 7.4. Волны в прямоугольном волноводе. Основная волна и волны высших типов, структуры полей.	2,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Практическое занятие 14. Прямоугольный однородно заполненный волновод			2,5	1,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Лабораторная работа № 2. Изучение дисперсионных свойств прямоугольного волновода		4,0		2,0	Подготовка к лабораторным работам [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 7.5. Волны в круглом волноводе. Основная волна и волны высших типов, структуры полей.	2,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Практическое занятие 15. Круглый однородно заполненный волновод			2,5	1,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Лабораторная работа № 1. Расчет и моделирование полей в однородном круглом волноводе.		4,0		2,0	Подготовка к лабораторным работам [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 7.6. Волны, направляемые круглым диэлектрическим стержнем. Дисперсионные уравнения. Дисперсионные свойства поверхностных волн.	2,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 7.7. Распространение электромагнитных волн вдоль круглого неидеально проводящего стержня.	2,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 7.8. Периодические замедляющие системы. Пространственные гармоники. Электромагнитные волны в гребенчатой структуре. Дисперсия в гребенчатой структуре.	2,0			2,0	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 (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	Лабораторная работа № 4. Гребенчатая замедляющая система.		5,0		2,0	Подготовка к лабораторным работам [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 7.9. Медленные волны в спиральном волноводе. Дисперсионное уравнение для аксиально-симметричных волн, его решение. Методика численного решения дисперсионных задач.	1,5			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 7.10. Токи в стенках волновода. Возбуждение волн в волноводах.				1,0	Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Самостоятельная работа по освоению 7 раздела:				22,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 7 разделу	**16,0**	**13,0**	**7,0**	**22,0**			
ПКС-5 ИПКС-5.1 ПКС-7 ИПКС-7.1	**Раздел 8. Резонаторы**						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания 3. Блиц-опрос	Конспект лекций
	Тема 8.1. Элементы общей теории резонаторов. Резонаторы как отрезки направляющих систем. Колебания типов Е и Н. Резонансные частоты. Добротность.	2,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 8.2. Примеры типов колебаний в прямоугольном, круглом и коаксиальном резонаторах. Коаксиальный резонатор с торцевой емкостью.	2,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Практическое занятие 16. Прямо-			3,0	1,0	Выполнение домашнего		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	угольный и круглый резонаторы.					задания [6.2.1]		
	Практическое занятие 17. Потери в резонаторах. Добротность резонаторов.			2,0	2,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Лабораторная работа №3. Объемные резонаторы		4,0		2,0	Подготовка к лабораторным работам [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 8.3. Возбуждение резонаторов.				1,0	Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 8.4. Диэлектрические резонаторы.				2,0	Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Самостоятельная работа по освоению 8 раздела:				10,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 8 разделу	**4,0**	**4,0**	**5,0**	**10,0**			
ПКС-5 ИПКС-5.1 ПКС-7 ИПКС-7.1	**Раздел 9. Анизотропные среды**						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания 3. Блиц-опрос	Конспект лекций
	Тема 9.1. Кристаллы и искусственные диэлектрики.	2,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]		
	Тема 9.2. Электромагнитные явления в ферритах.	2,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]		
	Тема 9.3. Распространение электромагнитных волн в ионизированном газе в присутствии постоянного магнитного поля.	2,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]		
	Практическое занятие 18. Анизо-			2,0	2,0	Выполнение домашнего		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	тропные среды					задания [6.2.1]		
	Самостоятельная работа по освоению 9 раздела:							
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 9 разделу	**6,0**		**2,0**	**5,0**			
ПКС-5 ИПКС-5.1 ПКС-7 ИПКС-7.1	**Раздел 10. Распространение радиоволн**						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания 3. Блиц-опрос	Конспект лекций
	Тема 10.1. Классификация радиоволн по диапазону частот и способу распространения.	1,0			1,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 10.2. Поле изотропного и направленного излучателей в свободном пространстве.	2,0			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 10.3. Распространение земных радиоволн.	1,5			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 10.4. Распространение радиоволн в тропосфере.	2,0			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Тема 10.5. Распространение радиоволн в ионосфере.	1,5			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Практическое занятие 19. Распространение радиоволн			3,0	1,0	Выполнение домашнего задания [6.2.1]		
	Самостоятельная работа по освоению 10 раздела:				8,0			
	реферат, эссе (тема)							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 10 разделу	8,0		3,0	8,0			
	Курсовая работа (КР)							
	Курсовой проект (КП)							
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	34,0	17,0	17,0	45,0			
	ИТОГО по дисциплине	51,0	17,0	68,0	108,0			

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

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы теоретические вопросы по темам лабораторных работ, примеры домашних заданий и заданий для контрольных работ.

