

Учебно-научный институт радиоэлектроники и информационных технологий (ИРИТ)

Мякинъков А.В.

2023

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.03.01 Радиотехника, утвержденного приказом МИНОБР-НАУКИ РОССИИ от 19.09.2017 г. № 931 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 13.04.2023 г. № 17.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры «ФТОС» протокол от 01.06.2023 г. № 35.

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

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИРИТ, протокол от 20.06.2023 г. № 6.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.03.01-р53.
Начальник МО _____

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

Оглавление

ОГЛАВЛЕНИЕ	2
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	3
1.1. Цель освоения дисциплины.....	3
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	3
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	6
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ	6
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ	11
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	12
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	16
6.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда	16
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА	16
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ	16
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	17
7.1. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	17
7.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ	17
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	18
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	19
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	19
10.1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	19
10.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ЗАНЯТИЙ ЛЕКЦИОННОГО ТИПА	20
10.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ	20
10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ	20
10.5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ	21
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	21
11.1. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	21
11.2. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ В ФОРМЕ ЭКЗАМЕНА	21
11.3. ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ	23

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины «Оптоэлектронные и квантовые приборы СВЧ» является формирование у студентов компетенций в области оптоэлектронных и квантовых приборов СВЧ и представлений о теоретических понятиях, расчетных методах и принципах конструирования современных оптоэлектронных и квантовых приборов СВЧ, использования их в радиоэлектронных системах и комплексах.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

- ознакомление студентов с основными параметрами и характеристиками оптоэлектронных и квантовых приборов СВЧ, изучение методов их расчета;
- ознакомление с теоретическими и экспериментальными основами работы функциональных электронных СВЧ и квантовых приборов, схем их включения;
- формирование у студентов навыков системного подхода к проектированию на основе САПР современных электронных СВЧ и квантовых приборов, используемых для построения узлов радиоприемных, усилительных радиопередающих схем и устройств СВЧ и оптического диапазонов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Физика», «Основы теории цепей», «Устройства СВЧ и антенны», «Электродинамика и распространение радиоволн».

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 элементов следующей профессиональной компетенции в соответствии с ОПОП ВО по направлению 11.03.01 Радиотехника:

ПКС-2: Способен разрабатывать структурные, функциональные, принципиальные схемы радиоэлектронных устройств, осуществлять техническое обслуживание радиоэлектронной аппаратуры

Формирование указанной компетенции размещено в таблице 1.

Таблица 1 – Формирование компетенций дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ПКС-2								
Радиоавтоматика								
Основы техники радиоприема								
Радиопередающие устройства								
Функциональное моделирование								
Оптические устройства в радиотехнике								
Радиотехнические системы								
Телевидение и видеотехника								
Цифровая аудио- и видеотехника								
Электропреобразовательные устройства РЭС								
Электропитание устройств систем телекоммуникаций								
Электронные СВЧ и квантовые приборы								
Оптоэлектронные и квантовые приборы								

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-2. Способен разрабатывать структурные, функциональные, принципиальные схемы радиоэлектронных устройств, осуществлять техническое обслуживание радиоэлектронной аппаратуры	ИПКС-2.1..Оценивает принципы проектирования радиоэлектронных устройств, осуществляет настройку радиоэлектронной аппаратуры.	Знать: - современные тенденции и перспективы развития оптоэлектронных и квантовых приборов СВЧ; - основные принципы построения, параметры и характеристики изучаемых оптоэлектронных и квантовых приборов СВЧ.	Уметь: - выбирать нужные оптоэлектронных и квантовых приборов СВЧ для решения возникшей технической задачи с учётом их конструктивных особенностей и возможностей безопасного применения; - составлять электрические схемы подключения источников питания к оптоэлектронным и квантовым приборам СВЧ и выбирать возможности получения требуемых эксплуатационных характеристик	Владеть: - специальной терминологией, используемой в отечественной и зарубежной литературе по оптоэлектронным и квантовым приборам СВЧ; - практическими навыками измерения основных характеристик некоторых оптоэлектронных и квантовых приборов СВЧ.	Вопросы для устного собеседования по лабораторным работам	Вопросы для устного собеседования: билеты

