

8/4

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего профессионального образования  
 «ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
 И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

 Л. А. Боков

« 8 » 04 2015 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВЧ УСТРОЙСТВ

(наименование учебной дисциплины)

Уровень основной образовательной программы \_\_\_\_\_

МАГИСТРАТУРА

(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Направление 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

(номер уровня, полное наименование направления подготовки (специальности))

Профиль Радиоэлектронные системы передачи информации

(полное наименование профиля направления подготовки (специальности) из ПООП)

Форма обучения ОЧНАЯ

(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

Факультет РТФ (РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ)

(сокращенное и полное наименование факультета)

Кафедра ТОР (ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ОСНОВ РАДИОТЕХНИКИ)

(сокращенное и полное наименование кафедры)

Курс 2

Семестр 3

Учебный план набора 2015 года и последующих лет.

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 3	Единицы
1.	Лекции	18	часов
2.	Лабораторные работы	20	часов
3.	Практические занятия	20	часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)	-	часов
5.	Всего аудиторных занятий <small>(Сумма 1-4)</small>	58	часов
6.	Из них в интерактивной форме	12	часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)	122	часов
8.	Всего (без экзамена) <small>(Сумма 5,7)</small>	180	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена		часов
10.	Общая трудоемкость <small>(Сумма 8,9)</small>	180	часов
	<b>(в зачетных единицах)</b>	5	ЗЕТ

Зачет \_\_\_\_\_ семестр

Диф. зачет 3 семестр

Экзамен \_\_\_\_\_ семестр

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта (ФГОС) по направлению подготовки 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (уровень магистратуры), утвержденного 30 октября 2014 г. Регистрационный номер 1403, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «22» июня 2015 г., протокол № 8.

Разработчик:

доцент каф. ТОР,  
(подпись)

  
В.Д. Дмитриев

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан РТФ

  
К.Ю. Попова  
(подпись)

Зав. профилирующей  
Кафедрой ТОР  
(название кафедры)

  
А.Я. Демидов  
(подпись)

Зав. выпускающей  
Кафедрой РТС  
(название кафедры)

  
Г.С. Шарыгин  
(подпись)

Эксперты:

\_\_\_\_\_  
доцент каф. ТОР  
(место работы, занимаемая должность)

  
К.Ю. Попова  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
доцент каф. ТОР  
(место работы, занимаемая должность)

  
С.И. Богомолов  
(подпись)

## Цели и задачи дисциплины:

Целью преподавания дисциплины «Автоматизированное проектирование СВЧ устройств» является освоение общих принципов построения и функционирования СВЧ устройств, этапов расчета и проектирования узлов, методов расчета характеристик этих узлов, а также вопросов их проектирования с помощью современных программ САПР. Кроме того, целью преподавания дисциплины является ознакомление с современными российскими и международными разработками СВЧ устройств для систем связи, радиолокации, радионавигации. В результате изучения настоящей дисциплины у магистрантов должны сформироваться знания, умения и навыки, позволяющие проводить анализ, моделирование, расчет и проектирование активных и пассивных СВЧ устройств. Приобретенные студентами знания и навыки необходимы для грамотной разработки и проектирования современных и перспективных СВЧ устройств, удовлетворяющих мировым стандартам.

### 1. Место дисциплины в структуре ООП

2.1 Дисциплина по выбору (вариативная часть) профессионального цикла (Б1.В.ДВ.3.1).

2.2. Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующие:

- Теория электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств и систем;
- Теория и техника передачи информации;
- Моделирование устройств и систем связи.

2.3 Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как последующие:

- Государственная итоговая квалификационная работа (магистерская диссертация).

### 2. Требования к результатам освоения дисциплины

- Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих общепрофессиональных компетенций (ОПК):

- способностью осваивать современные и перспективные направления развития ИКТ и СС (ОПК-3);

- способностью реализовывать новые принципы построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации (ОПК-4).

- Магистрант должен обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК):

- готовностью использовать современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии, методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТ и СС (ПК-8).

