

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:  
\_\_\_\_\_ Хробостов А.Е.

“10” июня 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.Од.6 Прикладная СВЧ оптоэлектроника**

для подготовки магистров

Направление подготовки: 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность: Антенны и устройства СВЧ в инфокоммуникациях

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2021

Выпускающая кафедра: ФТОС

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины: 72/2  
часов/з.е

Промежуточная аттестация: зачет

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

Нижний Новгород

2021

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 17.12.2020 г. № 7.

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

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

Программа рекомендована к утверждению советом ИЯЭиТФ, протокол от 10 июня 2021 г. № 3.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.04.02-а-15.  
Начальник МО \_\_\_\_\_

Заведующая отделом комплектования НТБ \_\_\_\_\_ Кабанина Н.И.  
(подпись)

## Оглавление

ОГЛАВЛЕНИЕ .....	3
<b>1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
1.1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	4
1.2. ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	4
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>8</b>
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ .....	8
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ .....	9
<b>5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>14</b>
<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>17</b>
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА .....	17
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	17
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....	18
<b>7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>18</b>
7.1. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) .....	18
7.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ .....	18
<b>8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ .....</b>	<b>19</b>
<b>9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>19</b>
<b>10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>20</b>
10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии .....	20
10.2. Методические указания для занятий лекционного типа .....	21
10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах .....	21
10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся .....	21
<b>11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>22</b>
11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ .....	22
11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме зачета .....	23

## 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 устройств, систем и сетей связи; знакомство с тенденциями развития радиофотонных сетей и систем связи. Обеспечение прочных знаний студентом основных положений радиофотоники.

### 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 СВЧ 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» (Б1.В.ДВ.2.1) и «Техника СВЧ» (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), «Автоматизированные измерения на СВЧ» (Б1.В.ОД.5).

Дисциплина «Прикладная СВЧ оптоэлектроника» является основополагающей для прохождения следующих видов практик: Научно-исследовательская работа (Б2.П.1), Научно-исследовательская работа (Б2.П.2), Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы) (Б2.У.1), 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-5 Способен к разработке методов формирования и обработки сигналов и определению области эффективного их использования в инфокоммуникационных сетях, системах и устройствах;

ПКС-6 Способен к выбору и сравнительному анализу вариантов проектирования пассивных и активных устройств СВЧ, оптического и квазиоптического диапазонов длин волн;

Формирование указанных компетенций размещено в таблице 1.

Таблица 1 – Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины			
	1	2	3	4
<b>ПКС-5</b>				
<i>Микроэлектронные устройства СВЧ</i>				
<i>Системы сотовой и спутниковой связи</i>				
<i>Специальные разделы цифровой обработки сигналов</i>				
<i>Прикладная СВЧ оптоэлектроника</i>			■	
<i>Преддипломная практика</i>				
<i>Выполнение и защита ВКР</i>				
<b>ПКС-6</b>				
<i>Научно-исследовательская работа</i>				
<i>Микроэлектронные устройства СВЧ</i>				
<i>Прикладная СВЧ оптоэлектроника</i>		■		
<i>Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)</i>				
<i>Научно-исследовательская работа</i>				
<i>Современные антенные устройства</i>				
<i>Математические методы прикладной электродинамики</i>				
<i>Техника и приборы терагерцового диапазона частот</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-5. Способен к разработке методов формирования и обработки сигналов и определению области эффективного их использования в инфокоммуникационных сетях, системах и устройствах	ИПКС-5.3. Использует устройства формирования и обработки сигналов при решении практических задач и в своей научно-исследовательской деятельности.	<b>Знать:</b> - физические эффекты, принципы, элементы и устройства для управления светом в оптических материалах	<b>Уметь:</b> - проводить измерения и тестирование характеристик основных элементов и устройств фотоники	<b>Владеть:</b> - практическими навыками работы с элементами перспективных систем широкополосной микроволновой фотоники	Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования: билеты
ПКС-6. Способен к выбору и сравнительному анализу вариантов проектирования пассивных и активных устройств СВЧ, оптического и квазиоптического диапазонов длин волн	ИПКС-6.1. Осваивает современные и перспективные направления систем связи СВЧ, квазиоптического и оптического диапазонов длин волн.	<b>Знать:</b> - актуальные проблемы и достижения современной микроволновой фотоники		<b>Владеть:</b> - терминологией в предметной области фотоники	Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПКС-6.2. Анализирует варианты проектирования пассивных и активных устройств СВЧ, оптического и квазиоптического диапазонов длин волн.	<b>Знать:</b> - основные фотонные методы формирования и преобразования радиосигналов	<b>Уметь:</b> - применять основные типы источников излучения в радиофотонике; - проводить измерения и тестирование характеристик основных элементов и устройств радиофотоники		Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПКС-6.3. Использует современные инфокоммуникационные технологии и методы проведения теоретических и		<b>Уметь:</b> - проводить расчеты основных характеристик фотоприемников на основе p-i-n и ла-	<b>Владеть:</b> - методами исследования характеристик основных устройств широкополосной микроволновой фотоники	Темы докладов; Вопросы для групповых обсуждений	Вопросы для устного собеседования: билеты

	экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области систем связи СВЧ, оптического и квазиоптического диапазона длин волн		винный фотодиодов, а также выбирать оптимальные режимы их работы при решении задач радиофотоники	полосной радиофотоники; - навыками проведения расчетов характеристик радиофотонных устройств генерации и обработки радиосигналов		
--	--	--	--	---	--	--

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач.ед. (72 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	В т.ч. по семестрам	
		1 сем	2 сем
<b>Формат изучения дисциплины</b>	очная		
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>72</b>	<b>72</b>	
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	
<b>1.1.Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	
занятия лекционного типа (Л)			
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	17	17	
лабораторные работы (ЛР)	17	17	
<b>1.2.Внеаудиторная, в том числе</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)			
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4	
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)			
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	
реферат/эссе (подготовка)			
расчёто-графическая работа (РГР) (подготовка)			
контрольная работа			
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)			
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	34	34	
Подготовка к экзамену (контроль)			

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)			
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)						
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия							
<b>1 семестр</b>											
ПКС-5: ИПКС-5.3 ПКС-6: ИПКС-6.1 ИПКС-6.2 ИПКС-6.3	<b>Раздел 1. Компонентная база радиофотоники: источники, модуляторы и приемники оптического излучения</b>						<p>1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль;</p> <p>2. Разноуровневые качественные, расчетные задания;</p> <p>3. Блиц-опрос.</p> <p>При изучении нового материала-слайд показ. Это создает единую активную познавательную среду, в которой учитель серией умело подобранных вопросов и заданий возбуждает и направляет мысль обучающихся к новым теоретическим выводам.</p> <p>Далее в ходе закрепления уточняет, корректирует понимание учащимися нового знания, формирует первоначальные умения. В ходе объяснения и закрепления нового материала</p>				
	<b>Тема 1.1. Устройство оптического волокна. Распространение света в волокне. Типы волокон</b>										
	<b>Практическое занятие 1. Устройство оптического волокна. Распространение света в волокне. Типы волокон</b>			1,0		Подготовка к семинарам [6.1.1], [6.1.2]					
	<b>Тема 1.2. Источники и приемники оптического излучения</b>										
	<b>Практическое занятие 2. Источники оптического излучения: конструкция, принцип действия, основные технические характеристики</b>			1,0		Подготовка к семинарам [6.1.1], [6.1.2]					
	<b>Практическое занятие 3. Приемники оптического излучения: конструкция, принцип действия, основные технические характеристики</b>			1,0		Подготовка к семинарам [6.1.1], [6.1.2]					
	<b>Тема 1.3. Электрооптические модуляторы</b>										