	ИПКС-2.2. Проводит расчеты характеристик радиоэлектронных устройств, оценивает техническое состояние радиоэлектронной аппаратуры.	Знать: - основные методы, алгоритмы и типовые методики расчёта и анализа основных характеристик оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств СВЧ; - параметры, характеристики и конструкции оптоэлектронных и квантовых приборов СВЧ.	Уметь: - применять электродинамические методы для расчёта параметров и характеристик оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств СВЧ; - применять математические модели оптоэлектронных и квантовых приборов СВЧ к анализу и оптимизации их параметров.	Владеть: - методами расчёта характеристик оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств СВЧ; - навыками оценивания параметров и характеристик оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств СВЧ.	Отчеты по лабораторным работам	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПКС-2.3. Разрабатывает принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ, работает с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию радиоэлектронной аппаратуры.	Знать: - основные принципы проектирования радиоэлектронных устройств СВЧ с применением САПР; - современные САПР и пакеты прикладных программ для проектирования оптоэлектронных и квантовых устройств СВЧ	Уметь: - осуществлять моделирование оптоэлектронных и квантовых приборов СВЧ с использованием САПР.	Владеть: - навыками применения современных САПР при расчёте параметров, характеристик и конструкций оптоэлектронных и квантовых приборов и устройств СВЧ		

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
Очная форма обучения

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. в семестре 8 сем
Формат изучения дисциплины	очная	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	108	108
1. Контактная работа:	52	52
1.1.Аудиторная работа, в том числе:	48	48
занятия лекционного типа (Л)	24	24
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	-	-
лабораторные работы (ЛР)	24	24
1.2.Внеаудиторная, в том числе	4	4
курсовая работа (КР) (консультация, защита)	-	-
текущий контроль, консультации по дисциплине	2	2
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2	2
2. Самостоятельная работа (СРС)	56	56
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	-	-
Курсовая работа (КР) (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.)	56	56
Подготовка к зачету (контроль)		

Очно-заочная форма обучения

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. в семестре 9 сем
Формат изучения дисциплины	очная	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	108	108
1. Контактная работа:	43	43
1.3.Аудиторная работа, в том числе:	39	39
занятия лекционного типа (Л)	26	26
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	-	-
лабораторные работы (ЛР)	13	13
1.4.Внеаудиторная, в том числе	4	4
курсовая работа (КР) (консультация, защита)	-	-
текущий контроль, консультации по дисциплине	2	2
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2	2

2. Самостоятельная работа (СРС)	65	65
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	-	-
Курсовая работа (КР) (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.)	65	65
Подготовка к зачету (контроль)		

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. в семестре
		10 сем
Формат изучения дисциплины	очная	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	108	108
1. Контактная работа:	21	21
1.5. Аудиторная работа, в том числе:	16	16
занятия лекционного типа (Л)	8	8
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	-	-
лабораторные работы (ЛР)	8	8
1.6. Внеаудиторная, в том числе	5	5
курсовая работа (КР) (консультация, защита)	-	-
текущий контроль, консультации по дисциплине	3	3
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	2	2
2. Самостоятельная работа (СРС)	83	83
реферат/эссе (подготовка)		
Контрольная работа	18	18
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)	-	-
Курсовая работа (КР) (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.)	65	65
Подготовка к зачету (контроль)	4	4

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4.1 – Содержание дисциплины, структурированное по темам, для очной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС 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				
8 семестр								
ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3	Раздел 1. Электронные приборы СВЧ (ЭП СВЧ).						1. Диагностический безопеночный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. физический диктант, блиц-опрос; 4. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами. При изучении нового материала-слайд показ. Совместно с натурным экспериментом создают единую активную познавательную среду, в которой учитель серией умело подобранных вопросов и заданий возбуждает и направляет мысль обучающихся к но-	Конспект лекций
	Тема 1.1.. Назначение, область применения ЭП СВЧ. Особенности построения и работы ЭП СВЧ, их классификация.	2,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.1]		
	Тема 1.2 ЭП СВЧ клистронного типа. Пролетные усилительные и отражательные клистроны.	2,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема 1.3. ЭП СВЧ с распределенным взаимодействием. Лампы бегущей волны типов ЛБВ-0 и ЛОВ-0.	2,0			3,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема 1.4. ЭП СВЧ магнетронного типа «М». Магнетронные генераторы и усилители.	2,0			2,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2]		
	Лабораторная работа 1. Изучение характеристик отражательно-го клистрона		6,0		3,0	Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3]		
	Лабораторная работа 2. Изучение усилителя на ЛБВ типа «О»		6,0		3,0	Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3]		

