

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

---

---

Образовательно-научный институт радиоэлектроники и информационных  
технологий (ИРИТ)

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института:  
\_\_\_\_\_ Мякиньков А.В.  
“20” июня 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ОД.3 Математические методы прикладной электродинамики**  
для подготовки магистров

Направление подготовки: 11.04.01 Радиотехника

Направленность: Техника СВЧ и антенны

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2023

Выпускающая кафедра: ИРС

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины: 180/5  
часов/з.е

Промежуточная аттестация: экзамен (2 семестр)

Разработчик: Раевский А.С., д.ф.-м.н., профессор

Нижний Новгород  
2023

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.04.01 Радиотехника, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 19 сентября 2017 года № 925 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 14.03.2023 г. № 11.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 01.06.2023 г. № 35.  
Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор, Раевский А.С. \_\_\_\_\_

(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИРИТ, протокол от 20 июня 2023 г. № 6.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.04.01-А-21.  
Начальник МО \_\_\_\_\_

Заведующая отделом комплектования НТБ \_\_\_\_\_

Н.И. Кабанина

(подпись)

## 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 ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>8</b>
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....	8
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ .....	9
<b>5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>18</b>
<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>22</b>
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
<b>7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>25</b>
7.1. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	25
7.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ .....	26
<b>8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....</b>	<b>26</b>
<b>9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>27</b>
<b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>28</b>
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
<b>11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>30</b>
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** формирование необходимых компетенций в области использования численно-аналитических методов для создания математических моделей электродинамических устройств, используемых в радиотехнических системах.

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

- формирование общего понимания сути основных численно-аналитических методов составления математических моделей для расчёта электродинамических устройств;
- изучение основных принципов, на которых основано решение краевых задач и интегральных уравнений электродинамики, а также алгоритмов их решения;
- получение студентами практических навыков в области составления математических моделей электродинамических устройств и их алгоритмизации.

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

Учебная дисциплина «Математические методы прикладной электродинамики» 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: «Электродинамика и распространение радиоволн», «Устройства СВЧ и антенны», «Электродинамика и распространение радиоволн. Дополнительные главы», «Направляющие и колебательные системы СВЧ», «Микроэлектронные устройства СВЧ» в объёме программы бакалавриата.

Дисциплина «Математические методы прикладной электродинамики» является основополагающей для прохождения следующих видов практик: Научно-исследовательская работа (Б2.П.3), Научно-исследовательская работа (Б2.П.4), Технологическая (проектно-технологическая) практика (Б2.У.1), Преддипломная практика (Б2.П.5).

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

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

3.1. Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующей профессиональной компетенции в соответствии с ОПОП ВО по направлению 11.04.01 «Радиотехника»:

ПКС-1. Способен проводить научные исследования в области устройств СВЧ и антенн, осуществлять анализ и систематизацию научно-технической информации по теме планируемых исследований.

Формирование указанных компетенций 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
<b>ПКС-1</b>								
Теория и техника СВЧ измерений (Б1.В.ДВ.2.1)								
Математическое моделирование СВЧ измерений (Б1.В.ДВ.2.2)								
СВЧ микроэлектроника (Б1.В.ОД.5)								
Автоматизированное проектирование ВЧ и СВЧ устройств (Б1.В.ДВ.1.1)								
Технология производства СВЧ устройств (Б1.В.ДВ.1.2)								
Проблемы проектирования антенных систем миллиметрового диапазона (ФТД.1)								
Математические методы прикладной электродинамики (Б1.В.ОД.3)								
Современные антенные устройства (Б1.В.ОД.1)								
Радиоприемные устройства СВЧ (Б1.В.ОД.4)								
Проектирование приемо-передающих модулей миллиметрового диапазона (Б1.В.ДВ.3.1)								
Радиолокационные системы ближнего действия миллиметрового диапазона (Б1.В.ДВ.3.2)								
Электромагнитная совместимость (Б1.В.ДВ.4.1)								
Помехозащищенность радиосистем (Б1.В.ДВ.4.2)								
Научно-исследовательская работа (Б2.П.3).								
Научно-исследовательская работа (Б2.П.4).								
Преддипломная практика (Б2.П.5)								
Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР (Б3.Д.1)								