Также сформирован перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме экзаменов во 5 и 6 семестрах.

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) и оценка выполнения лабораторных работ приведено в таблице 5.

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

Шкала оценивания	**Контрольная неделя**	**Зачет**
40<R<=50	Отлично	зачет
30<R<=40	Хорошо	
20<R<=30	Удовлетворительно	
0<R<=20	Неудовлетворительно	незачет

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по четырехбалльной 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 max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«удовлетворительно»** / «зачтено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«хорошо»** / «зачтено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка **«отлично»** / «зачтено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПКС-5 Способен осуществлять прием в эксплуатацию, техническое обслуживание оборудования сети радиодоступа в соответствии с установленными нормами и вести эксплуатационно-техническую документацию оборудования радиодоступа и осуществлять оптимизацию сети радиодоступа (включая системы сотовой связи), производить расчет радиопокрытия с учетом частотно-территориального плана, в том числе для радиорелейных систем	ИПКС-5.1 Обладает знаниями о принципах функционирования, особенностях эксплуатации систем связи с радиодоступом (включая системы сотовой связи)	Не знает основные уравнения электромагнитного поля и теоремы, вытекающие из них; свойства и методы построения основных типов линий передачи и резонаторов; особенности распространения электромагнитных волн в различных естественных и искусственно создаваемых средах; Не умеет проводить поиск научно-технической информации для решения задач проектирования коаксиальных, волноводных и оптических линий связи; проводить анализ физических процессов, происходящих в различных направляющих системах и средах; Не владеет специальной терминологией, используемой в отечественной и зарубежной литературе по макроскопической электродинамике; навыками алгоритмизации краевых задач электродинамики; методами измерения основных характеристик направляющих и колебательных электродинамических структур.	Может сформулировать основные уравнения электромагнитного поля и теоремы, вытекающие из них; свойства и методы построения основных типов линий передачи и резонаторов; особенности распространения электромагнитных волн в различных естественных и искусственно создаваемых средах; При проведении поиска научно-технической информации для решения задач проектирования коаксиальных, волноводных и оптических линий связи; проведении анализа физических процессов, происходящих в различных направляющих системах и средах; Слабо владеет специальной терминологией, используемой в отечественной и зарубежной литературе по макроскопической электродинамике; навыками алгоритмизации краевых задач электродинамики; методами измерения основных характеристик направляющих электродинамических структур.	Может сформулировать основные уравнения электромагнитного поля и теоремы, вытекающие из них; свойства и методы построения основных типов линий передачи и резонаторов; особенности распространения электромагнитных волн в различных естественных и искусственно создаваемых средах;. Умеет проводить поиск научно-технической информации для решения задач проектирования коаксиальных, волноводных и оптических линий связи; проводить анализ физических процессов, происходящих в различных направляющих системах и средах; Владеет специальной терминологией, используемой в отечественной и зарубежной литературе по макроскопической электродинамике;	Твердо знает основные уравнения электромагнитного поля и теоремы, вытекающие из них; свойства и методы построения основных типов линий передачи и резонаторов; особенности распространения электромагнитных волн в различных естественных и искусственно создаваемых средах;. Умеет проводить поиск научно-технической информации для решения задач проектирования коаксиальных, волноводных и оптических линий связи; проводить анализ физических процессов, происходящих в различных направляющих системах и средах; Владеет специальной терминологией, используемой в отечественной и зарубежной литературе по макроскопической электродинамике; навыками алгоритмизации краевых задач электродинамики; методами измерения основных характеристик направляющих и колебательных электродинамических структур.