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)			
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)						
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия							
	<b>Практическое занятие 4.</b> 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.				
	<b>Лабораторная работа 1.</b> 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]					
	<b>Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:</b> реферат, эссе (тема)				8,0						
	<b>расчёто-графическая работа (РГР)</b>										
	<b>контрольная работа</b>										
	<b>Итого по 1 разделу</b>	--	<b>4,00</b>	<b>5,00</b>	<b>8,00</b>						
ПКС-5: ИПКС-5.3 ПКС-6: ИПКС-6.1 ИПКС-6.2 ИПКС-6.3	<b>Раздел 2. Фотонные методы генерации и преобразования радиосигналов</b>						1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные задания; 3. Блиц-опрос. При изучении нового материала-слайд показ. Это создает единую активную познавательную среду, в которой учитель серией умело подобранных вопросов и заданий возбуждает и направляет мысль обучающихся к новым				
	<b>Тема 2.1.</b> Оптическое гетеродинирование и гомодинирование.										
	<b>Практическое занятие 5.</b> Оптическое гетеродинирование и гомодинирование.			2,0		Подготовка к семинарам [6.1.1], [6.1.2]					
	<b>Тема 2.2.</b> Генерация радиочастотных сигналов с помощью внешней модуляции.										
	<b>Практическое занятие 6.</b> Генерация радиочастотных сигналов с помощью внешней модуляции.			1,0		Подготовка к семинарам [6.1.1], [6.1.2]					
	<b>Лабораторная работа № 2</b> 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 освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)			
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)						
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия							
	<b>Тема 2.3.</b> Оптоэлектронная автогенерация радиосигналов.										
	<b>Практическое занятие 7.</b> Оптоэлектронная автогенерация радиосигналов.			2,0		Подготовка к семинарам [6.1.1], [6.1.2]					
	<b>Лабораторная работа 3.</b> Исследование оптоэлектронного генератора СВЧ сигналов		5,0			Подготовка к лабораторным работам [6.1.1], [6.1.2], работам [6.2.1], [6.2.2]					
	<b>Тема 2.4.</b> Формирование полигармонического оптического излучения.										
	<b>Практическое занятие 8.</b> Формирование полигармонического оптического излучения.			1,0		Подготовка к семинарам [6.1.1], [6.1.2]					
	<b>Тема 2.5.</b> Радиофотонные смесители радиочастотных сигналов.										
	<b>Практическое занятие 9.</b> Радиофотонные смесители радиочастотных сигналов.			2,0		Подготовка к семинарам [6.1.1], [6.1.2]					
	<b>Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:</b> реферат, эссе (тема)				14,0						
	<b>расчёто-графическая работа (РГР)</b>										
	<b>контрольная работа</b>										
	<b>Итого по 2 разделу</b>		9,00	8,00	14,00						

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							
ПКС-5: ИПКС-5.3 ПКС-6: ИПКС-6.1 ИПКС-6.2 ИПКС-6.3	<b>Раздел 3. Применение методов радиофотоники в радиолокации</b>					1. Диагностический безоценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные задания; 3. Блиц-опрос. При изучении нового материала-слайд показ. Это создает единую активную познавательную среду, в которой учитель серией умело подобранных вопросов и заданий возбуждает и направляет мысль обучающихся к новым теоретическим выводам. Далее в ходе закрепления уточняет, корректирует понимание учащимися нового знания, формирует первоначальные умения. В ходе объяснения и закрепления нового материала кадры должны быть разнообразными, чтобы охватить все моменты познания: алгоритм поиска решения поставленной проблемы, оценивание альтернатив, обнаружение следствий и их значимости					
	<b>Тема 3.1. Волоконно-оптические линии</b>										
	<b>Практическое занятие 10. Волоконно-оптические линии передачи и распределения СВЧ сигналов</b>			0,5							
	<b>Практическое занятие 11. Волоконно-оптические линии задержки радиосигналов.</b>			0,5							
	<b>Тема 3.2. Радиофотонные фазовращатели радиосигналов.</b>										
	<b>Практическое занятие 12. Радиофотонные фазовращатели радиосигналов.</b>			1,0							
	<b>Тема 3.3. Принципы АЦП и ЦАП в оптическом диапазоне</b>										
	<b>Практическое занятие 13. Принципы аналогово-цифрового преобразования радиосигналов в оптическом диапазоне</b>			1,0							
	<b>Практическое занятие 14. Принципы цифроаналогового преобразования радиосигналов в оптическом диапазоне</b>			1,0							
	<b>Лабораторная работа 4. Спектральные характеристики СВЧ сигналов</b>		4,0								

