

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

Образовательно-научный институт ядерной энергетики и технической
физики им. академика Ф.М. Митенкова (ИЯЭиТФ)

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института:
_____ Легчанов М.А.

“20” июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ОД.1 Прикладная радиофотоника и квантовая оптоэлектроника
для подготовки магистров

Направление подготовки: 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность: Квантовые технологии в инфокоммуникациях

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2023

Выпускающая кафедра: ФТОС

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины: 108/3
часов/з.е

Промежуточная аттестация: экзамен

Разработчик: Грачев В.А., к.т.н., доцент

Нижний Новгород

2023

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 22 сентября 2017 г. № 958 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 16.03.2023 г. № 12.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры протокол от 01 июня 2023 г. № 35.

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

Программа рекомендована к утверждению советом ИЯЭиТФ, протокол от 20 июня 2023 г. № 5.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.04.02-К-10.
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	9
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ	9
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ	10
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	15
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	19
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА	19
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА	19
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ	20
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	20
7.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)	20
7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем	20
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	21
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	21
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	22
10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	23
10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА	23
10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ	23
10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ	23
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	24
11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ	24
11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена	25

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины является формирование необходимых компетенций для решения задач синтеза и анализа алгоритмов и устройств генерации, приема и обработки радиосигналов в оптическом диапазоне, необходимых при проектировании радиофотонных и квантовых устройств, систем и сетей связи; знакомство с тенденциями развития радиофотонных сетей и систем связи. Обеспечение прочных знаний студентом основных положений радиофотоники и квантовой оптоэлектроники.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

- освоение студентом фотонных методов генерации сигналов радиодиапазона, аналого-цифрового преобразования и других специальных видов обработки радиосигналов;
- освоение системного подхода к проектированию аналоговых волоконно-оптических систем связи и передачи информации;
- приобретение навыков применения радиофотонных технологий в системах радиолокации.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Прикладная радиофотоника и квантовая оптоэлектроника» 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: «Оптические направляющие среды» (Б1.В.ОД.12) в объеме бакалавриата, «Оптоэлектронные и квантовые приборы и устройства» (Б1.В.ДВ.1.1) и «Фотоника» (Б1.В.ДВ.1.2) в объеме программы бакалавриата, «Антенны и устройства СВЧ» (Б1.В.ДВ.2.1) и «Антенно-фидерные устройства» (Б1.В.ДВ.2.2) в объеме программы бакалавриата; «Математическое моделирование устройств и систем телекоммуникаций» (Б1.Б.1), «Теория построения инфокоммуникационных сетей и систем» (Б1.Б.7), «Интегральная квантовая фотоника» (Б1.В.ОД.6).

Дисциплина «Прикладная радиофотоника и квантовая оптоэлектроника» является основополагающей для прохождения следующих видов практик: Научно-исследовательская работа (Б2.П.1), Научно-исследовательская работа (Б2.П.2), Преддипломная практика (Б2.П.3).

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 следующих профессиональных компетенций в соответствии с ОПОП ВО по направлению 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»:

ПКС-3 Способен к организации и контролю проведения измерений и проверки качества работы оборудования, к применению в работе знаний назначения и принципов действия измерительных приборов;

ПКС-7 Способен к разработке методов формирования и обработки сигналов, систем коммутации, синхронизации и определению области эффективного их использования в ин-

фокоммуникационных сетях, системах и устройствах;

ПКС-10 Способен выбирать и проводить сравнительный анализ вариантов проектирования пассивных и активных устройств оптического и квазиоптического диапазонов частот;

Формирование указанных компетенций размещено в таблице 1.

