

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

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

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

_____ Легчанов М.А.

“18” мая 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ОД.2 Микроэлектронные устройства СВЧ

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: 2024

Выпускающая кафедра: ФТОС

Кафедра-разработчик: ФТОС

Объем дисциплины: 108 часов / 3 зач. ед.

Промежуточная аттестация: экзамен

Разработчик (и): Раевская Ю.В., к.т.н., доцент

Нижний Новгород
2024 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по специальности 11.04.04 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 22 сентября 2017 г. № 958 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ, протокол от 21.05.2024 г. № 16.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры «ФТОС» протокол от 15 мая 2024 г. № 26.

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

Программа рекомендована к утверждению советом ИЯЭиТФ, протокол от 18 мая 2024 г. № 2.

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ, регистрационный № 11.04.02-а-11.

Начальник МО _____

Заведующая отделом комплектования НТБ

(подпись) Н.И. Кабанина

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
1.1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
1.2. ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
4.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ.....	7
4.2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ....	8
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	14
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	17
6.1. УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА, ПЕЧАТНЫЕ ИЗДАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА.....	17
6.2. СПРАВОЧНО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	18
6.3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ.....	18
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	18
7.1. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	18
7.2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ.....	19
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ.....	19
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	20
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	20
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.....	22
10.4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ.....	22
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	23
11.1. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	23
11.2. ТИПОВЫЕ ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ.....	23
11.3. ТИПОВЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.....	26
12. ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ.....	29

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целью освоения дисциплины являются формирование необходимых компетенций для сбора и анализа исходных данных, расчета различных пассивных и активных микроэлектронных устройств СВЧ с учетом современных тенденций их микроминиатюризации, математического моделирования в современных САПР, а так же овладение навыками проведения измерений параметров микроэлектронных устройств СВЧ.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля):

- изучение теоретических основ схемотехники в СВЧ диапазоне;
- ознакомление с современными тенденциями в сфере миниатюризации СВЧ-устройств;
- овладение навыками расчета различных СВЧ-устройств и работы с измерительной аппаратурой в СВЧ-диапазоне.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Микроэлектронные устройства СВЧ» включена в перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Курс «Микроэлектронные устройства СВЧ» базируется на курсах «Схемотехника телекоммуникационных устройств», «Электромагнитные поля и волны», «Электроника», «Передающие устройства СВЧ-диапазона», «Приемные устройства СВЧ-диапазона» в объеме бакалавриата. Для изучения курса «Микроэлектронные устройства СВЧ» студент должен обладать знаниями в области схемотехники низких частот и знаниями физических законов электричества и магнетизма, знать об особенностях распространения электромагнитных волн в различных средах, а также о принципах работы, параметрах и характеристиках пассивных и активных радиокомпонентов.

Дисциплина «Микроэлектронные устройства СВЧ» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Техника и приборы терагерцового диапазона частот», «Проблемы современной микроволновой электродинамики»

Навыки, полученные при изучении данной дисциплины, необходимы при выполнении расчетной части выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Микроэлектронные устройства СВЧ» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование элементов следующих собственных профессиональных компетенций в соответствии с ОПОП ВО по направлению 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи:

ПКС-2 Способен к проведению аналитических и экспериментальных работ для диагностики и оценки состояния радиоэлектронных и инфокоммуникационных систем с использованием необходимых методов, средств и измерительных приборов;

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 указанной компетенции размещено в таблице 1.

Таблица 1 – Формирование компетенции дисциплинами

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины			
	1	2	3	4
ПКС-2				
Микроэлектронные устройства СВЧ				
Автоматизированные измерения на СВЧ				
Математические методы прикладной электродинамики				
Современные антенные устройства				
ПКС-5				
Микроэлектронные устройства СВЧ				
Проблемы современной беспроводной связи. Часть 1				
Специальные разделы цифровой обработки сигналов				
Основы сетевых информационных технологий				
Прикладная СВЧ оптоэлектроника				
ПКС-6				
Микроэлектронные устройства СВЧ				
Прикладная СВЧ оптоэлектроника				
Современные антенные устройства				
Математические методы прикладной электродинамики				
Техника и приборы терагерцового диапазона частот				

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 материалы (ОМ)	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ПКС-2. Способен к проведению аналитических и экспериментальных работ для диагностики и оценки состояния радиоэлектронных и инфокоммуникационных систем с использованием необходимых методов, средств и измерительных приборов	<i>Освоение дисциплины причастно к ТФ G/02.7 (ПС 06.048 «Инженер-радиоэлектронщик в области радиотехники и телекоммуникаций»), решает задачу разработки методики и организации проведения экспериментов и испытаний, анализа их результатов</i>					
	ИПКС-2.1. Проводит аналитические и экспериментальные работы для диагностики и оценки состояния радиоэлектронных и инфокоммуникационных систем.		Уметь: - пользоваться современной радиоизмерительной аппаратурой.	Владеть: - навыками проведения измерений с использованием современной радиоизмерительной аппаратуры	Вопросы для устного собеседования по лабораторным работам. Отчеты по лабораторным работам	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПКС-2.2. Применяет в работе знания о методах и средствах проведения измерений, назначений и принципов действия измерительных приборов.	Знать: - основные методы и средства измерения параметров СВЧ устройств.			Вопросы для устного собеседования по лабораторным работам. Отчеты по лабораторным работам	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПКС-2.3. Осуществляет обработку данных по результатам измерений.			Владеть: - навыками составления протоколов и отчетов по результатам измерений.	Вопросы для устного собеседования по лабораторным работам. Отчеты по лабораторным работам	Вопросы для устного собеседования: билеты