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий в теории и т.д.	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)			
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)						
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия							
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела: реферат, эссе (тема) расчёто-графическая работа (РГР) контрольная работа				12,0						
	Итого по 3 разделу	--	<b>4,00</b>	<b>4,00</b>	<b>12,00</b>						
	<b>ИТОГО ЗА СЕМЕСТР</b>	--	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>34</b>						
	<b>ИТОГО по дисциплине</b>	--	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>34</b>						

## **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 зачета 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≤50	Отлично	зачет
30<R≤40	Хорошо	
20<R≤30	Удовлетворительно	
0<R≤20	Неудовлетворительно	

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

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не 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-1. Способен к разработке методов формирования и обработки сигналов и определению области эффективного их использования в инфокоммуникационных сетях, системах и устройствах	ИПКС-5.3. Использует устройства формирования и обработки сигналов при решении практических задач и в своей научно-исследовательской деятельности	Не знает физические эффекты, принципы, элементы и устройства для управления светом в оптических материалах. Не умеет проводить измерения и тестирование характеристик основных элементов и устройств фотоники. Не владеет практическими навыками работы с элементами перспективных систем широкополосной микроволновой фотоники	Знает не все физические эффекты, принципы, элементы и устройства для управления светом в оптических материалах. С ошибками проводит измерения и тестирование характеристик основных элементов и устройств фотоники. Практические навыки работы с элементами перспективных систем широкополосной микроволновой фотоники слабо сформированы	Знает большинство физических эффектов, принципов, элементов и устройств для управления светом в оптических материалах. Умеет проводить измерения и тестирование характеристик основных элементов и устройств фотоники, допуская незначительные ошибки. Владеет практическими навыками работы с элементами перспективных систем широкополосной микроволновой фотоники	Знает физические эффекты, принципы, элементы и устройства для управления светом в оптических материалах. Умеет проводить измерения и тестирование характеристик основных элементов и устройств фотоники. Владеет практическими навыками работы с элементами перспективных систем широкополосной микроволновой фотоники
ПКС-6. Способен к выбору и сравнительному анализу вариантов проектирования пассивных и активных устройств СВЧ, оптического и квазиоптического диапазонов длин волн	ИПКС-6.1. Осваивает современные и перспективные направления систем связи СВЧ, квазиоптического и оптического диапазонов длин волн.	Не знает актуальные проблемы и достижения современной микроволновой фотоники и основные фотонные методы формирования и преобразования радиосигналов. Не владеет терминологией в предметной области фотоники.	Знает основные проблемы и достижения современной микроволновой фотоники. В владеет терминологией в предметной области фотоники.	Знает основные фотонные методы формирования и преобразования радиосигналов. Владеет терминологией в предметной области фотоники.	Знает актуальные проблемы и достижения современной микроволновой фотоники. Знает основные фотонные методы формирования и преобразования радиосигналов. Уверенно владеет терминологией в предметной области фотоники.
	ИПКС-6.2. Анализирует варианты проектирования пассивных и активных устройств СВЧ, оптического и квазиоптического диапазонов длин волн.	Не знает фотонные методы формирования и преобразования радиосигналов. Не умеет применять основные типы источников излучения в радиофотонике. Не умеет проводить измерения и тестирование характеристик	Знает фотонные методы формирования и преобразования радиосигналов. С трудом может применять основные типы источников излучения в радиофотонике. Допускает ошибки при измерении и тестировании характе-	Знает основные фотонные методы формирования и преобразования радиосигналов. Умеет применять основные типы источников излучения в радиофотонике. Допускает ошибки при измерении и тестировании	В совершенстве знает фотонные методы формирования и преобразования радиосигналов. Умеет применять основные типы источников излучения в радиофотонике. Проводит измерения и тестирование характеристик