Таблица 1 – Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины			
	1	2	3	4
ПКС-3				
<i>Научно-исследовательская работа</i>				
<i>Научно-исследовательская работа</i>				
<i>Прикладная радиофотоника и квантовая оптоэлектроника</i>				
<i>Выполнение и защита ВКР</i>				
ПКС-7				
<i>Квантовая криптография</i>				
<i>Основы цифровой техники</i>				
<i>Основы сетевых информационных технологий</i>				
<i>Прикладная радиофотоника и квантовая оптоэлектроника</i>				
<i>Преддипломная практика</i>				
<i>Выполнение и защита ВКР</i>				
ПКС-10				
<i>Специальные курсы квантовой физики</i>				
<i>Получение волоконных световодов для квантовых коммуникаций</i>				
<i>Квантовая волоконно-оптическая связь</i>				
<i>Интегральная квантовая фотоника</i>				
<i>Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)</i>				
<i>Терагерцовая фотоника</i>				
<i>Прикладная радиофотоника и квантовая оптоэлектроника</i>				
<i>Преддипломная практика</i>				
<i>Выполнение и защита ВКР</i>				

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

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ПКС-3 Способен к организации и контролю проведения измерений и проверки качества работы оборудования, к применению в работе знаний назначения и принципов действия измерительных приборов	ИПКС-3.1 Осуществляет организацию и контроль проведения измерений		Уметь: - проводить измерения характеристик и тестирование основных элементов и устройств волоконной оптики, квантовой оптоэлектроники и радиофотоники	Владеть: - навыками проведения измерений параметров радиофотонных и квантовых устройств с помощью современных автоматизированных измерительных комплексов	Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПКС-3.2 Осуществляет проверку качества работы оборудования	Знать: - основные методы проверки качества работы приборов и устройств для квантовых систем связи, построенные с применением волоконно-оптических и оптоэлектронных элементов баз	Уметь: - осуществлять контроль правильности функционирования и метрологических характеристик средств измерений		Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПКС-3.3 Применяет в работе знания назначений и принципов действия измерительных приборов	Знать: - физические эффекты, принципы, элементы и устройства для управления светом в оптических материалах			Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПКС-3.4 Осуществляет обработку данных по результатам измерений		Уметь: - проводить оценку точности результатов физического эксперимента	Владеть: - навыками использования основных приемов обработки экспериментальных данных с использо-	Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования: билеты

				ванием стандартно-го программного обеспечения		
	ИПКС-3.5 Использует правила техники безопасности при проведении измерений	Знать: - основные правила техники безопасности при проведении измерений параметров волоконно-оптических, фотонных и квантовых устройств с помощью современной контрольно-измерительной аппаратуры			Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования: билеты
ПКС-7 Способен к разработке методов формирования и обработки сигналов, систем коммутации, синхронизации и определению области эффективного их использования в инфокоммуникационных сетях, системах и устройствах	ИПКС-7.1 Участвует в разработке методов формирования и обработки сигналов	Знать: - основные характеристики современных источников, модуляторов и приемников оптического излучения для квантовых телекоммуникационных систем			Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПКС-7.2 Определяет области эффективного использования в инфокоммуникационных сетях, системах и устройствах современных методов формирования и обработки сигналов		Уметь: - выбирать оптимальные режимы работы источников, модуляторов и приемников оптического излучения с целью повышения эффективности устройств квантовых телекоммуникационных систем		Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования: билеты

	ИПКС-7.3 Использует устройства формирования и обработки сигналов при решении практических задач и в своей научно-исследовательской деятельности			Владеть: - навыками проведения расчетов основных характеристик радиофотонных и квантовых устройств	Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования: билеты
ПКС-10 Способен выбирать и проводить сравнительный анализ вариантов проектирования пассивных и активных устройств оптического и квазиоптического диапазонов частот	ИПКС-10.1 Осваивает современные и перспективные направления систем связи квазиоптического и оптического диапазонов	Знать: - актуальные проблемы и достижения современной радиофотоники и квантовой оптоэлектроники		Владеть: - терминологией в предметной области радиофотоники и квантовой оптоэлектроники	Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПКС-10.3 Использует современные инфокоммуникационные технологии и методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области систем связи оптического и квазиоптического диапазона		Уметь: - проводить измерения и тестирование характеристик основных элементов и устройств волоконной оптики, радиофотоники и квантовой оптоэлектроники		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 3 зач.ед. (108 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	
		1 сем	2 сем
Формат изучения дисциплины		очная	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	108	108	
1. Контактная работа:	40	40	
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	34	34	
занятия лекционного типа (Л)			
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	17	17	
лабораторные работы (ЛР)	17	17	
1.2. Внеаудиторная, в том числе	6	6	
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)			
текущий контроль, консультации по дисциплине	6	6	
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)			
2. Самостоятельная работа (СРС)	41	41	
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.)	41	41	
Подготовка к экзамену (контроль)	27	27	