	ИПКС-2.4. Использует правила техники безопасности при проведении измерений.	Знать: - правила техники безопасности при проведении измерений на СВЧ.			Вопросы для устного собеседования по лабораторным работам. Отчеты по лабораторным работам	Вопросы для устного собеседования: билеты
ПКС-5. Способен к разработке методов формирования и обработки сигналов и определению области эффективного их использования в инфокоммуникационных сетях, системах и устройствах	<i>Освоение дисциплины причастно к ТФ G/02.7 (ПС 06.048 «Инженер-радиоэлектронщик в области радиотехники и телекоммуникаций»), решает задачу разработки физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, создания компьютерных программ с использованием как стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, так и разрабатываемых самостоятельно</i>					
	ИПКС-5.1. Участвует в разработке методов формирования и обработки сигналов.	Знать: - принципы построения активных и пассивных устройств СВЧ диапазона; - принципы построения СВЧ-устройств с применением элементов функциональной электроники.			Вопросы для устного собеседования по лабораторным работам. Тесты.	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПКС-5.2. Определяет области эффективного использования в инфокоммуникационных сетях, системах и устройствах современных методов формирования и обработки сигналов.		Уметь: - проводить электрический расчет микродвухэлектронных устройств СВЧ и КВЧ.	Владеть: - навыками проведения расчетов основных характеристик микродвухэлектронных устройств СВЧ.	Расчетно-графическая работа	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПКС-5.3. Использует устройства формирования и обработки сигналов при решении практических задач и в своей научно-исследовательской деятельности.		Уметь: - строить различные пассивные устройства на основе линий передачи, применяемых в микросхемотехнике СВЧ- и КВЧ-диапазонов.	Владеть: - навыками построения различных микродвухэлектронных устройств СВЧ.	Вопросы для устного собеседования по лабораторным работам. Расчетно-графическая работа	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	<i>Освоение дисциплины причастно к ТФ G/02.7 (ПС 06.048 «Инженер-радиоэлектроник в области радиотехники и телекоммуникаций»), решает задачу разработки рабочих планов и программ проведения научных исследований и технических разработок, выбора методик и средств решения задачи, подготовки отдельных заданий для исполнителей; сбора, обработки, анализа и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбора методик и средств решения задачи; разработки физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, создания компьютерных программ с использованием как стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, так и разрабатываемых самостоятельно.</i>					
	ИПКС-6.1. Осваивает современные и перспективные направления систем связи СВЧ, квазиоптического и оптического диапазонов длин волн.	Знать: - основные направления и современные тенденции микроминиатюризации СВЧ устройств, а также методы измерения их параметров; - основные типы линий передачи, применяемых в микросхемотехнике СВЧ- и КВЧ-диапазонов, их характеристики.			Вопросы для устного собеседования по лабораторным работам. Тесты.	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПКС-6.2. Анализирует варианты проектирования пассивных и активных устройств СВЧ, оптического и квазиоптического диапазонов длин волн.		Уметь: - Собирать и анализировать исходные данные для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем.		Вопросы для устного собеседования по лабораторным работам. Расчетно-графическая работа	Вопросы для устного собеседования: билеты
	ИПКС-6.3. Использует современные инфокоммуникационные технологии и методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских			Владеть: - основными методами расчета и пакетами прикладных программ расчета СВЧ- и КВЧ-устройств.	Вопросы для устного собеседования по лабораторным работам.	Вопросы для устного собеседования: билеты

	работах в области систем связи СВЧ, оптического и квазиоптического диапазона длин волн.					
--	---	--	--	--	--	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач. ед. 108 часов, распределение часов по видам работ и семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость в часах	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		1 сем
Формат изучения дисциплины	очная	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	108	108
1. Контактная работа:	40	40
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	34	34
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)		
лабораторные работы (ЛР)	17	17
1.2. Внеаудиторная, в том числе:	6	6
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине		
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	6	6
2. Самостоятельная работа (СРС), в том числе:	32	32
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	32	32
Подготовка к зачету (контроль)	36	36

4.2.Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код 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			Самостоятельна я работа студентов			
		Лекции	Лаборатор ные работы	Практичес кие занятия				
1 семестр								
ПКС-5 ИПКС-5.1 ИПКС-5.2 ИПКС-5.3 ПКС-6 ИПКС-6.1 ИПКС-6.2 ИПКС-6.3	Раздел 1. Применение ПЛ в микросхемотехнике СВЧ и КВЧ диапазонов						Электронный курс «Микроэлектронные устройства СВЧ» (49 часов)	
	Тема 1.1. Основные закономерности и направления микроминиатюризации СВЧ устройств	1			0,5	Подготовка к лекциям [6.1.1, 6.2.2]		Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифро- вых проекторов и т.п.
	Тема 1.2. МПЛ и ее основные характеристики.	1,5			1,5	Подготовка к лекциям [6.1.1, 6.2.2]		Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифро- вых проекторов и т.п.
	Тема 1.3. Виды ПЛ	1,5			2	Подготовка к лекциям [6.1.1, 6.2.2]		Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг,