- В результате изучения дисциплины студент должен **знать**:

- основные возможности современных систем САПР в области проектирования радиоэлектронных устройств СВЧ диапазона;

- методы и алгоритмы проектирования линейных и нелинейных радиотехнических устройств

- с сосредоточенными и распределенными параметрами и методологию их использования;

- основные принципы построения пассивных и активных СВЧ устройств;

- **уметь**:

- решать задачи моделирования, оптимизации и синтеза линейных и нелинейных СВЧ устройств;

- решать задачи автоматизированного проектирования СВЧ устройств;

- выполнять проектные процедуры по генерации топологических проектов и их верификации;

- пользоваться системными подходами при построении и исследовании моделей сложных

- радиотехнических систем;

- **владеть**:

- навыками практической работы с лабораторными макетами узлов СВЧ устройств,

а также с современной измерительной аппаратурой.

### 3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 ЗЕТ (180 часов).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>58</b>	<b>58</b>
В том числе:	-	-
Лекции	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	20	20
Практические занятия	20	20
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>122</b>	<b>122</b>
В том числе:	-	-
Подготовка к практическим занятиям и контрольным работам. Решение домашних задач.	40	40
Подготовка к лабораторным работам и выполнение отчетов.	30	30
Изучение литературы, программ, проведение расчетов.	52	52
<b>Самостоятельная работа на подготовку, сдачу экзамена</b>		
Общая трудоемкость час	<b>180</b>	<b>180</b>
Зачетные Единицы Трудоемкости	3	3

### 4. Содержание дисциплины

#### 4.1 Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Лабора- торные занятия	Практич. занятия.	Курсовой ПР (КРС)	Самост. работа студента	Всего час. (без экза- мов)	Формируемые компетенции (ОПК, ПК)
1.	<b>Введение. Основные понятия и определения СВЧ устройств.</b>	1	—	—	—	4	5	
2.	<b>Системы автоматизированного проектирования СВЧ устройств (AWR и ADS);</b>	2	2	2	—	12	18	ОПК-3; ОПК-4; ПК-8;
3.	<b>Пассивные СВЧ элементы и их модели;</b>	2	2	2	—	12	18	ОПК-3; ОПК-4; ПК-8;
4.	<b>Активные СВЧ элементы и их модели;</b>	2	2	2	—	12	18	ОПК-3; ОПК-4; ПК-8;
5.	<b>СВЧ пассивные устройства, согласующие цепи и фильтры;</b>	2	4	4	—	20	30	ОПК-3; ОПК-4; ПК-8;
6.	<b>Маломощные СВЧ усилители;</b>	2	2	3	—	20	27	ОПК-3; ОПК-4; ПК-8;
7.	<b>СВЧ усилители мощности;</b>	2	2	3	—	20	27	ОПК-3; ОПК-4; ПК-8;
8.	<b>СВЧ смесители;</b>	2	2	2	—	10	16	ОПК-3; ОПК-4; ПК-8;
9.	<b>Радиоприемные и передающие СВЧ тракты;</b>	2	4	2	—	10	18	ОПК-3; ОПК-4; ПК-8.
10.	<b>Заключение</b>	1	—	—	—	2	3	
<b>Итого:</b>		<b>18</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>122</b>	<b>180</b>	

#### 4.2 Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудо- емкость (час.)	формируемые компетенции (ОПК,ПК)
<b>Раздел 1 Введение.</b>	Предмет и задачи курса. Основные понятия и определения СВЧ устройств.	1	
<b>Раздел 2</b>	Ознакомление с современными пакетами САПР для расчета	2	ОПК-3; ОПК-