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты осво- ения: код УК; ОПК; ПК и инди- каторы достиже- ния компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование использу- емых активных и интер- активных образователь- ных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоем- кость в часах)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа сту- дентов (час)			
		Лекции	Лабора- торные работы	Практиче- ские заня- тия				
1 семестр								
ПКС-3: ИПКС-3.1 ИПКС-3.2 ИПКС-3.3 ИПКС-3.4 ИПКС-3.5 ПКС-7: ИПКС-7.1 ИПКС-7.2 ИПКС-7.3 ПКС-10: ИПКС-10.1 ИПКС-10.3	Раздел 1. Компонентная база радиопотоники: источники, модуляторы и приемники оптического излучения						1. Диагностический безо- ценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые каче- ственные, расчетные зада- ния; 3. Блиц-опрос. При изучении нового ма- териала-слайд показ. Это создает единую активную познавательную среду, в которой учитель серией умело подобранных во- просов и заданий возбуж- дает и направляет мысль обучающихся к новым теоретическим выводам. Далее в ходе закрепления уточняет, корректирует понимание учащимися нового знания, формирует первоначальные умения. В ходе объяснения и закреп- ления нового материала	
	Тема 1.1. Устройство оптическо- го волокна. Распространение све- та в волокне. Типы волокон							
	Практическое занятие 1. Устройство оптического волокна. Распространение света в волокне. Типы волокон			1,0		Подготовка к семина- рам [6.1.1], [6.1.2]		
	Тема 1.2. Источники и приемни- ки оптического излучения							
	Практическое занятие 2. Ис- точники оптического излучения: конструкция, принцип действия, основные технические характе- ристики			1,0		Подготовка к семина- рам [6.1.1], [6.1.2]		
	Практическое занятие 3. При- емники оптического излучения: конструкция, принцип действия, основные технические характе- ристики			1,0		Подготовка к семина- рам [6.1.1], [6.1.2]		
	Тема 1.3. Электрооптические модуляторы							

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				
	Практическое занятие 4. Электрооптические модуляторы			2,0		Подготовка к семинарам [6.1.1], [6.1.2]	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.	
	Лабораторная работа 1. Исследование характеристик СВЧ узлов с помощью векторного анализатора цепей		4,0			Подготовка к лабораторным работам [6.1.1], [6.1.2], работам [6.2.1], [6.2.2]		
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				13,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 1 разделу	--	4,00	5,00	13,00			
	ПКС-3: ИПКС-3.1 ИПКС-3.2 ИПКС-3.3 ИПКС-3.4 ИПКС-3.5 ПКС-7: ИПКС-7.1 ИПКС-7.2 ИПКС-7.3 ПКС-10: ИПКС-10.1 ИПКС-10.3	Раздел 2. Фотонные методы генерации и преобразования радиосигналов						
Тема 2.1. Оптическое гетеродинирование и гомодинирование.								
Практическое занятие 5. Оптическое гетеродинирование и гомодинирование.				2,0		Подготовка к семинарам [6.1.1], [6.1.2]		
Тема 2.2. Генерация радиочастотных сигналов с помощью внешней модуляции.								
Практическое занятие 6. Генерация радиочастотных сигналов с помощью внешней модуляции.				1,0		Подготовка к семинарам [6.1.1], [6.1.2]		
Лабораторная работа № 2 Исследование радиофотонного СВЧ умножителя частоты			4,0			Подготовка к лабораторным работам [6.1.1], [6.1.2], работам [6.2.1], [6.2.2]		