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код 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			Самостоятельна я работа студентов			
		Лекции	Лаборатор ные работы	Практичес кие занятия				
							компьютеров, цифро- вых проекторов и т.п.	
	Самостоятельная работа по освоению 1 раздела				4			
	Итого по 1 разделу	4			4			
ПКС-5 ИПКС-5.1 ИПКС-5.2 ИПКС-5.3 ПКС-6 ИПКС-6.1 ИПКС-6.2 ИПКС-6.3	Раздел 2. Цепи согласования и пассивные устройства на отрезках ПЛ							Электронный курс «Микроэлектронные устройства СВЧ» (49 часов)
	Тема 2.1. Общие закономерности трансформации сопротивлений ПЛ	1			1	Подготовка к лекциям [6.1.1, 6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифро- вых проекторов и т.п.	
	Тема 2.2. Цепи согласования на коротких отрезках МПЛ. Резисторы на МПЛ	1,5			2	Подготовка к лекциям [6.1.1, 6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифро- вых проекторов и т.п.	
	Тема 2.3. Построение различных устройств на	1,5			3	Подготовка к лекциям [6.1.1,	Презентации с использованием	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код 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			Самостоятельна я работа студентов			
		Лекции	Лаборатор ные работы	Практичес кие занятия				
	связанных МПЛ					6.2.1, 6.2.2]	различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифро- вых проекторов и т.п.	
	Самостоятельная работа по освоению 2 раздела				6			
	Итого по 2 разделу	4			6			
ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3 ИПКС-2.4 ПКС-5 ИПКС-5.1 ИПКС-5.2 ИПКС-5.3 ПКС-6 ИПКС-6.1 ИПКС-6.2 ИПКС-6.3	Раздел 3. Твердотельные резонаторы СВЧ диапазона							Электронный курс «Микроэлектронные устройства СВЧ» (49 часов)
	Тема 3.1. Ферромагнитный резонанс в неограниченной среде, его основные характеристики. Устройства на ФР				2	Самостоятельное изучение темы [6.1.1, 6.1.2]	Круглый стол, работа в малых группах.	
	Тема 3.2. Устройства на магнитостатических волнах				2	Самостоятельное изучение темы [6.1.1, 6.1.2]	Круглый стол, работа в малых группах.	
	Тема 3.3. Диэлектри- ческие резонаторы (ДР) СВЧ. Принцип работы и основы расчета				1	Самостоятельное изучение темы [6.1.1, 6.1.2]	Круглый стол, работа в малых группах.	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код 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			Самостоятельна я работа студентов			
		Лекции	Лаборатор ные работы	Практичес кие занятия				
	Самостоятельная работа по освоению 3 раздела				5			
Итого по 3 разделу				5				
ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3 ИПКС-2.4 ПКС-5 ИПКС-5.1 ИПКС-5.2 ИПКС-5.3 ПКС-6 ИПКС-6.1 ИПКС-6.2 ИПКС-6.3	Раздел 4. Устройства на поверхностных акустических волнах (ПАВ)						Электронный курс «Микроэлектронные устройства СВЧ» (49 часов)	
	Тема 4.1. Принципы действия радиокомпонентов на ПАВ. Элементы конструкции				2	Самостоятельное изучение темы [6.1.1, 6.1.2, 6.2.2]		Круглый стол (обсуждение полученных результатов, их соответствие изучаемым законам, оценка точности эксперимента), работа в малых группах.
	Тема 4.2. Устройства на ПАВ				2	Самостоятельное изучение темы [6.1.1, 6.1.2, 6.2.2]		
	Лабораторная работа №2 Исследование устройств на ПАВ		6		2	Подготовка к лабораторным работам [6.1.2, 6.2.3]		
	Самостоятельная работа по освоению 4 раздела				6			
	Итого по 4 разделу		6		6			
	Раздел 5. Транзисторные усилители СВЧ							

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код 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			Самостоятельна я работа студентов			
		Лекции	Лаборатор ные работы	Практичес кие занятия				
ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3 ИПКС-2.4 ПКС-5 ИПКС-5.1 ИПКС-5.2 ИПКС-5.3 ПКС-6 ИПКС-6.1 ИПКС-6.2 ИПКС-6.3	Тема 5.1. Принципы построения схем СВЧ транзисторных усилителей. Расчет СВЧ транзисторного усилителя	2,5			2	Подготовка к лекционным занятиям [6.1.1, 6.1.2, 6.2.1]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	«Микроэлектронные устройства СВЧ» (49 часов)
	Тема 5.2. Широкодиапазонные СВЧ транзисторные усилители	2			2	Подготовка к лекциям [6.1.1, 6.1.2, 6.2.1]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифровых проекторов и т.п.	
	Лабораторная работа №1 Исследование СВЧ транзисторных усилителей		6		2	Подготовка к лабораторным работам [6.1.2, 6.2.3]	Круглый стол (обсуждение полученных результатов, их соответствие изучаемым законам, оценка точности эксперимента), работа в малых группах.	
	Самостоятельная				6			

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код 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			Самостоятельна я работа студентов			
		Лекции	Лаборатор ные работы	Практичес кие занятия				
	работа по освоению 5 раздела							
	Итого по 5 разделу	4,5	6		6			
ПКС-2 ИПКС-2.1 ИПКС-2.2 ИПКС-2.3 ИПКС-2.4 ПКС-5 ИПКС-5.1 ИПКС-5.2 ИПКС-5.3 ПКС-6 ИПКС-6.1 ИПКС-6.2 ИПКС-6.3ИПКС-1.2	Раздел 6. Автогенераторы СВЧ диапазона							Электронный курс «Микроэлектронные устройства СВЧ» (49 часов)
	Тема 6.1. Транзисторные и диодные автогенераторы СВЧ. Схемы, принципы построения, основы расчета	2,5			2	Подготовка к лекциям [6.1.1, 6.1.2, 6.2.4, 6.2.2]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифро- вых проекторов и т.п.	
	Тема 6.2. Стабилизация частоты СВЧ автогенераторов	2			1	Подготовка к лекциям [6.1.1, 6.1.2, 6.2.4, 6.2.1]	Презентации с использованием различных вспомогательных средств: доски, книг, компьютеров, цифро- вых проекторов и т.п.	
	Лабораторная работа № 3 Исследование СВЧ автогенератора с магнитной перестройкой частоты		5		2		Круглый стол (обсуждение полученных результатов, их соответствие изучаемым законам, оценка точности	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код 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			Самостоятельна я работа студентов			
		Лекции	Лаборатор ные работы	Практичес кие занятия				
							эксперимента), работа в малых группах.	
	Самостоятельная работа по освоению 6 раздела				5			
Итого по 6 разделу	4,5	5		5				
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	17	17		32				
ИТОГО по дисциплине	17	17		32				

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

Для осуществления текущего контроля знаний обучающихся сформулированы теоретические вопросы по темам лабораторных работ и лекционных занятий, создан электронный курс на платформе moodle, содержащий тесты по каждому разделу дисциплины, сформулированы задания для расчетно-графической работы.

Также сформирован перечень вопросов, выносимых на экзамен в конце 1 семестра. 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 и оценка выполнения лабораторных работ приведены в таблице 5.