### 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-1. Способен проводить научные исследования в области устройств СВЧ и антенн, осуществлять анализ и систематизацию научно-технической информации по теме планируемых исследований.	ИПКС-1.1. Разрабатывает методы, алгоритмы решения исследовательских задач, в том числе с использованием современных языков программирования, владеет технологией автоматической обработки информации в применении к устройствам СВЧ и антеннам.	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные математические методы прикладной электродинамики; методы решения интегральных уравнений в задачах электродинамики; методы, используемые современными пакетами прикладных программ для расчета электродинамических структур; условия применимости различных математических методов прикладной электродинамики; условия существования в направляющих структурах комплексных волн.</li> </ul>	<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определять тип электродинамических операторов, описывая направляющую структуру, и спектр волн, которые могут в ней существовать; формулировать алгоритмы, описывающие суть математических методов прикладной электродинамики;</li> <li>- использовать математические методы электродинамики при проектировании направляющих устройств и устройств СВЧ, входящих в современные ИКТиСС;</li> <li>- выбирать метод расчета той или иной электродинамической структуры.</li> </ul>	<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками постановки электродинамических задач при построении ИКТиСС; навыками поиска и анализа информации о новых методах и алгоритмах методов прикладной электродинамики; навыками использования полученных знаний для самостоятельного освоения новых математических методов прикладной электродинамики.</li> </ul>	Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования: билеты

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач.ед. (180 часов), 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	В т.ч. по семестрам	
		2 сем	
<b>Формат изучения дисциплины</b>	очная		
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>180</b>	<b>180</b>	
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>74</b>	<b>74</b>	
<b>1.1.Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>68</b>	<b>68</b>	
занятия лекционного типа (Л)	17	17	
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	51	51	
лабораторные работы (ЛР)			
<b>1.2.Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)	.		
текущий контроль, консультации по дисциплине	6	6	
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)			
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>61</b>	<b>61</b>	
реферат/эссе (подготовка)			
расчёто-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.)	61	61	
Подготовка к экзамену (контроль)	<b>45</b>	<b>45</b>	

## 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							
<b>2 семестр</b>											
ПКС-1	<b>Раздел 1. Проекционные методы.</b>								Конспект лекций  1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль;  2. Разноуровневые качественные, расчетные задания;  3. Блиц-опрос.  При изучении нового материала-слайд показ. Это создает единую активную познавательную среду, в которой учитель серией умело подобранных вопросов и заданий возбуждает и направляет мысль обучающихся к новым теоретическим выводам. Далее в ходе закрепления		
	<b>Тема 1.1.</b> Электродинамические операторы.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.3], [6.1.4]					
	<b>Тема 1.2.</b> Метод Галеркина.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.4]					
	<b>Тема 1.3.</b> Метод Ритца.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.4]					
	<b>Тема 1.4.</b> Метод частичных областей.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.3], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3]					
	<b>Тема 1.5.</b> Модифицированный метод Галеркина.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.4]					
	<b>Тема 1.6.</b> Метод поверхностного тока.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.3], [6.1.4], [6.2.5], [6.2.6]					
	<b>Тема 1.7.</b> Импедансный метод.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.4]					
	<b>Практическое занятие 1.</b> Стык двух прямоугольных волноводов различного поперечного сечения.			3,0		Подготовка к практическому занятию [6.2.1]					
	<b>Практическое занятие 2.</b> Аттенюатор на отрезке экранированной МПЛ с резистивными плён-			3,0		Подготовка к практическому занятию [6.1.3], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.5]					