		основных элементов и устройств радиофотоники	ристик основных элементов и устройств радиофотоники	характеристик основных элементов и устройств радиофотоники	основных элементов и устройств радиофотоники без ошибок.
	ИПКС-6.3. Использует современные инфокоммуникационные технологии и методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области систем связи СВЧ, оптического и квазиоптического диапазона длин волн.	Не умеет проводить расчеты основных характеристик фотоприемников на основе р-і-п и лавинный фотодиодов, а также выбирать оптимальные режимы их работы при решении задач радиофотоники. Не владеет методами исследования характеристик основных устройств широкополосной радиофотоники. Отсутствуют навыки проведения расчетов характеристик радиофотонных устройств генерации и обработки радиосигналов	С трудом проводит расчеты основных характеристик фотоприемников на основе р-і-п и лавинный фотодиодов. Владеет не всеми основными методами исследования характеристик основных устройств широкополосной радиофотоники.	Проводит расчеты основных характеристик фотоприемников на основе р-і-п и лавинный фотодиодов, допуская незначительные ошибки. Владеет основными методами исследования характеристик основных устройств широкополосной радиофотоники. Владеет навыки проведения расчетов характеристик радиофотонных устройств генерации и обработки радиосигналов	Без ошибок способен проводить расчеты основных характеристик фотоприемников на основе р-і-п и лавинный фотодиодов, а также выбирать оптимальные режимы их работы при решении задач радиофотоники. Владеет методами исследования характеристик основных устройств широкополосной радиофотоники. Владеет навыками проведения расчетов характеристик радиофотонных устройств генерации и обработки радиосигналов

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).

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
6.1.1.	<b>Панов, М.Ф.</b> Физические основы фотоники : Учеб.пособие / М.Ф. Панов, А.В. Соломонов. - 2-е изд.,испр. - СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2018	2
6.1.2.	<b>Игнатов, А.Н.</b> Оптоэлектроника и нанофотоника : Учеб. пособие / А.Н. Игнатов. – СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2011	3

### 6.2. Справочно-библиографическая литература

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
6.2.1.	<b>Шредер, Г.</b> Техническая оптика: Пер.с нем. / Г. Шредер, Х. Трайбер. - М.: Техносфера, 2006	22
6.2.2.	<b>Бударагин, Р. В.</b> 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 СВЧ оптоэлектроника» находятся на кафедре «ФТОС».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Прикладная СВЧ оптоэлектроника».

6.3.2. Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Прикладная СВЧ оптоэлектроника»

6.3.3. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Прикладная СВЧ 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.tolgas.ru/> - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
5. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
6. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
7. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

### **7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

<b>№</b>	<b>Наименование ЭБС</b>	<b>Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС</b>
1	Консультант	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>

	студента	
2	Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
3	Юрайт	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>

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

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

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

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

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

Таблица 10 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

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

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

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 СВЧ 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 с студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom.

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

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

Промежуточная аттестация проводится в форме 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 заня-

тиях 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 радиофотонного 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 однотональной 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 зачета**

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-i-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 LiNbO<sub>3</sub>, GaAs, InP. Основные характеристики, области применения, достоинства и недостатки.
9. Принципы оптического гетеродинирования и гомодинирования.
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.