Планируемые (контролируемые) результаты осво- ения: код УК; ОПК; ПК и инди- каторы достиже- ния компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование использо- емых активных и интер- активных образователь- ных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоем- кость в часах)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа сту- дентов (час)			
		Лекции	Лабора- торные работы	Практиче- ские заня- тия				
	Тема 2.3. Оптоэлектронная авто- генерация радиосигналов.						теоретическим выводам. Далее в ходе закрепления уточняет, корректирует понимание учащимися нового знания, формирует первоначальные умения. В ходе объяснения и закреп- ления нового материала кадры должны быть раз- нообразными, чтобы охва- тить все моменты позна- ния: алгоритм поиска ре- шения поставленной про- блемы, оценивание аль- тернатив, обнаружение следствий и их значимости в теории и т.д.	
	Практическое занятие 7. Опто- электронная автогенерация ра- диосигналов.			2,0		Подготовка к семина- рам [6.1.1], [6.1.2]		
	Лабораторная работа 3. Иссле- дование оптоэлектронного гене- ратора СВЧ сигналов		5,0			Подготовка к лабора- торным работам [6.1.1], [6.1.2], работам [6.2.1], [6.2.2]		
	Тема 2.4. Формирование поли- гармонического оптического из- лучения.							
	Практическое занятие 8. Фор- мирование полигармонического оптического излучения.			1,0		Подготовка к семина- рам [6.1.1], [6.1.2]		
	Тема 2.5. Радиофотонные смеси- тели радиочастотных сигналов.							
	Практическое занятие 9. Ра- диофотонные смесители радио- частотных сигналов.			2,0		Подготовка к семина- рам [6.1.1], [6.1.2]		
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:				15,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 2 разделу		9,00	8,00	15,00			

Планируемые (контролируемые) результаты осво- ения: код УК; ОПК; ПК и инди- каторы достиже- ния компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование использо- ваемых активных и интер- активных образователь- ных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоем- кость в часах)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа сту- дентов (час)			
		Лекции	Лабора- торные работы	Практиче- ские заня- тия				
ПКС-3: ИПКС-3.1 ИПКС-3.2 ИПКС-3.3 ИПКС-3.4 ИПКС-3.5 ПКС-7: ИПКС-7.1 ИПКС-7.2 ИПКС-7.3 ПКС-10: ИПКС-10.1 ИПКС-10.3	Раздел 3. Применение методов радиофотоники в радиолокации						1. Диагностический безо- ценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые каче- ственные, расчетные зада- ния; 3. Блиц-опрос. При изучении нового ма- териала-слайд показ. Это создает единую активную познавательную среду, в которой учитель серией умело подобранных во- просов и заданий возбуж- дает и направляет мысль обучающихся к новым теоретическим выводам. Далее в ходе закрепления уточняет, корректирует понимание учащимися нового знания, формирует первоначальные умения. В ходе объяснения и закреп- ления нового материала кадры должны быть раз- нообразными, чтобы охва- тить все моменты позна- ния: алгоритм поиска ре- шения поставленной про- блемы, оценивание аль- тернатив, обнаружение следствий и их значимости	
	Тема 3.1. Волоконно-оптические линии							
	Практическое занятие 10. Во- локонно-оптические линии пере- дачи и распределения СВЧ сиг- налов			0,5		Подготовка к семина- рам [6.1.1], [6.1.2]		
	Практическое занятие 11. Во- локонно-оптические линии за- держки радиосигналов.			0,5		Подготовка к семина- рам [6.1.1], [6.1.2]		
	Тема 3.2. Радиофотонные фазо- вращатели радиосигналов.							
	Практическое занятие 12. Ра- диофотонные фазовращатели радиосигналов.			1,0		Подготовка к семина- рам [6.1.1], [6.1.2]		
	Тема 3.3. Принципы АЦП и ЦАП в оптическом диапазоне							
	Практическое занятие 13. Принципы аналогово-цифрового преобразования радиосигналов в оптическом диапазоне			1,0		Подготовка к семина- рам [6.1.1], [6.1.2]		
	Практическое занятие 14. Принципы цифроаналогового преобразования радиосигналов в оптическом диапазоне			1,0		Подготовка к семина- рам [6.1.1], [6.1.2]		
	Лабораторная работа 4. Спек- тральные характеристики СВЧ сигналов		4,0			Подготовка к лабора- торным работам [6.1.1], [6.1.2], работам [6.2.1], [6.2.2]		

Планируемые (контролируемые) результаты осво- ения: код УК; ОПК; ПК и инди- каторы достиже- ния компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование использу- емых активных и интер- активных образователь- ных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоем- кость в часах)
		Контактная работа			Самостоятель- ная работа сту- дентов (час)			
		Лекции	Лабора- торные работы	Практиче- ские заня- тия				
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:				13,0		в теории и т.д.	
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 3 разделу	--	4,00	4,00	13,00			
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	--	17	17	41			
	ИТОГО по дисциплине	--	17	17	41			

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

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы теоретические вопросы по темам лабораторных и практических (семинарских) занятий.