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

Шкала оценивания (% правильных ответов)	Промежуточный зачет с оценкой	Зачет
От 90 до 100	Отлично	зачет
От 75 до 89	Хорошо	
От 60 до 74	Удовлетворительно	
Менее 60	Неудовлетворительно	незачет

При промежуточном контроле успеваемость студентов оценивается по четырехбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не 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 к проведению аналитических и экспериментальных работ для диагностики и оценки состояния радиоэлектронных и инфокоммуникационных систем с использованием необходимых методов, средств и измерительных приборов	ИПКС-2.1. Проводит аналитические и экспериментальные работы для диагностики и оценки состояния радиоэлектронных и инфокоммуникационных систем.	Не умеет пользоваться современной радиоизмерительной аппаратурой. Не владеет навыками проведения измерений с использованием современной радиоизмерительной аппаратуры.	Испытывает серьезные затруднения при использовании современной радиоизмерительной аппаратуры. Слабо владеет навыками проведения измерений с использованием современной радиоизмерительной аппаратуры.	Иногда испытывает небольшие затруднения при использовании современной радиоизмерительной аппаратуры. Владеет навыками проведения измерений с использованием современной радиоизмерительной аппаратуры, иногда испытывает небольшие затруднения.	Умеет пользоваться современной радиоизмерительной аппаратурой. Владеет навыками проведения измерений с использованием современной радиоизмерительной аппаратуры.
	ИПКС-2.2. Применяет в работе знания о методах и средствах проведения измерений, назначений и принципов действия измерительных приборов.	Не знает основные методы и средства измерения параметров СВЧ устройств.	Может перечислить основные методы и средства измерения параметров СВЧ устройств, но слабо знает суть методов и особенности средств измерения.	Знает основные методы и средства измерения параметров СВЧ устройств, допускает небольшие неточности.	Знает основные методы и средства измерения параметров СВЧ устройств.
	ИПКС-2.3. Осуществляет обработку данных по результатам измерений.	Не владеет навыками составления протоколов и отчетов по результатам измерений.	Слабо владеет навыками составления протоколов и отчетов по результатам измерений.	Владеет навыками составления протоколов и отчетов по результатам измерений, иногда испытывает небольшие затруднения.	Владеет навыками составления протоколов и отчетов по результатам измерений.
	ИПКС-2.4. Использует правила техники безопасности при	Не знает правила техники безопасности при проведении измерений на СВЧ.	Может сформулировать правила техники безопасности при	Может сформулировать правила техники безопасности при	Знает правила техники безопасности при проведении измерений на

	проведении измерений.		проведении измерений на СВЧ, допуская ошибки.	проведении измерений на СВЧ, допуская небольшие неточности.	СВЧ.
ПКС-5. Способен к разработке методов формирования и обработки сигналов и определению области эффективного их использования в инфокоммуникационных сетях, системах и устройствах	ИПКС-5.1. Участвует в разработке методов формирования и обработки сигналов.	Не знает принципы построения активных и пассивных устройств СВЧ диапазона; принципы построения СВЧ-устройств с применением элементов функциональной электроники.	Может сформулировать принципы построения активных и пассивных устройств СВЧ диапазона; принципы построения СВЧ-устройств с применением элементов функциональной электроники, допуская ошибки.	Может сформулировать принципы построения активных и пассивных устройств СВЧ диапазона; принципы построения СВЧ-устройств с применением элементов функциональной электроники, допуская небольшие неточности.	Знает принципы построения активных и пассивных устройств СВЧ диапазона; принципы построения СВЧ-устройств с применением элементов функциональной электроники.
	ИПКС-5.2. Определяет области эффективного использования в инфокоммуникационных сетях, системах и устройствах современных методов формирования и обработки сигналов.	Не умеет проводить электрический расчет микроэлектронных устройств СВЧ и КВЧ. Не владеет навыками проведения расчетов основных характеристик микроэлектронных устройств СВЧ.	Может провести электрический расчет микроэлектронных устройств СВЧ и КВЧ, допуская ошибки. Слабо владеет навыками проведения расчетов основных характеристик микроэлектронных устройств СВЧ.	Может провести электрический расчет микроэлектронных устройств СВЧ и КВЧ, допуская небольшие неточности. Владеет навыками проведения расчетов основных характеристик микроэлектронных устройств СВЧ, иногда испытывает небольшие затруднения.	Умеет проводить электрический расчет микроэлектронных устройств СВЧ и КВЧ. Владеет навыками проведения расчетов основных характеристик микроэлектронных устройств СВЧ.
	ИПКС-5.3. Использует устройства формирования и обработки сигналов при решении практических задач и в своей научно-исследовательской деятельности.	Не умеет строить различные пассивные устройства на основе линий передачи, применяемых в микросхемотехнике СВЧ- и КВЧ-диапазонов. Не владеет навыками построения различных микроэлектронных устройств СВЧ.	Испытывает серьезные затруднения при построении различных пассивных устройств на основе линий передачи, применяемых в микросхемотехнике СВЧ- и КВЧ-диапазонов. Слабо владеет навыками построения различных микроэлектронных устройств СВЧ.	Испытывает небольшие затруднения при построении различных пассивных устройств на основе линий передачи, применяемых в микросхемотехнике СВЧ- и КВЧ-диапазонов. Владеет навыками построения различных микроэлектронных устройств СВЧ, иногда испытывает небольшие	Умеет строить различные пассивные устройства на основе линий передачи, применяемых в микросхемотехнике СВЧ- и КВЧ-диапазонов. Владеет навыками построения различных микроэлектронных устройств СВЧ.

				затруднения.	
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 основные направления и современные тенденции микроминиатюризации СВЧ устройств, а также методы измерения их параметров; основные типы линий передачи, применяемых в микросхемотехнике СВЧ- и КВЧ-диапазонов, их характеристики.	Может сформулировать основные направления и современные тенденции микроминиатюризации СВЧ устройств, а также методы измерения их параметров; основные типы линий передачи, применяемых в микросхемотехнике СВЧ- и КВЧ-диапазонов, их характеристики, допуская ошибки.	Может сформулировать основные направления и современные тенденции микроминиатюризации СВЧ устройств, а также методы измерения их параметров; основные типы линий передачи, применяемых в микросхемотехнике СВЧ- и КВЧ-диапазонов, их характеристики, допуская небольшие неточности.	Знает основные направления и современные тенденции микроминиатюризации СВЧ устройств, а также методы измерения их параметров; - основные типы линий передачи, применяемых в микросхемотехнике СВЧ- и КВЧ-диапазонов, их характеристики.
	ИПКС-6.2. Анализирует варианты проектирования пассивных и активных устройств СВЧ, оптического и квазиоптического диапазонов длин волн.	Не умеет собирать и анализировать исходные данные для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем.	Слабо умеет собирать и анализировать исходные данные для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем.	Умеет собирать и анализировать исходные данные для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем, иногда испытывает небольшие затруднения.	Умеет собирать и анализировать исходные данные для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем.
	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 владеет основными методами расчета и пакетами прикладных программ расчета СВЧ- и КВЧ-устройств.	Слабо владеет основными методами расчета и пакетами прикладных программ расчета СВЧ- и КВЧ-устройств.	Владеет основными методами расчета и пакетами прикладных программ расчета СВЧ- и КВЧ-устройств, иногда испытывает небольшие затруднения при их использовании.	Владеет основными методами расчета и пакетами прикладных программ расчета СВЧ- и КВЧ-устройств.