Планируемые (контролируемые) результаты осво- ения: код УК; ПКС и индикато- ры достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование исполь- зуемых активных и интерактивных образо- вательных 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				
							вым теоретическим выво- дам. Далее в ходе закреп- ления уточняет, корректи- рует понимание учащими- ся нового знания, форми- рует первоначальные уме- ния.	
	Лабораторная работа 3. Изуче- ние магнетронного генератора.		6,0		3,0	Подготовка к лаборатор- ным занятиям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				22,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 1 разделу	8.0	18,0	-	22,0			
ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2	Раздел 2. Полупроводниковые приборы СВЧ						1. Диагностический безо- ценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые каче- ственные, расчетные, гра- фические задания; 3. физический диктант, блиц-опрос; 4. Работа с систематизи- рующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.	Конспект лек- ций
	Тема 2.1. Генераторы и усили- тели на лавинно-пролетных ди- одах	1,5			3,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема 2.2. Генераторы и усили- тели на диодах Ганна.	2,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема2.3 . Акустоэлектронные полупроводниковые усилители на ПАВ	1,5			3,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:				10,0			
	реферат, эссе (тема)							

Планируемые (контролируемые) результаты осво- ения: код УК; ПКС и индикато- ры достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование исполь- зуемых активных и интерактивных образо- вательных 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				
	расчётно-графическая работа (РГР)							
контрольная работа								
Итого по 2 разделу	5,0			10,0				
ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3	Раздел 3. Квантовые приборы						1. Диагностический безо- ценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые каче- ственные, расчетные, гра- фические задания; 3. физический диктант, блиц-опрос; 4. Работа с систематизи- рующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.	Конспект лекций
	Тема 3.1. Квантовые генераторы оптического диапазона. Класси- фикация ОКГ	2,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1], [6.1.4]		
	Тема 3.2. Газовые ОКГ. Конструкция. Характеристики. Энергетическая диаграмма.	2,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1], [6.1.4]		
	Тема 3.3 Твердотельные ОКГ. Конструкция. Характеристи- ки. Энергетическая диаграмма	2,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4] [6.2.2],		
	Тема 3.4 Полупроводниковые ОКГ. Конструкция. Характери- стики. Энергетическая диа- грамма	2,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3]		
	Лабораторная работа 4. Изуче- ние гелий-неонового лазера и амплитудного модулятора на эф- фекте Поккельса		6,0		2,0	Подготовка к лаборатор- ным занятиям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:				18,0			
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 3 разделу	8,00	-	-	18,00			
	ПКС-2	Раздел 4. Модуляция и детектирование оптического излучения ОКГ.						

Планируемые (контролируемые) результаты осво- ения: код УК; ПКС и индикато- ры достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование исполь- зуемых активных и интерактивных образо- вательных 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				
ИПКС-2.1 ИПКС-2.2	Тема 4.1. Модуляция излучения ОКГ с помощью оптических модуляторов. Эффекты Керра и По- ккельса и их использование для АМ	2,0			3,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]	ценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые каче- ственные, расчетные, гра- фические задания; 3. физический диктант, блиц-опрос; 4. Работа с систематизи- рующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.	
	Тема 4.2. Детектирование про- модулированного излучения ОКГ	1,0			3,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:				6,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 4 разделу	3,00	-	-	6,00			
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	24,00	24,00		56,00			
	ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ	24,00	24,00		56,00			