Также сформирован перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме экзамена в 1 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) и оценка выполнения лабораторных работ приведено в таблице 5.

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

Шкала оценивания	Экзамен/Зачет с оценкой	Зачет
$40 < R \leq 50$	Отлично	зачет
$30 < R \leq 40$	Хорошо	
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно	
$0 < R \leq 20$	Неудовлетворительно	незачет

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается в виде оценки «Отлично», «Хорошо», «Удовлетворительно» и «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-3 Способен к организации и контролю проведения измерений и проверки качества работы оборудования, к применению в работе знаний назначения и принципов действия измерительных приборов	ИПКС-3.1 Осуществляет организацию и контроль проведения измерений	Не умеет проводить измерения характеристик и тестирование основных элементов и устройств волоконной оптики, квантовой оптоэлектроники и радиوفотоники. Не владеет навыками проведения измерений параметров радиодиффузных и квантовых устройств с помощью современных автоматизированных измерительных комплексов.	С большим трудом проводит измерения характеристик и тестирование основных элементов и устройств волоконной оптики, квантовой оптоэлектроники и радиوفотоники. Навыки проведения измерений параметров радиодиффузных и квантовых устройств с помощью современных автоматизированных измерительных комплексов развиты слабо.	Проводит измерения характеристик и тестирование основных элементов и устройств волоконной оптики, квантовой оптоэлектроники и радиوفотоники с минимальным количеством ошибок. Владеет навыками проведения измерений основных параметров радиодиффузных и квантовых устройств с помощью современных автоматизированных измерительных комплексов.	Не испытывает никаких трудностей при проведении измерений характеристик и тестировании основных элементов и устройств волоконной оптики, квантовой оптоэлектроники и радиوفотоники. Уверенно владеет навыками проведения измерений параметров радиодиффузных и квантовых устройств с помощью современных автоматизированных измерительных комплексов.
	ИПКС-3.2 Осуществляет проверку качества работы оборудования	Не знает основные методы проверки качества работы приборов и устройств для квантовых систем связи, построенные с применением волоконно-оптических и оптоэлектронных элементных баз. Не умеет осуществлять контроль правильности функционирования и метрологических характеристик средств измерений.	Знает лишь некоторые методы проверки качества работы приборов и устройств для квантовых систем связи, построенные с применением волоконно-оптических и оптоэлектронных элементных баз. Испытывает некоторые трудности при осуществлении контроля правильности функционирования и метрологических характеристик средств измерений.	Знает основные методы проверки качества работы приборов и устройств для квантовых систем связи, построенные с применением волоконно-оптических и оптоэлектронных элементных баз. Способен осуществлять контроль правильности функционирования и метрологических характеристик средств измерений допуская незначительные ошибки.	В совершенстве знает основные методы проверки качества работы приборов и устройств для квантовых систем связи, построенные с применением волоконно-оптических и оптоэлектронных элементных баз. Не испытывает трудностей при осуществлении контроля правильности функционирования и метрологическими характеристиками средств измерений.
	ИПКС-3.3 Применяет в работе знания назначений и принципов действия измерительных приборов	Не знает физические эффекты, принципы, элементы и устройства для управления светом в оптических матери-	Слабо знает физические эффекты, принципы, элементы и устройства для управления светом в оптических матери-	Знает основные физические эффекты, принципы, элементы и устройства для управления светом в оптических	Знает большинство физических эффектов, принципов, элементов и устройств для управления светом в оптиче-