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	Авторы	Заглавие	Издательство, год издания	Назначение, вид издания, гриф	Кол-во экз. в библиотеке
6.1.1.	Белов Ю.Г., Кашин А.В., Раевская Ю.В., Седаков А.Ю.	Микроэлектронные устройства СВЧ	Н. Новгород: НГТУ, 2019	Учебное пособие ISBN 987-5-502-01234-8 рекомендовано уч. советом НГТУ м-ва образования РФ	14
6.1.2.	Бабуныко С.А., Белов Ю.Г., Раевская Ю.В.	Интегральная СВЧ схемотехника	Н. Новгород: НГТУ, 2017	Учебное пособие ISBN 987-5-502-00951-5 рекомендовано уч. советом НГТУ м-ва образования РФ	36

6.2. Справочно-библиографическая литература

№	Автор(ы)	Заглавие	Издательство,	Назначение, вид издания,	Кол-во
---	----------	----------	---------------	--------------------------	--------

п/п			год издания	гриф	экз. в библиотеке
6.2.1.	Нефедов Е.И.	Устройства СВЧ и антенны	М.: Изд. Дом «Академия», 2009 г.	Учебное пособие рекомендовано м-вом образования РФ	30
6.2.2.	Данилов В.С.	Микроэлектроника СВЧ	Новосибирск: НГТУ, 2007 г.	Учебное пособие, рекомендовано УМО вузов РФ.	3
6.2.3.	Данилин А.А.	Измерения в технике СВЧ	М. : Радио-техника, 2008	Учебное пособие	8
6.2.4.	Бабунько С.А., Белов Ю.Г.	Радиопередающие устройства. Ч.2	Н. Новгород: НГТУ, 2014	Учебное пособие рекомендовано уч. советом НГТУ м-ва образования РФ	30

6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Методические указания и рекомендации по проведению конкретных видов учебных занятий по дисциплине «Микроэлектронные устройства СВЧ» находятся на кафедре «ФТОС».

6.3.1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы по дисциплине «Микроэлектронные устройства СВЧ».

6.3.2. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы по дисциплине «Микроэлектронные устройства СВЧ».

6.3.3. Методические рекомендации по организации лабораторных занятий и выполнению лабораторных работ по дисциплине «Микроэлектронные устройства 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. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: Справочная правовая система. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>
3. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://elib.tolgas.ru./](http://elib.tolgas.ru/) - Загл. с экрана.
4. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
5. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/> . - Загл с экрана.

- 6 Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа :<http://polpred.com/>. – Загл. с экрана.
- 7 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.
- 8 Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.
- 9 Финансово-экономические показатели Российской Федерации [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://www.minfin.ru/ru/statistics/> – Загл. с экрана.

7.2. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

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

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

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

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	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 инвалидов по здоровью, 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. 1217 - 11 компьютеров, ауд. 2210 – 11 компьютеров, ауд. 6119 – 9 компьютеров);
- читальный зал открытого доступа (ауд. 6162 – 2 компьютера);
- ауд. 2303, 2202, оборудованные Wi-Fi.

Для проведения лекционных демонстраций имеется демонстрационный кабинет 5307 рядом с лекционной аудиторией 5303, оснащённый приборами, макетами, различными установками.

Лабораторные работы проводятся в 1 корпусе в лаборатории 1219, оснащённой необходимым измерительным оборудованием:

- макеты лабораторных работ;
- панорамный измеритель АЧХ и КСВ P2-59;
- прибор для исследования АЧХ X1-48;
- частотомер ЧЗ-34 (с блоком ПЧ);
- мост термисторный Я2М-64 с головкой М5-89;
- частотомер ЧЗ-46.

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

Для студентов создан электронный курс «Микроэлектронные устройства СВЧ» на платформе moodle. Курс содержит все необходимые материалы для самостоятельной работы студентов – электронный конспект лекций, разбитый по темам курса,

дополнительные материалы для подготовки (в формате файлов для скачивания и в виде ссылок на сторонние ресурсы), методические указания для подготовки и выполнения лабораторных работ, тесты по каждому разделу для проверки текущей успеваемости, задание для выполнения расчетно-графической работы.

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

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе, подробно разбираются на лабораторных занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч со студентами, так и современных информационных технологий: чат, электронная почта, форум электронного курса, Skype, Zoom.

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

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

Промежуточная аттестация проводится в форме устной проверки полученных знаний с учетом текущей успеваемости.

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

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

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

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые

вопросы в рамках каждой темы дисциплины (Таблица 4) . Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на лабораторных работах

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

При оценивании лабораторных работ учитывается следующее:

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

10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение 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 разделе 9). 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

11.1. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний**, включающая:

- тестирование на платформе moodle;
- проверка выполнения расчетно-графической работы;
- теоретический опрос и защита отчетов по лабораторным работам.

11.1.1 Типовые вопросы для лабораторных работ (формат «круглый стол»)

Лабораторная работа «Исследование СВЧ транзисторных усилителей»:

1. Как формулируется задача согласования транзистора по входу и по выходу?
2. Какие параметры транзистора в первую очередь определяют полосу рабочих частот транзисторного усилителя? Как можно увеличить эту полосу?
3. Какие методы используются для определения параметров эквивалентных схем входной и выходной цепей СВЧ транзисторов?
4. Какими соображениями определяется выбор схемы включения транзистора (ОЭ или ОБ) в усилителях СВЧ диапазона?
5. Рассказать о построении конструкции транзисторных усилителей СВЧ на сосредоточенных и на распределенных элементах. Каковы достоинства и недостатки обеих конструкций?
6. Какими преимуществами обладают балансные усилители СВЧ по сравнению с обычными?
7. Какую роль в работе балансных усилителей играют направленные ответвители?
8. В каких случаях выделяется мощность в балластных резисторах?
9. Как строятся направленные ответвители на полосковых линиях?
10. Объяснить назначение элементов схем исследуемых усилителей.

