

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

Учебно-научный институт радиоэлектроники и информационных
технологий (ИРИТ)

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института:

_____ Мякиньков А.В.

«10» июня 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.2.2 Направляющие и колебательные системы СВЧ
для подготовки специалистов

Специальность: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы
Специализация: Радиолокационные системы и комплексы

Форма обучения: очная
Год начала подготовки: 2021
Выпускающая кафедра: ИРС
Кафедра-разработчик: ФТОС
Объем дисциплины 108 часов/3 з.е.
Промежуточная аттестация: экзамен

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

Нижний Новгород

2021

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 09 февраля 2018 г. № 94 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 10.06.2021 г. № 6.

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

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

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

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.05.01-Р-56.
Начальник МО _____

Заведующая отделом комплектования НТБ _____ Н.И. Кабанина
(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	11
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	15
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	18
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА	18
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА	18
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ	19
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	19
7.1. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	19
7.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ	20
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	20
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	20
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	21
10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	21
10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА	22
10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ	22
10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ	22
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	23
11.1. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	23
11.2. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	23
11.3. ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	23

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины являются углубление 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 проведения экспериментальных исследований электромагнитных полей в различных направляющих структурах и резонаторах.

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 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.
- ознакомление с измерительной аппаратурой и методами проведения экспериментальных исследований электромагнитных полей в различных направляющих структурах и резонаторах.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина (модуль) «Направляющие и колебательные системы СВЧ» включена в перечень вариативной части дисциплин (формируемой участниками образовательных отношений) по выбору (запросу студентов), направленный на углубление уровня освоения компетенций. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Физика», «Математика», «Электродинамика и распространение радиоволн».

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

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

ПКС-1 Способен проводить разработку методов, алгоритмов приема, передачи и обработки сигналов, выполнять моделирование радиолокационных систем и устройств, осуществлять тестирование радиоэлектронных комплексов с использованием современных аппаратных и программных средств.

Формирование указанных компетенций размещено в таблице 1.

Таблица 1 - Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования компетенций дисциплинами									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A
ПКС-1										
Электродинамика и распространение радио-волн. Дополнительные главы										
Направляющие и колебательные системы СВЧ							5			
Основы компьютерного проектирования РЭС										
Статистическая теория радиотехнических систем										
Радиоавтоматика										
Функциональное моделирование										
Радиотехнические системы										
Электропреобразовательные устройства РЭС										
Электропитание устройств систем телекоммуникаций										
Основы техники радиоприема										
Радиопередающие устройства										
Цифровая обработка сигналов										
Микроэлектронные устройства СВЧ										
Интегральная СВЧ-схемотехника										
Телевидение и видеотехника										
Цифровая аудио- и видеотехника										
Электронные СВЧ и квантовые приборы										
Оптоэлектронные и квантовые приборы СВЧ										
Лабораторный практикум по проектированию интегрированных модулей цифровой обработки сигналов										
Цифровые процессоры и обработка сигналов										
Программные средства цифровой обработки сигналов										
Современные математические методы обработки сигналов										
Основы теории радиолокационных систем и комплексов										
Основы теории радионавигационных систем и комплексов										
Основы теории радиосистем и комплексов управления										
Сетевые информационные технологии										
Основы теории радиосистем передачи информации										
Основы теории систем и комплексов радиоэлектронной борьбы										

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 разработку методов, алгоритмов приема, передачи и обработки сигналов, выполнять моделирование радиолокационных систем и устройств, осуществлять тестирование радиоэлектронных комплексов с использованием современных аппаратных и программных средств.	ИПКС-1.1. Разрабатывает методы и алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах, владеет технологией автоматической обработки информации.	Знать: <ul style="list-style-type: none"> – методы использования основных уравнений электромагнитного поля при расчетах простейших структур для излучения электромагнитных волн; – условия распространения радиоволн в различных средах; – основные типы резонаторов, применяемых в технике миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов, их характеристики; – основные типы линий передачи, применяемых в технике миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов, их характеристики; – основы теории дифракции электромагнитных волн; – особенности рас- 	Отчеты по лабораторным работам	Вопросы для устного собеседования: билеты

		пространения электромагнитных полей в различных линиях передачи энергии и в различных средах.			
	ИПКС-1.3. Проводит анализ и синтез радиоэлектронных систем, оптимизацию радиолокационных систем и комплексов и отдельных ее подсистем.		<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить анализ физических процессов, происходящих в различных линиях передачи, резонаторах и устройствах СВЧ, в однородных и неоднородных средах. 	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками проведения измерений и расчетов (в том числе с помощью ЭВМ) характеристик волн различных линий передачи и резонаторов миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов волн. 	Отчеты по лабораторным работам Вопросы для устного собеседования: билеты