		алах.	алах.	материалах.	ских материалах. Способен применять эти знания в практической деятельности.
	ИПКС-3.4 Осуществляет обработку данных по результатам измерений	Не умеет проводить оценку точности результатов физического эксперимента. Не владеет навыками использования основных приемов обработки экспериментальных данных с использованием стандартного программного обеспечения.	Умеет проводить оценку точности результатов физического эксперимента, но допускает незначительные ошибки. Слабо владеет навыками использования основных приемов обработки экспериментальных данных с использованием стандартного программного обеспечения.	Умеет проводить оценку точности результатов физического эксперимента, но допускает незначительные ошибки. Владеет навыками использования основных приемов обработки экспериментальных данных с использованием стандартного программного обеспечения.	Не испытывает трудностей при проведении оценки точности результатов физического эксперимента. Уверенно владеет навыками использования основных приемов обработки экспериментальных данных с использованием стандартного программного обеспечения.
	ИПКС-3.5 Использует правила техники безопасности при проведении измерений	Не знает основные правила техники безопасности при проведении измерений параметров волоконно-оптических, фотонных и квантовых устройств с помощью современной контрольно-измерительной аппаратуры.	Слабо знает правила техники безопасности при проведении измерений параметров волоконно-оптических, фотонных и квантовых устройств с помощью современной контрольно-измерительной аппаратуры.	Знает большинство из основных правил техники безопасности при проведении измерений параметров волоконно-оптических, фотонных и квантовых устройств с помощью современной контрольно-измерительной аппаратуры.	Знает основные правила техники безопасности при проведении измерений параметров волоконно-оптических, фотонных и квантовых устройств с помощью современной контрольно-измерительной аппаратуры и применяет их на практике.
ПКС-7 Способен к разработке методов формирования и обработки сигналов, систем коммутации, синхронизации и определению области эффективного их использования в инфокоммуникационных сетях, системах и устройствах	ИПКС-7.1 Участвует в разработке методов формирования и обработки сигналов	Не знает основные характеристики современных источников, модуляторов и приемников оптического излучения для квантовых телекоммуникационных систем.	Слабо знает основные характеристики современных источников, модуляторов и приемников оптического излучения для квантовых телекоммуникационных систем.	Знает большую часть основных характеристик современных источников, модуляторов и приемников оптического излучения для квантовых телекоммуникационных систем.	Знает основные характеристики современных источников, модуляторов и приемников оптического излучения для квантовых телекоммуникационных систем. Применяет полученные знания в практической деятельности.
	ИПКС-7.2 Определяет области эффективного использования в инфокоммуникационных сетях, системах и устройствах современных методов формирования и обработки сигналов	Не умеет выбирать оптимальные режимы работы источников, модуляторов и приемников оптического излучения с целью повышения эффективности устройств квантовых телекоммуникационных систем.	С большим трудом может выбирать оптимальные режимы работы источников, модуляторов и приемников оптического излучения с целью повышения эффективности устройств квантовых телекоммуникационных систем.	Умеет выбирать оптимальные режимы работы источников, модуляторов и приемников оптического излучения с целью повышения эффективности устройств квантовых телекоммуникационных систем, но допускает незначительные ошибки.	Без труда выбирает оптимальные режимы работы источников, модуляторов и приемников оптического излучения с целью повышения эффективности устройств квантовых телекоммуникационных систем.