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							
	ками.										
	<b>Практическое занятие 3.</b> Полосовой фильтр на основе отрезка нерегулярной волноводно-щелевой линии.			6,0		Подготовка к практическому занятию [6.1.3], [6.2.2]		уточняет, корректирует понимание учащимися нового знания, формирует первоначальные умения.			
	<b>Практическое занятие 4.</b> Волноводно-полосковый переход.			3,0		Подготовка к практическому занятию [6.2.3], [6.2.1]		В ходе объяснения и закрепления нового материала кадры должны быть разнообразными, чтобы охватить все моменты познания: алгоритм поиска решения поставленной проблемы, оценивание альтернатив, обнаружение следствий и их значимости в теории и т.д.			
	<b>Практическое занятие 5.</b> Коаксиально-полосковый переход.			3,0		Подготовка к практическому занятию [6.2.3], [6.2.4]					
	<b>Практическое занятие 6.</b> Открытый диэлектрический волновод.			3,0		Подготовка к практическому занятию [6.1.3], [6.1.4]					
	<b>Практическое занятие 7.</b> Расчёт характеристик передачи волноводов с учётом потерь в металлических стенках.			3,0		Подготовка к практическому занятию [6.1.4]					
	<b>Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:</b>				21,0						
	<b>Итого по 1 разделу:</b>	<b>7,0</b>		<b>24,0</b>	<b>21,0</b>						
	<b>Раздел 2. Спектральный метод.</b>										
	<b>Тема 2.1.</b> Расчёт неоднородно заполненных прямоугольных экранированных волноводов.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1]					
	<b>Практическое занятие 8.</b> Расчёт неоднородно заполненных прямоугольных экранированных волноводов.			3,0		Подготовка к практическому занятию [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						
	<b>Тема 2.2.</b> Спектральный метод в задачах дифракции.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1]				
	<b>Тема 2.3.</b> Расчёт спектров волн открытых диэлектрических волноводов с произвольной формой поперечного сечения.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.1]				
	<b>Практическое занятие 9.</b> Расчёт спектров волн открытых диэлектрических волноводов с произвольной формой поперечного сечения.			3,0		Подготовка к практическому занятию [6.1.1]				
	<b>Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:</b>	3,0			12,0					
	<b>Итого по 2 разделу:</b>	3,0		6,0	12,0					
	<b>Раздел 3. Интегральные представления в задачах электродинамики.</b>									
	<b>Тема 3.1.</b> Сведение краевых задач для направляющих структур к интегральным уравнениям.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4]				
	<b>Тема 3.2.</b> Интегральные представления полей во внутренних задачах электродинамики с непрерывным спектром собственных функций.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4]				
	<b>Практическое занятие 8.</b> Прямоугольный коаксиальный кабель.			3,0		Подготовка к практическому занятию [6.1.2], [6.1.4]				
	<b>Практическое занятие 9.</b> Прямоугольный гофрированный волновод.			3,0		Подготовка к практическому занятию [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							
	<b>Тема 3.3.</b> Использование интегрального представления при решении самосогласованной задачи об излучении.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.2]					
	<b>Тема 3.4.</b> Метод расчёта волноводов с нерегулярной экранирующей поверхностью, основанный на интегральном представлении леммы Лоренца.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.4]					
	<b>Практическое занятие 10.</b> Задача об излучении из круглого отверстия в идеально проводящем экране.			3,0		Подготовка к практическому занятию [6.1.2]					
	<b>Практическое занятие 11.</b> Формирование заданного распределения поля на торце круглого открытого диэлектрического волновода.			6,0		Подготовка к практическому занятию [6.1.2]					
	<b>Практическое занятие 12.</b> Самосогласованная задача о комплексном резонансе на основе интегрального представления леммы Лоренца.			6,0		Подготовка к практическому занятию [6.1.3]					
	<b>Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:</b>				10,0						
	<b>Итого по 3 разделу</b>	<b>4,0</b>	--	<b>21,0</b>	<b>10,0</b>						
	<b>Раздел 4. Численные методы, используемые в современных САПР СВЧ-устройств и антенн.</b>										
	<b>Тема 4.1.</b> Метод конечных элементов.	1,0				Подготовка к лекциям [6.1.5]					
	<b>Тема 4.2.</b> Метод конечных разно-	1,0				Подготовка к лекциям					

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							
стей.					[6.1.5]						
<b>Тема 4.3. Метод моментов.</b>	1,0					Подготовка к лекциям [6.2.5]					
<b>Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:</b>			-	18,0							
<b>Итого по 4 разделу:</b>	<b>3,0</b>			<b>18,0</b>							
<b>ИТОГО ЗА СЕМЕСТР</b>	<b>17</b>		<b>51</b>	<b>61</b>							
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>17</b>		<b>51</b>	<b>61</b>							

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

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы теоретические вопросы по темам практических и лекционных занятий.

Также сформирован перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме экзамена во 2-м семестре.

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)

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

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается в виде оценки «зачет»/«незачет».