Таблица 4.2 – Содержание дисциплины, структурированное по темам, для очно-заочной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС 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				
9 семестр								
ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3	Раздел 1. Электронные приборы СВЧ (ЭП СВЧ).						1. Диагностический безценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. физический диктант, блиц-опрос; 4. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами. При изучении нового материала-слайд показ. Совместно с натурным экспериментом создают 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 закреп-	Конспект лекций
	Тема 1.1.. Назначение, область применения ЭП СВЧ. Особенности построения и работы ЭП СВЧ, их классификация.	2,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.1]		
	Тема 1.2 ЭП СВЧ клистронного типа. Пролетные усилительные и отражательные клистроны.	2,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема 1.3. ЭП СВЧ с распределенным взаимодействием. Лампы бегущей волны типов ЛБВ-0 и ЛОВ-0.	2,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема 1.4. ЭП СВЧ магнетронного типа «М». Магнетронные генераторы и усилители.	2,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2]		
	Лабораторная работа 1. Изучение характеристик отражательного клистрона		3,0		4,0	Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3]		
	Лабораторная работа 2. Изучение усилителя на ЛБВ типа «О»		3,0		4,0	Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3]		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	Лабораторная работа 3. Изучение магнетронного генератора.		3,0			Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.	ления уточняет, корректирует понимание учащимися нового знания, формирует первоначальные умения.	
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				24,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 1 разделу	8,0	9,0	-	24,0			
ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2	Раздел 2. Полупроводниковые приборы СВЧ						1. Диагностический безопасный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. физический диктант, блиц-опрос; 4. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.	Конспект лекций
	Тема 2.1. Генераторы и усилители на лавинно-пролетных диодах	2,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема 2.2. Генераторы и усилители на диодах Ганна.	2,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема2.3 . Акустоэлектронные полупроводниковые усилители на ПАВ	2,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:				12,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС 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				
	Итого по 2 разделу	6,0			12,0			
ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3	Раздел 3. Квантовые приборы						1. Диагностический безопценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. физический диктант, блиц-опрос; 4. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.	Конспект лекций
	Тема 3.1. Квантовые генераторы оптического диапазона. Классификация ОКГ	2,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1], [6.1.4]		
	Тема 3.2. Газовые ОКГ. Конструкция. Характеристики. Энергетическая диаграмма.	2,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1], [6.1.4]		
	Тема 3.3 Твердотельные ОКГ. Конструкция. Характеристики. Энергетическая диаграмма	2,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4] [6.2.2],		
	Тема 3.4 Полупроводниковые ОКГ. Конструкция. Характеристики. Энергетическая диаграмма	2,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3]		
	Лабораторная работа 4. Изучение гелий-неонового лазера и амплитудного модулятора на эффекте Поккельса		4,0		4,0	Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:				20,0			
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 3 разделу	8,00	4,0	-	20,00			
ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2	Раздел 4. Модуляция и детектирование оптического излучения ОКГ.						1. Диагностический безопценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания;	Конспект лекций
	Тема 4.1. Модуляция излучения ОКГ с помощью оптических модуляторов. Эффекты Керра и Поккельса и их использование для АМ	2,0			5,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Наименование разработанного Электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (час)			
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия				
	Тема 4.2. Детектирование промодулированного излучения ОКГ	2,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]	3. физический диктант, блиц-опрос; 4. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.	
	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:				9,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 4 разделу	4,00	-	-	9,00			
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	26,00	13,00		65,00			
	ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ	26,00	13,00		65,00			

Таблица 4.3 – Содержание дисциплины, структурированное по темам, для заочной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС 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				
10 семестр								
ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3	Раздел 1. Электронные приборы СВЧ (ЭП СВЧ).						1. Диагностический безценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. физический диктант, блиц-опрос; 4. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами. При изучении нового материала-слайд показ. Совместно с натурным экспериментом создают единую активную познавательную среду, в которой учитель серией умело подобранных вопросов и заданий возбуждает и направляет мысль обучающихся к но-	Конспект лекций
	Тема 1.1.. Назначение, область применения ЭП СВЧ. Особенности построения и работы ЭП СВЧ, их классификация.	1,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.1]		
	Тема 1.2 ЭП СВЧ клистронного типа. Пролетные усилительные и отражательные клистроны.	0,5			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема 1.3. ЭП СВЧ с распределенным взаимодействием. Лампы бегущей волны типов ЛБВ-0 и ЛОВ-0.	0,5			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема 1.4. ЭП СВЧ магнетронного типа «М». Магнетронные генераторы и усилители.	1,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2]		
	Лабораторная работа 1. Изучение характеристик отражательно-го клистрона		3,0		4,0	Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3]		
	Лабораторная работа 2. Изучение усилителя на ЛБВ типа «О»		2,0		4,0	Подготовка к лабораторным занятиям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3]		

Планируемые (контролируемые) результаты осво- ения: код УК; ПКС и индикато- ры достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование исполь- зуемых активных и интерактивных образо- вательных 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				
	Лабораторная работа 3. Изуче- ние магнетронного генератора.		3,0		4,0	Подготовка к лаборатор- ным занятиям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3]	вым теоретическим выво- дам. Далее в ходе закреп- ления уточняет, корректи- рует понимание учащими- ся нового знания, форми- рует первоначальные уме- ния.	
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:				28,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа				18,0			
	Итого по 1 разделу	3,0	8,0	-	46,0			
	Раздел 2. Полупроводниковые приборы СВЧ							
ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2	Тема 2.1. Генераторы и усили- тели на лавинно-пролетных ди- одах	0,5			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]	1. Диагностический безо- ценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые каче- ственные, расчетные, гра- фические задания; 3. физический диктант, блиц-опрос; 4. Работа с систематизи- рующими, обобщающими таблицами, логическими	Конспект лек- ций
	Тема 2.2. Генераторы и усили- тели на диодах Ганна.	1,0			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Тема2.3 . Акустоэлектронные полупроводниковые усилители на ПАВ	0,5			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:				12,0			