Лабораторная работа «Исследование устройств на поверхностных акустических волнах»:

1. Что такое поверхностная акустическая волна?
2. Какие требования предъявляются к материалам, используемым для изготовления звукопроводов ПАВ-устройств?
3. Из каких соображений выбирается период структуры ВШП?
4. Изобразите эквивалентную схему ВШП и графики частотных зависимостей входящих в нее сопротивлений (проводимостей).
5. Какие требования предъявляются к согласующим цепям, связывающим источник сигнала с ВШП?
6. Какое практическое применение находит возбуждение ВШП на высших гармониках?
7. Какие принципы используются при построении ПАВ-фильтров?
8. Почему для реализации узкой АЧХ фильтра необходимо использовать протяженный частотоподающий ВШП?
9. По каким причинам может возникать «изрезанность» АЧХ ПАВ-фильтра?
10. Чем определяется резонансная частота ПАВ-резонатора?
11. Какие факторы определяют добротность ПАВ-резонатора? Какой порядок имеет величина добротности?
12. Как в автогенераторе с ПАВ-линией задержки обеспечивается одночастотный режим работы?
13. Каким образом в автогенераторе с ПАВ-линией задержки достигается высокая стабильность частоты в условиях изменения температуры, параметров транзистора, питающих напряжений и т.д.?

Лабораторная работа «Исследование СВЧ автогенератора с магнитной перестройкой частоты»:

1. Из каких материалов изготавливают ФР?
2. В чем заключается явление ферромагнитного резонанса (ФМР)? Каковы его феноменологическое описание и квантовомеханическая трактовка?
3. Почему для возникновения ФМР необходимо, чтобы постоянное и переменное магнитные поля, приложенные к ферритовому образцу, были перпендикулярны?
4. Чем определяется частота ФМР?
5. Почему условием ФМР является намагниченность образца?
6. В чем отличие взаимодействия ферритового образца при ФМР с линейно и эллиптически поляризованными СВЧ магнитными полями?
7. Какой тип колебаний ФР называется однородной прецессией?
8. Почему резонансная частота ФР зависит от его формы, но при этом не зависит от его геометрических размеров?
9. Сказывается ли на значении резонансной частоты ФР его ориентация в постоянном магнитном поле?
10. Каков механизм влияния температуры на резонансную частоту ФР? Как можно ослабить это влияние? Возможно ли полностью его исключить?
11. Дайте определение добротности ФР. От чего она зависит?
12. Какими факторами ограничивается диапазон рабочих частот (диапазон перестройки резонансной частоты) ФР сверху и снизу?
13. В чем отличие принципов действия ППФ на скрещенных линиях передачи (прямоугольном волноводе, коаксиальном кабеле) и на прямоугольном волноводе с диафрагмой?
14. В каком месте поперечного сечения прямоугольного волновода следует разместить ФР, чтобы получился ПЗФ с невзаимными свойствами? Взаимный ПЗФ?
15. Какая из конструкций ППФ имеет более широкую полосу рабочих частот: фильтр волноводного типа или фильтр с витковыми элементами связи?

11.1.2. Типовые тестовые вопросы

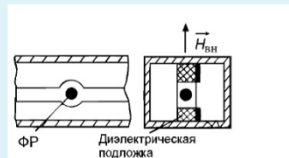
Тест по Разделу 3. Твердотельные резонаторы СВЧ диапазона

Найдите соответствие между рисунками, приведенными ниже, и типами фильтров:

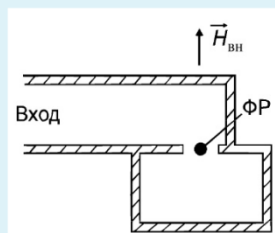


Выберите...

- Выберите...
- полосно-пропускающий фильтр проходного типа
- полосно-заграждающий фильтр на волноводно-щелевой линии
- полосно-пропускающий фильтр с витковыми элементами связи
- полосно-пропускающий фильтр на ортогональных линиях передачи

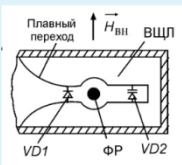


Выберите...



Выберите...

На рисунке ниже приведена конструкция:



Выберите один ответ:

- ☐ полосно-пропускающего фильтра
- ☐ полосно-заграждающего фильтра
- ☐ автогенератора
- ☐ линии задержки

Просмотр вопроса: Прецессия спиновых магнитных моментов в феррите становится незатухающей, когда на феррит воздействует:

Выберите один ответ:

- ☐ переменное магнитное поле с частотой равной частоте прецессии спиновых магнитных моментов
- ☐ постоянное магнитное поле, которое может ввести феррит в состояние насыщения
- ☐ переменное магнитное поле с частотой меньше частоты отсечки
- ☐ переменное магнитное поле с частотой много большей частоты прецессии спиновых магнитных моментов

Просмотр вопроса: Приложенное к ферриту переменное поле \vec{h}_x вызывает появление:

Выберите один ответ:

- ☐ составляющих переменной намагниченности \vec{m}_x и \vec{m}_y
- ☐ составляющей переменной намагниченности \vec{m}_x
- ☐ составляющей переменной намагниченности \vec{m}_y
- ☐ постоянной намагниченности

Резонансная частота ферритового резонатора в виде эллипсоида вращения определяется выражением:

Выберите один ответ:

- ☐ $\omega_0 = \mu_0 \gamma [H_{BH} + (N_x - N_z) M]$
- ☐ $\omega_0 = \mu_0 \gamma [H_{BH} + (N_x + 2N_z) M]$
- ☐ $\omega_0 = \mu_0 \gamma [H_{BH} + N_z M]$
- ☐ $\omega_0 = \mu_0 \gamma H_{BH}$

Частота отсечки сферического ферритового резонатора определяется выражением:

Выберите один ответ:

☐ $\omega_{\text{отс}} = \mu_0 \gamma N_z H_0$

☐ $\omega_{\text{отс}} = \mu_0 \gamma N_z M_s$

☐ $\omega_{\text{отс}} = \mu_0 N_z M_s$

☐ $\omega_{\text{отс}} = \mu_0 N_z H_0$

Группу веществ, которые обладают одновременно магнитными свойствами ферромагнетиков и электрическими свойствами диэлектриков, называют:

Ответ:

Верно ли утверждение: "Волна с круговой поляризацией правого вращения эффективно поглощается ферритовым резонатором при ферромагнитном резонансе"?