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 засчитено» 0-59% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «засчитено» 60-74% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «засчитено» 75-89% от max рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «засчитено» 90-100% от max рейтинговой оценки контроля
ПКС-1. Способен проводить научные исследования в области устройств СВЧ и антенн, осуществлять анализ и систематизацию научно-технической информации по теме планируемых исследований.	ИПКС-1.1. Разрабатывает методы, алгоритмы решения исследовательских задач, в том числе с использованием современных языков программирования, владеет технологией автоматической обработки информации в применении к устройствам СВЧ и антеннам.	<p>Не знает основные математические методы прикладной электродинамики; методы решения интегральных уравнений в задачах электродинамики; методы, используемые современными пакетами прикладных программ для расчета электродинамических структур; условия применимости различных математических методов прикладной электродинамики; условия существования в направляющих структурах комплексных волн.</p> <p>Не умеет определять тип электродинамических операторов, описывающих направляющую структуру, и спектр волн, которые могут в ней существовать; формулировать алгоритмы, описывающие суть математических методов прикладной электродинамики; ис-</p>	<p>Слабо знает основные математические методы прикладной электродинамики; методы решения интегральных уравнений в задачах электродинамики; методы, используемые современными пакетами прикладных программ для расчета электродинамических структур; условия применимости различных математических методов прикладной электродинамики; условия существования в направляющих структурах комплексных волн.</p> <p>Слабо умеет определять тип электродинамических операторов, описывающих направляющую структуру, и спектр волн, которые могут в ней существовать; формулировать алгоритмы, описывающие суть математических методов прикладной электродинамики; ис-</p>	<p>Знает основные математические методы прикладной электродинамики; методы решения интегральных уравнений в задачах электродинамики; методы, используемые современными пакетами прикладных программ для расчета электродинамических структур; условия применимости различных математических методов прикладной электродинамики; условия существования в направляющих структурах комплексных волн.</p> <p>Умеет определять тип электродинамических операторов, описывающих направляющую структуру, и спектр волн, которые могут в ней существовать; формулировать алгоритмы, описывающие суть математических методов прикладной электродинамики; ис-</p>	<p>Хорошо знает основные математические методы прикладной электродинамики; методы решения интегральных уравнений в задачах электродинамики; методы, используемые современными пакетами прикладных программ для расчета электродинамических структур; условия применимости различных математических методов прикладной электродинамики; условия существования в направляющих структурах комплексных волн.</p> <p>Хорошо умеет определять тип электродинамических операторов, описывающих направляющую структуру, и спектр волн, которые могут в ней существовать; формулировать алгоритмы, описывающие суть математических методов прикладной электродинамики; ис-</p>



Таблица 7 – Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку « <b>отлично</b> » 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 « <b>хорошо</b> » 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 « <b>удовлетворительно</b> » 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» (недовлетворительно)	оценку « <b>неудовлетворительно</b> » 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).

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)
1	2
6.1.1	<b>Математические методы прикладной электродинамики:</b> учеб. пособие: в 2 ч. Ч. 1 / А.С. Раевский [и др.] ; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2021. – 133 с.
6.1.2	<b>Математические методы прикладной электродинамики:</b> учеб. пособие: в 2 ч. Ч. 2 / А.С. Раевский [и др.] ; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2022. – 137 с.
6.1.3	<b>Комплексные волны.</b> Монография. / А.С. Раевский, С.Б. Раевский. М.: Радиотехника.2010.- 224 с.
6.1.4	<b>Устройства СВЧ- и КВЧ-диапазонов. Методы расчета, алгоритмы и технологии изготовления.</b> Монография. / Ю.А. Иларионов, А.С. Раевский, С.Б. Раевский, А.Ю.Седаков — М. : Радиотехника, 2013. — 752 с.
6.1.5	<b>Гринев А.Ю. Численные методы решения прикладных задач электродинамики.</b> Учеб. пособие. – М.: Радиотехника, 2012. - 336 с.

## 6.2. Справочно-библиографическая литература

6.2.1	<b>Электродинамика и распространение радиоволн</b> / Неганов В.А., Осипов О.В., Раевский С.Б., Яровой Г.П. / под ред. Неганова В.А. и Раевского С.Б. М.: Радиотехника. 2007. – 743 с.
6.2.2	<b>Устройства СВЧ и КВЧ</b> : учеб. пособие: ч.1 / В.В. Бирюков, А.Е. Иванов, В.А. Козлов [и др.] / под ред. Г.И. Шишкова; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2012. – 220 с.
6.2.3	<b>Устройства СВЧ и КВЧ</b> : учеб. пособие: Ч.2 / В.А. Бажилов, Л.В. Когтева, В.А. Козлов [и др.] / под ред. Г.И. Шишкова; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2013. – 205 с.
6.2.4	<b>Устройства СВЧ и КВЧ в радиоизмерительной технике</b> : учеб. пособие / В.А. Бажилов, В.В. Бирюков, Л.В. Когтева [и др.] / под ред. Г.И. Шишкова; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2014. – 160 с.
6.2.5	<b>Аттенюаторы</b> . Монография / Под ред. С.Б. Раевского и Г.И. Шишкова. – И.: ООО «Принт-2», 2016. – 192 с.
6.2.6	<b>СВЧ и КВЧ нагрузки в радиоизмерительной технике</b> : учеб. пособие / И.А. Вдовиченко, А.Е. Иванов, А.В. Кашин [и др.] / под ред. Г.И. Шишкова; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2021. – 112 с.