Планируемые (контролируемые) результаты осво- ения: код УК; ПКС и индикато- ры достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС	Наименование исполь- зуемых активных и интерактивных образо- вательных 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				
	реферат, эссе (тема)						схемами.	
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 2 разделу	2,0			12,0			
ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3	Раздел 3. Квантовые приборы						1. Диагностический безо- ценочный контроль, лучше взаимоконтроль; 2. Разноуровневые каче- ственные, расчетные, гра- фические задания; 3. физический диктант, блиц-опрос; 4. Работа с систематизи- рующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.	Конспект лекций
	Тема 3.1. Квантовые генераторы оптического диапазона. Класси- фикация ОКГ	0,5			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1], [6.1.4]		
	Тема 3.2. Газовые ОКГ. Конструкция. Характеристики. Энергетическая диаграмма.	0,5			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.2.1], [6.1.4]		
	Тема 3.3 Твердотельные ОКГ. Конструкция. Характеристи- ки. Энергетическая диаграмма	0,5			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4] [6.2.2],		
	Тема 3.4 Полупроводниковые ОКГ. Конструкция. Характери- стики. Энергетическая диа- грамма	0,5			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.4], [6.2.2], [6.2.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:				16,0			
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 3 разделу	2,00	-	-	16,00			
	ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2	Раздел 4. Модуляция и детектирование оптического излучения ОКГ.						
Тема 4.1. Модуляция излучения ОКГ с помощью оптических мо-		0,5			5,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ПКС 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				
	дуляторов. Эффекты Керра и Погкельса и их использование для АМ						2. Разноуровневые качественные, расчетные, графические задания; 3. физический диктант, блиц-опрос; 4. Работа с систематизирующими, обобщающими таблицами, логическими схемами.	
	Тема 4.2. Детектирование промодулированного излучения ОКГ	0,5			4,0	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.4]		
	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела:				9,0			
	реферат, эссе (тема)							
	расчётно-графическая работа (РГР)							
	контрольная работа							
	Итого по 4 разделу	1,00	-	-	9,00			
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	8,00	8,00		83,00			
	ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ	8,00	8,00		83,00			

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

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

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

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

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания при текущем контроле (контрольные недели) и оценка выполнения лабораторных работ приведено в таблице 5.

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

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

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по «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-2. . Способен разрабатывать структурные, функциональные, принципиальные схемы радиоэлектронных устройств, осуществлять техническое обслуживание радиоэлектронной аппаратуры	ИПКС-2.1..Оценивает принципы проектирования радиоэлектронных устройств, осуществляет настройку радиоэлектронной аппаратуры.	Не знает современные тенденции и перспективы развития оптоэлектронных и квантовых приборов СВЧ	Знает современные тенденции и перспективы развития оптоэлектронных и квантовых приборов СВЧ. Слабо знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний.	Знает современные тенденции и перспективы развития оптоэлектронных и квантовых приборов СВЧ. Хорошо знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний.	Знает современные тенденции и перспективы развития оптоэлектронных и квантовых приборов СВЧ. Отлично знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний.
	ИПКС-2.2. Проводит расчеты характеристик радиоэлектронных устройств, оценивает техническое состояние радиоэлектронной аппаратуры.	Не умеет осуществлять расчеты характеристик оптоэлектронных и квантовых приборов СВЧ, в том числе с привлечением автоматизированных систем проектирования.	Умеет осуществлять расчеты характеристик оптоэлектронных и квантовых приборов СВЧ, в том числе с привлечением автоматизированных систем проектирования Слабо знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний.	Умеет осуществлять расчеты характеристик устройств оптоэлектронных и квантовых приборов СВЧ, в том числе с привлечением автоматизированных систем проектирования. Хорошо знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний.	Умеет осуществлять расчеты характеристик оптоэлектронных и квантовых приборов СВЧ, в том числе с привлечением автоматизированных систем проектирования. Отлично знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний.

	ИПКС-2.3 Разрабатывает принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ, работает с эксплуатационной документацией по техническому обслуживанию радиоэлектронной аппаратуры.	Не умеет разрабатывать принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ Не знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний	Умеет разрабатывать принципиальные схемы радиоэлектронных устройств СВЧ и квантовых приборов с применением современных САПР и пакетов прикладных программ Слабо знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний	Умеет разрабатывать принципиальные схемы радиоэлектронных устройств СВЧ и квантовых приборов с применением современных САПР и пакетов прикладных программ Хорошо знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний.	Умеет разрабатывать принципиальные схемы радиоэлектронных устройств СВЧ и квантовых приборов с применением современных САПР и пакетов прикладных программ Отлично знаком с современным состоянием исследований в указанных областях знаний.
--	--	--	---	---	--

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).