ПКС-7 Способен производить расчеты по проекту сетей и средств инфокоммуникаций проводных и беспроводных систем передачи информации и в составе подразделения устанавливать и тестировать новое программное обеспечение **транспортных** сетей и сетей передачи данных	ИПКС-7.1. Обладает навыками расчета электромагнитных полей в беспроводных системах передачи информации	Не обладает навыками расчета электромагнитных полей в беспроводных системах передачи информации Не знает факторы, влияющие на параметры и характеристики радиоволн, распространяющихся в различных средах, влияние особенностей распространения радиоволн на надежность связи. Не умеет собирать, анализировать, обрабатывать информацию по влиянию особенностей распространения радиоволн на надёжность и качество связи; учитывать, контролировать факторы, влияющие на распространения радиоволн, надёжность и качество связи. Не владеет знаниями о принципах функционирования, особенностях эксплуатациях систем связи и факторах влияющих на надежность связи; - методиками расчета и анализа характеристик разных типов радиолиний, с целью повышения их надёжности и качества связи.	Слабо владеет навыками расчета электромагнитных полей в беспроводных системах передачи информации Слабо знает факторы, влияющие на параметры и характеристики радиоволн, распространяющихся в различных средах, влияние особенностей распространения радиоволн на надежность связи. Не умеет собирать, анализировать, обрабатывать информацию по влиянию особенностей распространения радиоволн на надёжность и качество связи; учитывать, контролировать факторы, влияющие на распространения радиоволн, надёжность и качество связи. Слабо владеет знаниями о принципах функционирования, особенностях эксплуатациях систем связи и факторах влияющих на надежность связи; методиками расчета и анализа характеристик разных типов радиолиний, с целью повышения их надёжности и качества связи.	Владеет навыками расчета электромагнитных полей в беспроводных системах передачи информации Знает факторы, влияющие на параметры и характеристики радиоволн, распространяющихся в различных средах, влияние особенностей распространения радиоволн на надежность связи. Умеет собирать, анализировать, обрабатывать информацию по влиянию особенностей распространения радиоволн на надёжность и качество связи; учитывать, контролировать факторы, влияющие на распространения радиоволн, надёжность и качество связи. Владеет знаниями о принципах функционирования, особенностях эксплуатациях систем связи и факторах влияющих на надежность связи; методиками расчета и анализа характеристик разных типов радиолиний, с целью повышения их надёжности и качества связи	Уверенно владеет навыками расчета электромагнитных полей в беспроводных системах передачи информации Твердо знает факторы, влияющие на параметры и характеристики радиоволн, распространяющихся в различных средах, влияние особенностей распространения радиоволн на надежность связи. Умеет собирать, анализировать, обрабатывать информацию по влиянию особенностей распространения радиоволн на надёжность и качество связи; учитывать, факторы, влияющих на распространения радиоволн, надёжность и качество связи. Владеет твердыми знаниями о принципах функционирования, особенностях эксплуатации систем связи и факторах влияющих на надежность связи; методиками расчета и анализа характеристик разных типов радиолиний, с целью повышения их надёжности и качества связи

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 «Электромагнитные поля и волны» находятся на кафедре «ФТОС».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Электромагнитные поля и волны».

6.3.2. Методические рекомендации по организации и планированию практических занятия по дисциплине «Электромагнитные поля и волны».

6.3.3. Методические рекомендации по организации лабораторных занятий и выполнению лабораторных работ по дисциплине «Электромагнитные поля и волны».

6.3.4. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплина «Электромагнитные поля и волны».

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.tolgas.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	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/

В таблице 10 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 РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost //home/standarts
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	https://cyberpedia.su/21x47c0.html

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям 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.

Для проведения лекционных демонстраций имеется демонстрационный кабинет 5307 рядом с лекционной аудиторией 5303, оснащённый приборами, макетами, различными установками.

Лабораторные работы проводятся в 1 корпусе в оснащённой необходимым оборудованием лаборатории (ауд. 1220), содержащей:

– макеты лабораторных работ;
– индикатор КСВН и ослаблений Я2Р-67 (2 шт.);
– генератор качающейся частоты 59;
– генератор сигналов высокочастотный Г4-80;
– осциллограф универсальный С1-70;
– генератор звуковой Г3-53;
– осциллограф С1-68.

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 «Электромагнитные поля и волны» 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, практических и лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-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 лабораторных занятиях, практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom.

Инициируется 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 опорной 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 лабораторных работах

Подготовку к каждой лабораторной работе студент должен начать с ознакомления с планом занятия, который отражает содержание предложенной темы. Каждая выполненная работа с оформленным отчетом и подлежит защите у преподавателя.