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

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных занятий по дисциплине «Математические методы прикладной электродинамики» находятся на кафедре «ФТОС».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Математические методы прикладной электродинамики».

6.3.2. Методические рекомендации по организации и планированию практических занятия по дисциплине «Математические методы прикладной электродинамики»

6.3.3. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Математические методы прикладной электродинамики»

## 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./](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	<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 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 организаций:

- 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 «Математические методы прикладной электродинамики», 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 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 практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и

групповые консультации с использованием, как встреч с 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 зачета 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 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 в форме семинаров представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является выступление (доклад) с последующим обсуждением 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.

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 теоретических опросов;
- выступление обучающихся с докладами.

#### **11.1. Типовые вопросы к экзамену, проводимому в 2-м семестре**

1. Классификация электродинамических операторов.
2. Процедура метода Галеркина.
3. Процедура метода Ритца.
4. Использование процедуры метода частичных областей при составлении алгоритма получения дисперсионного уравнения волн экранированной микрополосковой линии.
5. Использование процедуры метода частичных областей при составлении алгоритма получения дисперсионного уравнения волн волноводно-щелевой линии.
6. Метод поверхностного тока. Обоснование условий применения.
7. Применение метода поверхностного тока при составлении алгоритма получения дисперсионного уравнения волн экранированной микрополосковой линии с резистивными пленками.
8. Применение импедансного метода в задаче о проводящем цилиндре.

9. Применение импедансного метода в задаче об открытой гребенчатой замедляющей структуре.
10. Использование метода частичных областей в волноводных задачах дифракции.
11. Алгоритм расчёта характеристик аттенюатора на основе отрезка экранированной микрополосковой линии с резистивными пленками.
12. Алгоритм расчёта характеристик полосового фильтра на основе нерегулярной волноводно-щелевой линии.
13. Применение метода модовой (энергетической) ортогональности при решении волноводных дифракционных задач с использованием метода частичных областей.
14. Метод вариации фазы поиска корней дисперсионных уравнений на комплексных плоскостях волновых чисел волн направляющих структур.
15. Методы оценки сходимости решений дисперсионных задач, поставленных в незамкнутой форме.
16. Физический метод оценки корректности решений дисперсионных задач, поставленных в незамкнутой форме, основанный на стремлении к нулю потока мощности комплексных волн через поперечное сечение волновода.
17. Процедура исследования сходимости решений волноводных задач дифракции.
18. Использование процедуры метода частичных областей при составлении алгоритма получения дисперсионного уравнения волн П-образного волновода.
19. Алгоритм расчёта характеристик волноводно-полоскового перехода.
20. Алгоритм расчёта характеристик коаксиально-полоскового перехода.
21. Использование метода согласования полей при составлении алгоритма получения дисперсионного уравнения волн открытого диэлектрического волновода.
22. Модифицированный метод Галеркина в задаче о расчёте дисперсии волн в неограниченной периодически неоднородной в направлении распространения поля диэлектрической среды.
23. Возможные подходы к расчёту характеристик передачи закрытых волноводов с учётом потерь в металлических стенках.
24. Применение спектрального метода при расчёте неоднородно заполненных прямоугольных экранированных волноводов.
25. Применение спектрального метода в задачах дифракции.
26. Применение спектрального метода при расчёте спектров волн открытых диэлектрических волноводов с произвольной формой поперечного сечения.
27. Процедура сведения краевых задач для направляющих структур к интегральным уравнениям с использованием формулы Грина.
28. Использование непрерывного спектра при расчёте характеристик прямоугольного коаксиального кабеля методом частичных областей.
29. Использование непрерывного спектра при расчёте характеристик прямоугольного гофрированного волновода методом частичных областей.
30. Использование интегрального представления при решении самосогласованной задачи об излучении с круглой апертурой.

31. Метод расчёта волноводов с нерегулярной экранирующей поверхностью, основанный на интегральном представлении леммы Лоренца.
32. Задача об излучении из круглого отверстия в идеально проводящем экране.
33. Задача о формировании заданного распределения поля на торце круглого открытого диэлектрического волновода.
34. Физическая трактовка явления комплексного резонанса в круглом двухслойном экранированном волноводе.
35. Процедура расчёта добротности комплексного резонанса.
36. Процедура метода конечных элементов.
37. Процедура метода конечных разностей.
38. Процедура метода моментов.

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 ИРС \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » 2020 г.

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