	ИПКС-7.3 Использует устройства формирования и обработки сигналов при решении практических задач и в своей научно-исследовательской деятельности	Не владеет навыками проведения расчетов основных характеристик радиофотонных и квантовых устройств.	Слабо владеет навыками проведения расчетов основных характеристик радиофотонных и квантовых устройств.	Владеет навыками проведения расчетов основных характеристик радиофотонных и квантовых устройств.	Уверенно владеет навыками проведения расчетов основных характеристик радиофотонных и квантовых устройств.
ПКС-10 Способен выбирать и проводить сравнительный анализ вариантов проектирования пассивных и активных устройств оптического и квазиоптического диапазонов частот	ИПКС-10.1 Осваивает современные и перспективные направления систем связи квазиоптического и оптического диапазонов	Не знает актуальные проблемы и достижения современной радиофотоники и квантовой оптоэлектроники. Не владеет терминологией в предметной области радиофотоники и квантовой оптоэлектроники.	Слабо знаком с актуальными проблемами и достижениями современной радиофотоники и квантовой оптоэлектроники. Слабо владеет терминологией в предметной области радиофотоники и квантовой оптоэлектроники.	Знает актуальные проблемы и достижения современной радиофотоники и квантовой оптоэлектроники. Владеет основной терминологией в предметной области радиофотоники и квантовой оптоэлектроники.	Знает актуальные проблемы и достижения современной радиофотоники и квантовой оптоэлектроники. Уверенно владеет терминологией в предметной области радиофотоники и квантовой оптоэлектроники. Применяет знания в практической деятельности.
	ИПКС-10.3 Использует современные инфокоммуникационные технологии и методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области систем связи оптического и квазиоптического диапазона	Не умеет проводить измерения и тестирование характеристик основных элементов и устройств волоконной оптики, радиофотоники и квантовой оптоэлектроники.	С большим трудом проводит измерения и тестирование характеристик основных элементов и устройств волоконной оптики, радиофотоники и квантовой оптоэлектроники.	Умеет проводить измерения и тестирование характеристик основных элементов и устройств волоконной оптики, радиофотоники и квантовой оптоэлектроники, но иногда допускает ошибки в выборе методов экспериментальной работы.	Способен без ошибок проводить измерения и тестирование характеристик основных элементов и устройств волоконной оптики, радиофотоники и квантовой оптоэлектроники.

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).

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров библиотеке
6.1.1.	Панов, М.Ф. Физические основы фотоники : Учеб.пособие / М.Ф. Панов, А.В. Соломонов. - 2-е изд.,испр. - СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2018	2
6.1.2.	Задорин, А. С. Методы и устройства радиофотоники в системах радиосвязи. Методические указания по выполнению практических работ : учебное пособие / А. С. Задорин. — Москва : ТУСУР, 2019. — 109 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/312998 (дата обращения: 09.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	Эл.изд.

6.2. Справочно-библиографическая литература

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров библиотеке
---	---	---

6.2.1.	Кирчанов, В. С. Физические основы нанотехнологий фотоники и оптоинформатики : учебное пособие / В. С. Кирчанов. — 2-е изд., испр. и доп. — Пермь : ПНИПУ, 2022. — 364 с. — ISBN 978-5-398-02696-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/328871 (дата обращения: 09.10.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	Эл.изд.
6.2.2.	Бударагин, Р. В. Интегральная оптика : Учеб.пособие / Р. В. Буда-рагин [и др.] ; НГТУ им.Р.Е.Алексеева. — Н.Новгород : Изд-во НГТУ, 2008	52

6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных занятий по дисциплине «Прикладная радиофотоника и квантовая оптоэлектроника» находятся на кафедре «ФТОС».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Прикладная радиофотоника и квантовая оптоэлектроника».

6.3.2. Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Прикладная радиофотоника и квантовая оптоэлектроника»

6.3.3. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Прикладная радиофотоника и квантовая оптоэлектроника»

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

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

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

7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	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 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

Проведение практических занятий и лабораторных работ осуществляется в аудитории 5234 «Лаборатория микроволновой электродинамики и радиофотоники», оснащенной следующими приборами:

- полупроводниковый лазер Emcore TTX199475,
- фотоприемник Emcore 2522B,
- амплитудный электрооптический модулятор Optilab IM-1550-20,
- катушка оптического волокна Corning SMF 28e+ (400 метров),
- векторный анализатор цепей R&S ZVA40,
- генераторы СВЧ сигналов Г4-207, Г4-208,
- Agilent 83711B,
- осциллограф DS5032E,
- анализатор спектра R&S FSU-50,
- генератор сигналов низкочастотный VC2002.

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

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

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

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

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

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная.

При преподавании дисциплины «Прикладная радиофотоника и квантовая оптоэлектроника», 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 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 лекциях и консультациях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom.

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

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

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена с учетом текущей успеваемости.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

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

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

10.2. Методические указания 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.

10.3. 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 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 и выступление обучающихся с докладами.