Выберите один ответ:

☐ Верно

☐ Неверно

Частота прецессии спинового момента в феррите определяется выражением:

Выберите один ответ:

☐ $\mu_0 \frac{|\gamma|}{\pi} H_0$

☐ $4\pi \frac{|\gamma|}{\pi} H_0$

☐ $\mu_0 \frac{|\gamma|}{\pi} H_0$

☐ $4\pi \frac{|\gamma|}{\pi} H_0$

11.1.3. Задание для выполнения расчетно-графической работы

Спроектировать (произвести расчет и разработать конструкцию) согласующей цепи СВЧ транзисторного усилителя на отрезке микрополосковой линии (МПЛ).

Исходные данные:

- вид согласующей цепи (входная – базовая; выходная – коллекторная);
- тип транзистора, значения его входного (выходного) импедансов (активная составляющая, реактивности);
- волновое сопротивление основного тракта $\rho_0 = 50 \text{ Ом}$;
- рабочая частота f , ГГц;
- тип диэлектрика подложки МПЛ;
- толщина подложки h , мм;
- толщина напыления полоскового проводника МПЛ t , мкм.

Вариант №	Тип транзистора	Импеданс входной цепи транзистора		f , ГГц	Тип подложки	h , мм	t , мкм
		$R_{\text{вх}}$, Ом	$X_{\text{вх}}$, Ом				
00	КТ913А	1,5	2,4	0,3	СТ-7	2,0	15
02	КТ913Б	2,0	6,1	0,5	СТ-10	2,0	15
04	КТ913В	2,5	6,3	0,7	ФЛАН-5	2,0	15
06	2Т916А	2,2	4,8	0,9	Арсенид галлия	2,0	15
08	2Т916А	2,2	5,1	1,1	СТ-7	1,5	15
10	КТ919А	2,1	4,0	1,3	СТ-10	1,5	12
12	КТ919Б	2,3	5,0	1,5	ФЛАН-5	1,5	12
14	КТ919В	2,2	4,0	1,7	Арсенид галлия	1,5	12

16	КТ919В	2,1	6,8	2,0	СТ-7	1,0	12
18	КТ919Г	2,2	3,2	2,5	СТ-10	1,0	12
20	КТ937А-2	1,5	3,1	3,0	ФЛАН-5	1,0	10
22	КТ937А-2	1,6	3,3	3,5	Арсенид галлия	1,0	10
24	КТ937А-2	1,6	4,0	4,0	Поликор	1,0	10
26	КТ937А-2	1,6	4,2	4,5	СТ15-1	1,0	10
28	КТ937А-2	1,7	4,4	5,0	Поликор	0,5	8
30	КТ937А-2	1,7	4,7	5,5	СТ15-1	0,5	8

Вариант №	Тип транзистора	Импеданс выходной цепи транзистора		f , ГГц	Тип подложки	h , мм	t , мкм
		$R_{\text{вых}}$, Ом	$X_{\text{вых}}$, Ом				
01	КТ937А-2	3,0	-0,7	6,0	поликор	0,5	6
03	2Т643А-2	2,0	-2,8	5,8	СТ15-1	0,5	6
05	КТ937А-2	3,0	-0,8	5,3	поликор	1,0	8
07	2Т634А-2	2,1	-3,0	4,8	СТ15-1	1,0	8
09	КТ937А-2	2,9	-0,9	4,5	СТ-7	1,0	10
11	КТ937А-2	2,9	-1,0	4,0	СТ-10	1,0	10
13	2Т637А-2	2,5	-5,5	3,5	ФЛАН-5	1,0	10
15	2Т637А-2	2,5	-6,0	3,0	Арсенид галлия	1,0	10
17	КТ919А	2,1	-2,2	2,5	СТ-7	1,5	12
19	КТ919Б	2,1	-2,5	2,0	СТ-10	1,5	12
21	КТ919В	2,1	-2,7	1,8	ФЛАН-5	1,5	12
23	КТ919Г	2,0	-2,9	1,5	Арсенид галлия	1,5	12
25	2Т916А	2,2	6,0	1,0	СТ-7	2,0	15

27	2Т916А	2,1	6,5	0,7	СТ-10	2,0	15
29	2Т916А	2,1	3,5	0,4	ФЛАН-5	2,0	15

1. Рассчитать волновое сопротивление согласующего отрезка МПЛ, предварительно оценив возможность реализации согласующей цепи при заданных значениях согласуемых сопротивлений.
2. Рассчитать ширину полосковых проводников согласующей линии и основного тракта.
3. Для согласующей линии произвести расчет характеристик МПЛ: $\epsilon_{эф}$; α ; Q ; f_{max} . Проверить выполнение условия $f < f_{max}$.
4. Вычислить длину волны Λ в согласующей линии.
5. По формулам, приведенным в прил. Б, рассчитать длину согласующего отрезка МПЛ.
6. Нарисовать электрическую схему рассчитанной согласующей цепи вместе с транзистором. Разработать конструкцию микрополосковой платы, разместив на ней линии основного тракта и согласующей цепи.