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;

– качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

10.4. 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.

10.5. 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.

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;
- теоретический опрос и защита отчетов по лабораторным работам;
- проверка выполнения домашних заданий.

11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ

Контрольные вопросы для лабораторных работ приведены в учебно-методических пособиях по проведению лабораторных работ.

11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена

11.2.1. Вопросы к экзамену, проводимому по окончании пятого семестра

1. Величины, описывающие различное распределение электрических зарядов и токов.
2. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах, их физический смысл.
3. Уравнения состояния сред (материальные уравнения). Виды сред.
4. Граничные условия на границе раздела сред.
5. Методы графического изображения электромагнитных полей. Понятие о силовой линии (линии поля).
6. Принцип двойственности
7. Лемма Лоренца
8. Теорема взаимности
9. Электростатическое поле. Уравнение Пуассона для электростатического потенциала
10. Потенциал в диэлектрической среде
11. Разрыв потенциала
12. Метод Грина для решения задач электростатики
13. Метод интеграла Фурье для решения задач электростатики
14. Метод проводящих цилиндров для решения краевых задач электростатики
15. Проводящий цилиндр в однородном электростатическом поле
16. Метод конформных преобразований
17. Энергия электростатического поля. Собственная энергия и энергия взаимодействия
18. Магнитостатическое поле. Уравнение Пуассона для векторного потенциала.
19. Основные задачи магнитостатики
20. Энергия стационарного магнитного поля. Энергия системы линейных токов.
21. Коэффициенты самоиндукции и взаимоиндукции
22. Квазистационарные явления. Дифференциальные уравнения квазистатики
23. Квазистационарные явления в линейных проводниках
24. Скин-эффект. Вычисление погонного сопротивления проводника
25. Закон сохранения заряда в интегральной и дифференциальной формах.
26. Комплексные амплитуды. Уравнения Максвелла для комплексных амплитуд.
27. Понятие о комплексных диэлектрической и магнитной проницаемостях.
28. Теорема Умова-Пойнтинга.
29. Теорема единственности решений уравнений электродинамики. Смешанная задача Коши
30. Теорема Умова-Пойнтинга для комплексных амплитуд. Комплексный вектор Умова-Пойнтинга, его физический смысл.
31. Потенциалы в электродинамике.
32. Волновые уравнения для потенциалов.
33. Решение неоднородного волнового уравнения методом Коши
34. Решение волнового уравнения для точечного источника. Запаздывающий и опережающий потенциалы.
35. Электрический и магнитный векторы Герца. Волновые уравнения для векторов Герца.
36. Излучение электрического и магнитного моментов
37. Электрический вибратор
38. Поле излучения в ближней и дальней зонах
39. Мощность излучения
40. Излучение системы токов в свободном пространстве
41. Поле излучения полуволнового вибратора
42. Система вибраторов
43. Плоские, цилиндрические и сферические волны
44. Плоские электромагнитные волны в однородной изотропной среде

45. Плоские однородные электромагнитные волны в однородной изотропной среде с потерями
46. Поляризация электромагнитных волн
47. Стоячие электромагнитные волны
48. Фазовая и групповая скорости
49. Отражение и преломление волн на плоской границе раздела двух сред
50. Соотношение между амплитудами падающей, отраженной и преломленной волн
51. Полное внутреннее отражение