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. или 108 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 час.	В т.ч. по семестрам		
		5 сем		
Формат изучения дисциплины	очная			
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	108	108		
1. Контактная работа:	36	36		
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	34	34		
занятия лекционного типа (Л)	17	17		
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практические занятия и др.)	--	--		
лабораторные работы (ЛР)	17	17		
1.2. Внеаудиторная, в том числе	6	6		
текущий контроль, консультации по дисциплине	6	6		
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)				
2. Самостоятельная работа (СРС):	32	32		
контрольная работа				
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям)	32	32		
Подготовка к экзамену (контроль)	36	36		

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4.1 - Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)	
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час	Самостоятельная работа студентов (СРС), час						
5 СЕМЕСТР									
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.3	Раздел 1. Направляемые электромагнитные волны						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль;	Конспект лекций	
	Тема 1.1. Волны в прямоугольном волноводе. Основная волна и волны высших типов, структуры полей.						2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания.		
	Лабораторная работа №2. Изучение дисперсионных свойств прямоугольного волновода.		4			Подготовка к лабораторной работе, написание отчета [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4], [6.2.2]			
	Тема 1.2. Волны в круглом волноводе. Основная волна и волны высших типов, структуры полей.					Подготовка к лабораторной работе, написание отчета [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4],			
	Лабораторная работа №1. Расчет и моделирование полей в круглом однородно заполненном волноводе.		4			Подготовка к лабораторной работе, написание отчета [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4],			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час	Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
					[6.2.2]			
	Тема 1.3. Периодические замедляющие системы. Пространственные гармоники. Электромагнитные волны в гребенчатой структуре. Дисперсия в гребенчатой структуре.							
	Лабораторная работа №4. Гребенчатая замедляющая система.		5			Подготовка к лабораторной работе, написание отчета [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4], [6.2.2]		
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				6			
	контрольная работа							
	Итого по 1 разделу	--	13	--	6			
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.3	Раздел 2. Резонаторы						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. Тестирование на онлайн-платформе	Конспект лекций
	Тема 2.1. Объемные резонаторы. Добротность резонаторов.							
	Лабораторная работа №3. Объемные резонаторы.		4			Подготовка к лабораторной работе, написание отчета [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4], [6.2.2]		
	Тема 2.2. Диэлектрические резонаторы.	2				Подготовка к лекциям		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час	Самостоятельная работа студентов (СРС), час		
					[6.1.1], [6.1.4], [6.2.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:				4 Тестирование на платформе moocle [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	контрольная работа						
	Итого по 2 разделу	2	4	--	4		
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.3	Раздел 3. Квазиоптические линии и резонаторы					1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль;	Конспект лекций
	Тема 3.1. Математический аппарат линзовой линии. Собственные волны линзовой линии.	2			Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания;	
	Тема 3.2. Зеркальная линия.	1			Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	3. Тестирование на онлайн-платформе	
	Тема 3.3. Основные свойства открытых резонаторов. Элементы открытых резонаторов с вогнутыми зеркалами.	1			Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]		
	Тема 3.4. Открытые резонаторы с цилиндрическими зеркалами эллиптического профиля.	2			Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]		
	Тема 3.5. Открытые резонаторы с двугранными отражателями.	2			Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]		
	Самостоятельная работа по				4 Тестирование на		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час	Самостоятельная работа студентов (СРС), час		
	освоению 3 раздела:					платформе moodle [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]	
	контрольная работа						
	Итого по 3 разделу	8	--	--	4		
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.3	Раздел 4. Анизотропные среды						
	Тема 4.1. Кристаллы и искусственные диэлектрики.	1				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль;
	Тема 4.2. Электромагнитные явления в ферритах.	2				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания;
	Тема 4.3. Распространение электромагнитных волн в ионизированном газе в присутствии постоянного магнитного поля.	2				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	3. Тестирование на онлайн-платформе
	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:				4	Тестирование на платформе moodle [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]	
	контрольная работа						
	Итого по 4 разделу	5	--	--	4		
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.3	Раздел 5. Дифракция электромагнитных волн						
	Тема 5.1. Принцип Гюйгенса-Френеля для электромагнитного поля.	1				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль;
							2. Разноуровневые каче-