11.1. Типовые для лабораторных работ

Лабораторная работа № 1 «Исследование характеристик СВЧ узлов с помощью векторного анализатора цепей»:

1. Принцип работы векторного анализатора цепей СВЧ.
2. Опишите метод разделения волн для выделения измерительных сигналов.
3. Структурная схема одного канала векторного анализатора цепей.
4. Опишите основные источники погрешностей при векторном анализе цепей СВЧ.
5. В чем заключается процедура калибровки векторного анализатора цепей?
6. Основные характеристики СВЧ многополюсников.

Лабораторная работа № 2 «Исследование радиопотонного СВЧ умножителя частоты»:

1. Что такое радиофотоника, в чем заключается преимущество радиофотонных устройств перед традиционными СВЧ устройствами?
2. В чем заключается принцип работы радиофотонного модуля с внешним электрооптическим модулятором?
3. В чем заключается принцип работы амплитудного электрооптического модулятора, выполненного на базе интегрального интерферометра Маха-Цандера?
4. Основные характеристики электрооптического модулятора.
5. Структурная схема радиофотонного СВЧ умножителя частоты, принцип его работы.

Лабораторная работа № 3 «Исследование оптоэлектронного генератора СВЧ сигналов»:

1. В чем заключается принцип автогенерации радиочастотных сигналов с применением методов и элементной базы радиофотоники (в общем)?
2. Опишите структурную схему одноконтурного радиофотонного автогенератора СВЧ сигналов.
3. Как происходит возбуждение автогенератора?
4. В чем заключается принцип работы радиофотонного автогенератора в стационарном режиме?
5. Какие основные характеристики имеет радиофотонный автогенератор?
6. Чем определяются спектральные характеристики выходного сигнала радиофотонного автогенератора?

Лабораторная работа № 4 «Спектральные характеристики СВЧ сигналов»:

1. Сигналы с амплитудной модуляцией, их основные характеристики.
2. Сигналы с угловой модуляцией, их основные характеристики.
3. Векторные диаграммы сигналов с однотоновой АМ и ЧМ.
4. Спектры АМ и ЧМ сигналов.
5. Принцип действия электрооптического модулятора интенсивности.
6. Принцип работы и основные характеристики анализатора спектра.
7. Схема лабораторной установки, назначение и принцип действия приборов. Порядок проведения измерений.

11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме экзамена

1. Источники оптического излучения, применяемые в радиофотонике.
2. Принцип действия и технические характеристики светоизлучающих диодов.
3. Принцип действия и технические характеристики полупроводниковых лазеров.
4. Классификация приемников оптического излучения. Лавинные и р-і-n фотодиоды.
5. Основные параметры оптических приемников: вольтамперная, спектральная и энергетическая характеристики; чувствительность; спектральное разрешение; шумовые параметры; электрические и шумовые модели фотоприемников.
6. Модуляция оптического излучения радиосигналами. Внутренняя и внешняя модуляция.
7. Модуляция фазы, амплитуды, интенсивности, частоты, поляризации.
8. Модуляторы на основе LiNbO₃, GaAs, InP. Основные характеристики, области применения, достоинства и недостатки.
9. Принципы оптического гетеродинамирования и гомодинамирования.
10. Методики синхронизации фаз смешиваемых оптических волн.
11. Генерация радиочастотных сигналов с помощью внешней модуляции.
12. Умножители частоты радиосигналов.
13. В чем заключается оптоэлектронная автогенерация радиочастотных сигналов?

14. Структурная схема и принцип действия АЦП на решетке амплитудных модуляторов Маха-Цендера с одинаковыми полуволновыми напряжениями.
15. Структурная схема и принцип действия АЦП на решетке амплитудных модуляторов Маха-Цендера разными полуволновыми напряжениями.
16. Структурные схемы и принцип действия АЦП на решетке фазовых модуляторов с одинаковыми полуволновыми напряжениями.
17. Структурные схемы и принцип действия ЦАП на решетке амплитудных модуляторов.
18. Структурная схема, принцип действия и элементная база волоконно-оптической линии передачи и распределения СВЧ сигналов.
19. Структурная схема, принцип действия и элементная база волоконно-оптической линии задержки радиосигналов.
20. Структурная схема, принцип действия и элементная база волоконно-оптических фазовращателей СВЧ сигналов.

Полный фонд оценочных средств находится на кафедре «ФТОС».

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института ИЯЭиТФ

« ____ » _____ 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.