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
6.1.1.	В.И. Дудкин, Л.Н. Пахомов	Квантовая электроника. Приборы и их применение	М.: Техносфера 2009	Учебник для вузов	15
6.1.2.	М.В. Агапов и др. под ред. И.В. Лебедева	Генераторы и усилители СВЧ	М.: Радиотехника, 2005	Учебник для вузов	30
6.1.3.	В.А. Мальшев	Основы квантовой электроники и лазерной техники	М.: Высшая школа, 2005	Учебное пособие	74
6.1.4.	Э.А. Ермилов, Е.П. Тимофеев	Электронные приборы СВЧ и квантовые приборы	Н. Новгород, Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева 2007.	Комплекс учебно-методических материалов	165

6.2. Справочно-библиографическая литература

№ п/п	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
6.2.1.	В.М. Березин и др.	Электронные приборы СВЧ	М.: Высшая школа, 1985	Учебник для вузов	75
6.2.2.	Д.Н. Федоров, Л.М. Андрушко	Электронные и квантовые приборы СВЧ	М.: Атомиздат, 1981	Учебник для вузов	5
6.2.3.	В.А. Бажилов и др / под ред. Г.И. Шишкова	Устройства СВЧ и КВЧ в радиоизмерительной технике	Н.Новгород: НГТУ, 2015	Учебное пособие	15
6.2.4.	Л.М. Андрушко, В.М. Бурмистенко	Электронные и квантовые приборы СВЧ	М.: Связь, 1981	Учебник для вузов	5

6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных занятий по дисциплине «Оптоэлектронные и квантовые приборы СВЧ» находятся на кафедре «ФТОС».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Оптоэлектронные и квантовые приборы СВЧ».

6.3.2. Методические указания к проведению лабораторных работ по курсу «Оптоэлектронные и квантовые приборы СВЧ». Общие требования и правила оформления отчета

6.3.3. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Оптоэлектронные и квантовые приборы СВЧ».

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

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

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

7. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.

7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/

В таблице 10 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

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

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов 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

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

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

Лабораторные работы проводятся в 1 корпусе в оснащённой необходимым оборудованием лаборатории: аудитория 1220. Лаборатория «Электронные СВЧ и квантовые приборы» - 5 лабораторных работ:

- 1) комплект устройств для изучения параметров и характеристик отражательного клистрона;
- 2) комплект устройств для изучения параметров и характеристик усилителя на лампе бегущей волны;
- 3) комплект устройств для изучения параметров и характеристик магнетронного генератора;
- 4) комплект устройств для изучения принципа действия и характеристик гелий – неоновых лазеров;
- 5) комплект устройств для изучения конструкций, принципа действия и характеристик амплитудного модулятора на эффекте Поккельса.

Лаборатория «Электронные СВЧ и квантовые приборы» (ауд.1220) имеет пять комбинированных лабораторных установок, включающих в себя:

- 1) макеты лабораторных работ;
- 2) генераторы: ГЧ -37А, Г4-83, Г3-53;
- 3) частотомеры: ЧЗ-46, ЧЗ-54;
- 4) источники питания Б5-32;
- 5) измеритель мощности МЗ-10А;
- 6) осциллографы: С1-57, С1-69, С1-114;
- 7) усилитель СВЧ УКЗ-20;
- 8) импульсный вольтметр В4-18;
- 9) вольтметр В7-40;
- 10) лазер газовый ЛГ – 70.

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 «Оптоэлектронные и квантовые приборы СВЧ», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

На лекциях, практических и лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на лабораторных занятиях, практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, Skype, Zoom. 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 бально - рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с оценкой 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.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

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

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

- качество выполнения экспериментально-практической части работы и степень соответствия результатов работы заданным требованиям;
- качество оформления отчета по работе;
- качество устных ответов на контрольные вопросы при защите работы.

10.4. Методические указания по 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.

10.5. Методические указания для выполнения контрольных работ

Контрольные работы является средством проверки умений применять полученные студентами знания для решения задач определенного типа по соответствующему разделу по дисциплине. Контрольные работы являются частью самостоятельной работы студентов.

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

- теоретический опрос и защита отчетов по лабораторным работам;
- контрольная работа.