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)	
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Тема 5.2. Дифракция на отверстии произвольной формы. Принцип двойственности.	1				Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.4], [6.2.1]	ственные, расчетные, графические задания; 3. Тестирование на онлайн-платформе		
	Самостоятельная работа по освоению 5 раздела:				4	Тестирование на платформе moodle [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]			
	контрольная работа								
	Итого по 5 разделу	2	--	--	4				
ПКС-1 ИПКС-1.1 ИПКС-1.3	Раздел 6. Распространение радиоволн.								
	Тема 6.1. Классификация радиоволн по диапазону частот и способу распространения.					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]	1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль;	Конспект лекций	
	Тема 6.2. Поле изотропного и направленного излучателей в свободном пространстве.					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]	2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания;		
	Тема 6.3. Распространение земных радиоволн.					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]	3. Тестирование на онлайн-платформе		
	Тема 6.4. Распространение радиоволн в тропосфере.					Самостоятельная проработка темы [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]			
	Тема 6.5. Распространение радиоволн в ионосфере.					Самостоятельная проработка темы			

Планируемые (контролируемые) результаты освое- ния: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час		
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час			
					[6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]		
	Самостоятельная работа по освоению 6 раздела:				10	Тестирование на платформе mooc- dle [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]	
	контрольная работа						
	Итого по 6 разделу	--	--	--	10		
	ИТОГО ЗА 5 СЕМЕСТР	17	17	--	32		
	ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ	17	17	--	32		

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

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

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

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

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели) 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
$40 < R \leq 50$	Отлично	
$30 < R \leq 40$	Хорошо	зачет
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно	
$0 < R \leq 20$	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 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 разработку методов, алгоритмов приема, передачи и обработки сигналов, выполнять моделирование радиолокационных систем и устройств, осуществлять тестирование радиоэлектронных комплексов с использованием современных аппаратных и программных средств.	ИПКС-1.1. Разрабатывает методы и алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах, владеет технологией автоматической обработки информации.	Не знает методы использования основных уравнений электромагнитного поля при расчетах простейших структур для излучения электромагнитных волн; условия распространения радиоволн в различных средах; основные типы резонаторов, применяемых в технике миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов, их характеристики; основные типы линий передачи, применяемых в технике миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов, их характеристики; основы теории дифракции электромагнитных волн; особенности распространения электромагнитных полей в различных линиях передачи энергии и в различных средах.	Может сформулировать методы использования основных уравнений электромагнитного поля при расчетах простейших структур для излучения электромагнитных волн; условия распространения радиоволн в различных средах; основные типы резонаторов, применяемых в технике миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов, их характеристики; основные типы линий передачи, применяемых в технике миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов, их характеристики; основы теории дифракции электромагнитных волн; особенности распространения электромагнитных полей в различных линиях передачи энергии и в различных средах, допуская ошибки.	Может сформулировать методы использования основных уравнений электромагнитного поля при расчетах простейших структур для излучения электромагнитных волн; условия распространения радиоволн в различных средах; основные типы резонаторов, применяемых в технике миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов, их характеристики; основные типы линий передачи, применяемых в технике миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов, их характеристики; основы теории дифракции электромагнитных волн; особенности распространения электромагнитных полей в различных линиях передачи энергии и в различных средах, допуская небольшие неточности.	Знает методы использования основных уравнений электромагнитного поля при расчетах простейших структур для излучения электромагнитных волн; условия распространения радиоволн в различных средах; основные типы резонаторов, применяемых в технике миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов, их характеристики; основные типы линий передачи, применяемых в технике миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов, их характеристики; основы теории дифракции электромагнитных волн; особенности распространения электромагнитных полей в различных линиях передачи энергии и в различных средах.

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» (недовлетворительно)	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.,степ. - 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 «Направляющие и колебательные системы СВЧ» находятся на кафедре «ФТОС».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Направляющие и колебательные системы СВЧ».

6.3.3. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Направляющие и колебательные системы СВЧ».

6.3.4. Методические рекомендации по организации лабораторных занятий и выполнению лабораторных работ по дисциплине «Направляющие и колебательные системы СВЧ».

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

Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

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

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

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

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

Лабораторные работы проводятся 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 «Направляющие и колебательные системы СВЧ», 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 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 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 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 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 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 рекомендованной 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

- тестирование в системе moodle;
- теоретический опрос и защита отчетов по лабораторным работам.