11.2. Типовые вопросы для промежуточной аттестации

11.2.1. Теоретические вопросы для промежуточной аттестации

ПКС-6: ИПКС-6.1, ИПКС-6.2, ИПКС-6.3

1. Основные закономерности и направления микроминиатюризации СВЧ устройств.
2. Применение полосковых линий (ПЛ) в микросхемотехнике СВЧ и КВЧ диапазонов.
3. МПЛ и ее основные характеристики.
4. Щелевая и копланарная ПЛ.
5. Связанные ПЛ.
6. ПЛ КВЧ диапазона.
7. Общие закономерности трансформации сопротивлений ПЛ.
8. Реактивные шлейфы.
9. Согласование с использованием двух отрезков ПЛ.
10. Цепи согласования на коротких отрезках МПЛ (построение L, C, R - элементов на МПЛ).
11. Цепи согласования на отрезках связанных МПЛ.
12. Мостовые устройства и направленные ответвители на МПЛ.
13. Ферромагнитный резонанс в неограниченной среде, его основные характеристики.
14. Ферритовые резонаторы (ФР).
15. Построение фильтров и ограничителей мощности.
16. Способы связи ФР с линиями передачи; расчет связи.
17. Устройства на магнитостатических волнах.
18. Диэлектрические резонаторы (ДР) СВЧ. Расчет резонансной частоты и добротности цилиндрического ДР.
19. Расчет связи ДР с МПЛ.
20. Дисковые ДР с азимутальными колебаниями высокого порядка.
21. Принципы действия радиокомпонентов на ПАВ.
22. Устройства возбуждения и приема.
23. Фильтры и резонаторы на ПАВ.
24. Автогенераторы на ПАВ.
25. Принципы построения схем СВЧ транзисторных усилителей.
26. Расчет СВЧ транзисторного усилителя на основе бесструктурной модели транзистора СВЧ транзисторных усилителей.
27. Методы коррекции амплитудно-частотной характеристики.
28. Усилители бегущей волны.
29. СВЧ усилители балансного типа транзисторных автогенераторов СВЧ.

30. Схемы и общие принципы построения транзисторных СВЧ автогенераторов.
31. Расчет транзисторного автогенератора СВЧ на основе бесструктурной модели транзистора.
32. Стабилизация частоты СВЧ автогенераторов.
33. Автогенераторы с ДР и ферритовой перестройкой частоты.

ПКС-2: ИПКС-2.1, ИПКС-2.2, ИПКС-2.3, ИПКС-2.4

34. Метод рефлектометра.
35. Панорамные измерители КСВ.
36. Поляризация измерители полных сопротивлений.
37. Резонансные частотомеры.
38. Применение гетеродинных методов для расширения диапазона работы электронно-счетных частотомеров.

11.2.2. Схемотехнические задания для промежуточной аттестации

ПКС-5: ИПКС-5.1, ИПКС-5.2, ИПКС-5.3

1. Изобразить конструкцию щелевой ПЛ. Перечислить преимущества и недостатки конструкции.
2. Изобразить конструкцию копланарной ПЛ. Перечислить преимущества и недостатки конструкции.
3. Изобразить конструкции волноводно-полосковой и волноводно-щелевой ПЛ. Перечислить преимущества и недостатки конструкций.
4. Изобразить схему и рисунок полосковой платы многозвенного ФНЧ на МПЛ.
5. Изобразить схему и рисунок полосковой платы полосового фильтра на связанных МПЛ.
6. Изобразить конструкцию направленного ответвителя на связанных МПЛ. Объяснить принцип его работы.
7. Изобразить конструкцию копланарной линии задержки на МСВ. Объяснить принцип работы.
8. Изобразить конструкцию двухполостного резонатора на прямой объемной МСВ.
9. Изобразить конструкцию шумоподавителя на МСВ. Объяснить принцип работы.
4. Изобразить конструкцию фильтра-ответвителя на поверхностной МСВ.
10. Изобразить конструкцию ППФ на основе ФР в прямоугольном волноводе с диафрагмой.
11. Изобразить конструкцию ППФ на основе ФР в скрещенных линиях передачи.
12. Изобразить конструкцию ППФ на основе ФР с витковыми элементами связи.
13. Изобразить конструкцию ПЗФ на основе ФР в прямоугольном волноводе.
14. Изобразить конструкцию ПЗФ на основе ФР в волноводно-щелевой линии.
15. Изобразить конструкцию ПАВ-фильтра с прямоугольной формой АЧХ.
16. Изобразить конструкцию ПАВ-резонатора.
17. Построить схему и изобразить конструкцию автогенератора с одноходовым ПАВ-резонатором.
18. Построить структурную схему автогенератора на основе ПАВ-резонатора с двумя преобразователями.
19. Изобразить конструкцию автогенератора на ПАВ-линии задержки.

20. Изобразить схему и рисунок полосковой платы СВЧ транзисторного усилителя и пояснить принцип его работы.

21. Изобразить схему и рисунок полосковой платы СВЧ транзисторного усилителя с коллекторной цепью согласования на связанных МПЛ и пояснить принцип его работы.

22. Изобразить схему и рисунок полосковой платы балансного СВЧ транзисторного усилителя с направленными ответвителями на связанных МПЛ и пояснить принцип его работы.

23. Изобразить схему и рисунок полосковой платы широкополосного СВЧ транзисторного усилителя с диссипативной выравнивающей цепью (в цепи базы) и двухступенчатым трансформатором (в цепи коллектора) и пояснить принцип его работы.

24. Изобразить схему и рисунок полосковой платы балансного СВЧ транзисторного усилителя с двухшлейфными направленными ответвителями и пояснить принцип его работы.

25. Изобразить схему усилителя бегущей волны (усилителя с регулируемым усилением). Показать, каково оптимальное число каскадов для данного усилителя.

26. Построить схему транзисторного автогенератора СВЧ на элементах с сосредоточенными постоянными и объяснить принцип ее работы.

27. Построить схему транзисторного автогенератора СВЧ на полосковых линиях с вариациями и объяснить принцип ее работы.

28. Построить схему и изобразить конструкцию транзисторного автогенератора СВЧ, стабилизированного ДР. Пояснить принцип стабилизации частоты автогенератора.

29. Построить схему и изобразить конструкцию транзисторного автогенератора СВЧ, стабилизированного коаксиальным резонатором. Пояснить принцип стабилизации частоты автогенератора.

30. Построить схему и изобразить конструкцию транзисторного автогенератора СВЧ, стабилизированного цилиндрическим резонатором. Пояснить принцип стабилизации частоты автогенератора.

Полный фонд оценочных средств по дисциплине «Микроэлектронные устройства СВЧ» находится на кафедре «ФТОС».

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института ИЯЭиТФ

“ ” 20__ г.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины
«Б1.В.ОД.2 Микроэлектронные устройства СВЧ»
индекс по учебному плану, наименование

для подготовки специалистов

Направление: 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность: Антенны и устройства СВЧ в инфокоммуникациях

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 20__

Курс 1

Семестр 1

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)

«__» 20__ г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ФТОС

_____ протокол № _____ от «__» 20__ г.

Заведующий кафедрой _____

Лист актуализации принят на хранение:

Заведующий выпускающей кафедрой ИРС _____ «__» 20__ г.

Методический отдел УМУ: _____ «__» 20__ г.