Векторные потенциалы макроскопической электродинамики

11.2.2. Вопросы к экзамену, проводимому по окончании шестого семестра

1. Направляющие системы. Постановка задачи о расчете электромагнитного поля в волноводах. Собственные волны. Основные характеристики волн в линиях передачи.
2. Фазовая и групповая скорости.
3. Классификация типов волн в направляющих структурах.
4. Быстрые волны в волноводах. Дисперсия быстрых волн. Виды дисперсии.
5. Методика расчета электромагнитного поля в прямоугольном волноводе.
6. Методика расчета электромагнитного поля в круглом волноводе.
7. Волны типа Н в прямоугольном волноводе, дисперсионное уравнение, критические частоты.
8. Волны типа Е в прямоугольном волноводе, дисперсионное уравнение, критические частоты.
9. Волны типа Н в круглом волноводе, дисперсионное уравнение, критические частоты.
10. Волны типа Е в круглом волноводе, дисперсионное уравнение, критические частоты.
11. Волны типа Т в направляющих структурах. Т-волна и высшие типы волн в коаксиальном волноводе.
12. Объемные резонаторы на базе отрезков линий передачи. Характеристическое уравнение для определения резонансных частот.
13. Общая теория объемных резонаторов.
14. Добротность резонатора. Виды добротностей.
15. Объемный резонатор на базе отрезка прямоугольного волновода.
16. Коаксиальный резонатор с торцевой емкостью.
17. Токи в стенках волновода.
18. Возбуждение волн в волноводах и колебаний в резонаторах.
19. Импедансный цилиндр.
20. Диэлектрический волновод. Получение дисперсионного уравнения для гибридных волн.
21. Симметричные волны в диэлектрическом волноводе.
22. Периодические замедляющие системы. Особенности представления электромагнитного поля в периодических замедляющих системах. Пространственные гармоники.
23. Гребенчатая замедляющая система. Импедансный метод составления дисперсионного уравнения. Вид дисперсионной характеристики.
24. Спиральный волновод.
25. Диэлектрические резонаторы. Классификация.
26. Диэлектрические резонаторы, работающие на низших типах колебаний.
27. Диэлектрические резонаторы, работающие на азимутальных высших колебаниях.
28. Волноводно-диэлектрические резонаторы.

29. Кристаллы и искусственные диэлектрики
30. Ферриты. Явление ферромагнитного резонанса в ферритах.

31. Эффект Фарадея.
32. Распространение электромагнитных волн в поперечно намагниченном феррите.
33. Эффект Коттон-Мутона.
34. Распространение электромагнитных волн в продольно намагниченном феррите.
35. Распространение электромагнитных волн в ионизированном газе в присутствии постоянного магнитного поля
36. Распространение электромагнитной волны в ионизированном газе в направлении постоянного магнитного поля
37. Распространение электромагнитных волн в ионизированном газе в направлении, перпендикулярном постоянному магнитному полю
38. Классификация радиоволн
39. Поле изотропного излучателя, находящегося в свободном пространстве
40. Поле направленного излучателя, находящегося в свободном пространстве
41. Электрические свойства различных видов земной поверхности
42. Отражение радиоволн от границы раздела воздух-земля
43. Земные волны над плоской поверхностью Земли
44. Формула Введенского
45. Учет сферичности земной поверхности в интерференционных формулах
46. Коэффициент преломления и индекс преломления тропосферы
47. Рефракция радиоволн в неоднородной тропосфере
48. Эквивалентный радиус Земли
49. Виды тропосферной рефракции
50. Относительная диэлектрическая проницаемость и коэффициент преломления ионосферы
51. Траектория радиоволн в ионосфере
52. Условие отражения радиоволн от ионосферы
53. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов.

11.3. Типовые задания для текущего контроля

11.3.1. Типовые задания для контрольных работ

Контрольная работа №1

Вариант 1

1. В прямоугольном волноводе сечением 16×8 мм^2 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 48×22 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.

Контрольная работа №2

Вариант 1

Определить, при каком угле падения $(\varphi_0)^o$ электромагнитная волна с частотой f=10МГц отразится от слоя ионосферы F с электронной концентрацией N (1/ см^3)=10^6 1/ см^3 . Определить также относительную диэлектрическую проницаемость ионосферы слоя F на частоте f =10МГц.

Вариант 2

Определить, что произойдёт с электромагнитной волной частоты f = 20МГц, направленной под углом падения на ионосферу (φ_0) = 10 . Максимальная электронная концентрация верхнего слоя ионосферы (F_2): $N_{эмакс}$ =1,5·10^{6}1см^3.

Вариант 3

Определить, отразится или пройдёт в космическое пространство радиоволна с частотой f = 60МГц . Электронная концентрация верх- него слоя (F) ионосферы N (1 см^3)=10^6 1 см^3 . Угол падения волны(φ_0) = 75. Изменится или нет ситуация, если угол падения увеличить до (φ_0) =80.

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института ИРИТ

_____
“____”_____20__ г.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины
«_____»
индекс по учебному плану, наименование

для подготовки бакалавров/ специалистов/ магистров
Направление: {шифр – название}_____
Направленность:_____
Форма обучения _____
Год начала подготовки:_____

Курс ____
Семестр ___
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): _____
(ФИО, ученая степень, ученое звание)
«__»_____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.