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

1. Диэлектрические резонаторы. Классификация.
2. Диэлектрические резонаторы, работающие на низших типах колебаний.
3. Диэлектрические резонаторы, работающие на азимутальных высших колебаниях.
4. Виды и области применения квазиоптических линий передачи.
5. Открытая линзовая линия. Собственные волны и распределение поля волн.
6. Зеркальная линия.
7. Открытые резонаторы как колебательные системы миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов. Основные виды открытых резонаторов.
8. Физические принципы, лежащие в основе формирования добротных колебаний.
9. Открытый резонатор с двугранными отражателями, его особенности. Распределение поля основного и высших типов колебаний.
10. Открытый резонатор с вогнутыми зеркалами, его основные характеристики.
11. Открытый резонатор с цилиндрическими зеркалами эллиптического профиля, его основные характеристики.
12. Кристаллы и искусственные диэлектрики
13. Ферриты. Явление ферромагнитного резонанса в ферритах.
14. Эффект Фарадея.
15. Распространение электромагнитных волн в поперечно намагниченном феррите.
16. Эффект Коттон-Мутона.
17. Распространение электромагнитных волн в продольно намагниченном феррите.
18. Распространение электромагнитных волн в ионизированном газе в присутствии постоянного магнитного поля
19. Распространение электромагнитной волны в ионизированном газе в направлении постоянного магнитного поля
20. Распространение электромагнитных волн в ионизированном газе в направлении, перпендикулярном постоянному магнитному полю

21. Дифракция электромагнитных волн.
22. Дифракция на отверстии произвольной формы.
23. Принцип Бабине
24. Классификация радиоволн
25. Виды радиолиний
26. Поле изотропного излучателя, находящегося в свободном пространстве
27. Поле направленного излучателя, находящегося в свободном пространстве
28. Электрические свойства различных видов земной поверхности
29. Отражение радиоволн от границы раздела воздух-земля
30. Земные волны над плоской поверхностью Земли
31. Формула Введенского
32. Учет сферичности земной поверхности в интерференционных формулах
33. Коэффициент преломления и индекс преломления тропосферы
34. Рефракция радиоволн в неоднородной тропосфере
35. Эквивалентный радиус Земли
36. Виды тропосферной рефракции
37. Относительная диэлектрическая проницаемость и коэффициент преломления ионосферы
38. Траектория радиоволн в ионосфере
39. Условие отражения радиоволн от ионосферы
40. Волноводно-диэлектрические резонаторы.

11.3. Типовые задания для промежуточной аттестации

1. Изобразить структуру поля волны H_{10} прямоугольного волновода.
2. Изобразить структуру поля волны H_{11} прямоугольного волновода.
3. Изобразить структуру поля волны E_{11} прямоугольного волновода.
4. Изобразить структуру поля волны H_{01} прямоугольного волновода.
5. Изобразить структуру поля волны H_{01} круглого волновода.
6. Изобразить структуру поля волны H_{11} круглого волновода.
7. Изобразить структуру поля волны H_{21} круглого волновода.
8. Изобразить структуру поля волны E_{01} круглого волновода.
9. Изобразить структуру поля волны E_{11} круглого волновода.
10. Изобразить структуру поля волны E_{21} круглого волновода.
11. Изобразить линии поверхностного тока волны H_{10} прямоугольного волновода.
12. Изобразить линии поверхностного тока волны H_{01} круглого волновода.
13. Изобразить линии поверхностного тока волны E_{01} круглого волновода.
14. Изобразить структуру поля колебания H_{101} прямоугольного объемного резонатора.
15. Изобразить структуру поля колебания H_{102} прямоугольного объемного резонатора.
16. Изобразить структуру поля колебания H_{111} прямоугольного объемного резонатора.
17. Изобразить структуру поля колебания E_{111} прямоугольного объемного резонатора.
18. Изобразить структуру поля основной волны коаксиальной линии.
19. Изобразить структуру поля волны H_{32} прямоугольного волновода.
20. Изобразить структуру поля волны E_{23} прямоугольного волновода.

Полный фонд оценочных средств находится на кафедре «ФТОС».

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института ИРИТ

_____ Мякиньков А.В.

«___» _____ 2021 г.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины
Б1.В.ДВ.2.2 Направляющие и колебательные системы СВЧ**

для подготовки специалистов

Специальность: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Специализация: Радиолокационные системы и комплексы

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2021

Курс 3

Семестр 5

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):

«___» _____ 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.