11.1. Типовые вопросы для лабораторных работ

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

11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме зачета

11.2.1. Вопросы к зачету, проводимому по окончании восьмого семестра

1. Достоинства и недостатки ЭП СВЧ по сравнению с лампами и транзисторами СВЧ.
2. Для чего в ЭП СВЧ используется модуляция электронного пучка по скорости и какими способами, в каких устройствах?
3. Принцип устройства и работы усилительного пролетного клистрона (ПК).
4. Назначение промежуточных резонаторов в многорезонаторном ПК. Каковы его преимущества
5. Устройство и принцип работы отражательного клистрона (ОК).
6. Почему в ОК существуют зоны генерации при разных напряжениях отражателя?
7. Почему в любой зоне генерации ОК частота генерации будет возрастать при увеличении по модулю напряжения на отражателе? Почему в любой зоне генерации ОК при небольшом увеличении ускоряющего напряжения U_0 частота генерации уменьшается?
8. Устройство и принцип работы ЛБВ-О.
9. За счет изменения какой энергии электронов происходит увеличение амплитуды входного колебания? При каком условии в ЛБВ-О будет происходить усиление?
10. Устройство ЛБВ-О. Виды замедляющих систем.
11. Принцип устройства и работы магнетрона. За счет изменения какой энергии электронов происходит генерация?
12. Критический режим работы магнетрона. Парабола критического режима.
13. Чем магнетронный усилитель в виде амплитрона отличается от магнетрона?
14. Принцип построения генератора на ЛПД типа диода Рида. Электрическая схема включения.
15. Усилительный режим ЛПД, схема включения.
16. Сущность эффекта Ганна. Объяснить возникновение падающего участка на ВАХ ДГ.
17. Возможности усиления на ДГ, типы усилителей.
18. Принцип работы и устройство полупроводниковых акустоэлектронных усилителей на ПАВ. Достигнутые параметры.
19. По каким параметрам и какие можно составить классификации типов ОКГ?
20. Способы описания электромагнитного излучения. Квантово-волновой дуализм.
21. Квантовые переходы при взаимодействии с фотонами. Коэффициенты Эйнштейна.
22. Инверсия населенностей. Условия усиления в среде. Закон Бугера-Ломберта.
23. Принцип работы оптических квантовых усилителей и генераторов. Структурные схемы.
24. Особенности газовых ОКГ, роль вспомогательного газа для создания состояния инверсной населенности.
25. Особенности He-Ne ОКГ; селекция линии излучения на длине волны 0,63 мкм с помощью многослойных зеркал.
26. Варианты реализации газовых ОКГ на CO₂: с продольным и поперечным газовым разрядом и прокачкой рабочей смеси; герметичный вариант газоразрядной трубки.
27. Твердотельные ОКГ, особенности конструкции и оптической накачки.
28. Рубиновый и ниодимовые ОКГ, особенности, достигнутые параметры.
29. Импульсный режим работы лазера. Режим модулированной добротности. Гиганские импульсы.
30. Жидкостные ОКГ на органических красителях, особенности энергетической диаграммы.
31. Полупроводниковые ОКГ: способы получения инверсной населенности в гомо- и гетеро-«р»-«п»-переходах, объяснить с использованием понятия уровней Ферми.
32. Модуляция и детектирование оптического излучения
33. Охарактеризовать «внутренние» и «внешние» методы модуляции излучения ОКГ.
34. Механические и электрооптические затворы (ячейки Керра и Поккельса).
35. Различные эффекты воздействия на параметры излучения ОКГ: эффекты Керра, Поккельса, Фарадея, Коттона-Мутон

36. Применение эффектов Керра и Поккельса для построения АМ-модулятора излучения ОКГ.
37. Детектирование световых излучений с выделением модулирующего сигнала диапазона СВЧ (фотоклистрон, фото-ЛБВ).
38. Применение излучений ОКГ.

11.3. Типовые задания для текущего контроля

11.3.1 Типовые задания для контрольных работ

Контрольная работа №1

В отражательном клистроне расстояние между центром зазора резонатора равно D , анодное напряжение U_a , рабочая частота f , напряжение на отражателе $U_{отр}$, расстояние между сетками зазора d . Для работы используется зона n . Все данные сведены в таблицу 1.

1. Определению подлежат величины, против которых стоит знак вопроса «?».
2. Рассчитайте расстояние до плоскости между сеткой и отражателем, где электроны имеют скорость, равную нулю (т.е. где они поворачивают в обратном направлении).
3. Найти угол пролета электронов в зазоре (для электронов, идущих от катода через сетку на отражатель).

Таблица 1.

№ варианта	f , Гц	U	D , мм	$U_{отр}$, В	n , мм	d , мм
1		10^{10}		300	3	?
2		?		300	3	-1740
3		$5 \cdot 10^9$		300	?	-630
4		10^{10}		300	3	-310
5		$5 \cdot 10^9$		300	6	?
6		?		300	5	-970
7		10^{10}		300	?	-435
8		$6 \cdot 10^9$		300	5	?
9		?		300	6	-4360
10.		$5 \cdot 10^9$		300	6	-210

Контрольная работа №2

В ЛБВ-О действует оптимальное ускоряющее напряжение U_0 опт. Определить требуемый средний коэффициент замедления $\mu_{зам} = c/v_\Phi$ в ЗС и теоретический коэффициент усиления $K_{ус}$ для различных значений размеров ЗС в длинах замедленных волн N , значений параметра усиления C и затухания D вставки. Данные сведены в таблицу 2. Определению подлежат величины со знаком «?».

Таблица 2

№ варианта	$U_{отр}, В$	$\Pi_{зам.}$	N	C	D	K_{yc}	
1	1000			?	20	0,040	10 ?
2	1500			?	25	0,040	15 ?
3	2000			?	30	0,040	15 ?
4	2500			?	30	0,040	15 ?
5	3000			?	30	0,040	20 ?
6	3000			?	40	0,040	20 ?
7	3500			?	40	0,050	20 ?
8	4000			?	40	0,050	20 ?
9	4000			?	30	0,040	15 ?
10	4500			?	30	0,050	20 ?

Контрольная работа №3

В плоском магнетроне со сплошным анодом анодное напряжение равно U_a , напряженность магнитного поля H . Направление магнитного поля – перпендикулярно вектору напряженности электрического поля. Расстояние между анодом и катодом d . Электроны влетают с нулевой скоростью и движутся по циклоиде, которую описывает катящийся круг радиуса R , центр которого перемещается со скоростью $v_{ц.}$. Циклотронная круговая частота $\omega_{ц.}$ полное время пролета электрона от катода до вершины циклоидальной орбиты и снова на катод τ . Данные сведены в табл.3. определению подлежат величины, для которых стоит знак вопроса «?».

Таблица 3

№ варианта	$U_a, В$	$B=\mu \cdot H, Вб/м$	$d, мм$	$R, мм$	$v_{ц.}, м/с$	$\omega_{ц.}, рад/с$	$\tau, с$
1	1000	0,3	3	?	?	?	?
2	?	0,2	1,5	$4,7 \cdot 10^{-2}$	?	?	?
3	?	?	3	?	$0,83 \cdot 10^6$	?	$0,9 \cdot 10^{-10}$
4	500	?	1,5	?	?	$10,6 \cdot 10^{10}$	?
5	1000	0,3	?	$6,3 \cdot 10^{-2}$	?	?	?
6	2000	?	?	?	$5 \cdot 10^6$	$3,5 \cdot 10^{10}$	?
7	?	?	2	$3,6 \cdot 10^{-2}$	?	$7,1 \cdot 10^{10}$	?
8	1000	?	?	?	$1,7 \cdot 10^6$	?	$0,6 \cdot 10^{-10}$
9	1500	0,4	3	?	?	?	?

1. При заданном в таблице (или полученном при решении) B рассчитать критическое значение анодного напряжения $U_{акр.}$ при котором прекращается анодный ток.
2. При заданных в таблице (и полученных) остальных параметрах найти критическое значение $B_{кр.}$ при котором прекращается анодный ток.

3. Во сколько раз изменится $U_{\text{акр}}$, если, сохраняя все остальные параметры увеличить d в 3 раза (приведите формулу и её численное решение)?

11.3.2 Типовые задания для блиц - опроса

Задание 1.

Где и почему находят применение ЭП СВЧ, а где – КП?

Задание 2.

Для чего в ЭП СВЧ используется модуляция электронного пучка по скорости и какими способами, в каких устройствах?

Задание 3.

Чем и как можно отрегулировать оптимальный коэффициент усиления и требуемую выходную мощность в ЛБВ-О?

Задание 4.

Почему в рабочих характеристиках магнетрона генерируемая мощность, электронный КПД и частота нелинейно зависят от тока?

Задание 5.

Согласно закона Бугера-Ломберта, изобразить изменение интенсивности волны при прохождении через среду в случаях: 1. Поглощения; 2. Усиления; 3. Просветления.

Задание 6.

Изобразить и пояснить энергетическую диаграмму гелия и неона (газовый лазер).

Задание 7. Пояснить механизм (изобразить графически) получения «Гиганских импульсов» с использованием электрооптического затвора.

Полный фонд оценочных средств находится на кафедре «ФТОС».

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института

« ____ » _____ 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 _____ « ____ » _____ 2021 г.

Методический отдел УМУ: _____ « ____ » _____ 2021 г.