<b>Системы автоматизированного проектирования СВЧ устройств (AWR и ADS);</b>	и проектирования СВЧ устройств AWR и ADS. Основные пакеты программ и используемые методы расчета. Отличительные особенности и возможности по расчету основных характеристик СВЧ устройств.		4; ПК-8.
<b>Раздел 3 Пассивные СВЧ элементы и их модели;</b>	Основные СВЧ пассивные элементы: резисторы, конденсаторы, индуктивности, микрополосковые линии передачи. Модели реальных элементов. Представление с помощью волновых параметров рассеяния (S- параметров).	2	ОПК-3; ОПК-4; ПК-8.
<b>Раздел 4 Активные СВЧ элементы и их модели;</b>	Основные активные элементы: диоды, биполярные и полевые транзисторы. Линейные и нелинейные модели. Особенности представления моделей в программах САПР. Эмпирические модели биполярных и полевых транзисторов. Методы определения параметров линейных и нелинейных моделей на основе S-параметров и вольтамперных характеристик.	2	ОПК-3; ОПК-4; ПК-8.
<b>Раздел 5 СВЧ пассивные устройства, согласующие цепи и фильтры;</b>	Пассивные СВЧ устройства: делители, сумматоры, аттенюаторы, направленные ответвители. Основные параметры и методики расчета. Назначение согласующих цепей и их представление с помощью L, C-элементов и микрополосковых линий. СВЧ фильтры и их основные характеристики. Особенности проектирования с помощью программ САПР, с применением программ электромагнитного анализа.	2	ОПК-3; ОПК-4; ПК-8.
<b>Раздел 6 Малошумящие СВЧ усилители</b>	Особенности расчета и проектирования МШУ. Коэффициент шума, условия согласования на минимум коэффициента шума. Определение динамических характеристик на основе метода функциональных рядов Вольтера. Расчет основных характеристик (коэффициент усиления, коэффициент шума, динамических параметров IP3 и IP2) с помощью САПР.	2	ОПК-3; ОПК-4; ПК-8.
<b>Раздел 7 СВЧ усилители мощности</b>	Основные режимы работы СВЧ усилителей мощности: классы А, АВ, В и С. Коэффициент полезного действия, особенности расчета выходных цепей на максимальную мощность. Основные нелинейные искажения: сжатие коэффициента передачи, амплитудно-фазовая конверсия, интермодуляционные искажения. Основные схемы СВЧ усилителей.	2	ОПК-3; ОПК-4; ПК-8.
<b>Раздел 8 СВЧ смесители;</b>	Область применения, основные характеристики: коэффициент преобразования, зеркальный канал. СВЧ смесители на диодах и транзисторах. Балансные и кольцевые смесители. Фазовый метод подавления зеркального канала.	2	ОПК-3; ОПК-4; ПК-8.
<b>Раздел 9 Радиоприемные и передающие СВЧ тракты;</b>	Особенности построения СВЧ приемных трактов. Динамический диапазон и способы его определения с помощью САПР. Особенности построения СВЧ передающих трактов и возможности расчета основных характеристик.	2	ОПК-3; ОПК-4; ПК-8.
<b>Раздел 10 Заключение</b>	Основные тенденции в развитии СВЧ техники. Направления комплексной микроминиатюризации СВЧ устройств, развитие цифровых методов обработки сигналов и управления приемниками. Совершенствование техники радиоприема в миллиметровом, субмиллиметровом и оптическом диапазонах. Научные и практические проблемы дальнейших исследований и разработок.	1	

#### 4.3 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Предшествующие дисциплины</b>										
1	Теория электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств и систем		+	+	+	+	+	+	+	+
2	Теория и техника передачи информации		+	+	+	+	+	+	+	+



		моделей биполярных и полевых транзисторов		
5		Практическое занятие № 2 и 3 Тема II.: Расчет СВЧ фильтров (ФНЧ, ФВЧ, ППФ) и согласующих цепей	4	ОПК-3; ОПК-4; ПК-8
2,4,5,6		Практическое занятие № 4 и 5 Тема III. Расчет СВЧ усилителей на основе S-параметров и линейных эквивалентных моделей	4	ОПК-3; ОПК-4; ПК-8
7,8		Практическое занятие № 6 и 7 Тема IV. Выбор нелинейных моделей биполярных и полевых транзисторов. Расчет основных энергетических параметров СВЧ усилителей мощности	4	ОПК-3; ОПК-4; ПК-8
9		Практическое занятие № 8 Тема IV. Расчет динамических характеристик СВЧ приемного тракта	2	ОПК-3; ОПК-4; ПК-8
	Итого:		20	

## 8. Самостоятельная работа

№ п/п	№ разделы из табл. 5.1	Наименование работы	Трудоемкость (час)	Формируемая компетенция	Форма контроля			
1	1, 2	Проработка теоретического материала по теме	16	ОПК-3; ОПК-4; ПК-8	Устный опрос			
		Подготовка к лабораторным работам. Оформление отчета	10		Отчет по лабораторной работе			
		Подготовка к практическим занятиям	10		Выступление на практических занятиях			
2	3,4,5	Проработка теоретического материала по теме	16		ОПК-3; ОПК-4; ПК-8	Устный опрос		
		Подготовка к лабораторным работам. Оформление отчета	10			Отчет по лабораторной работе		
		Подготовка к практическим занятиям	15			Выступление на практических занятиях		
3	6,7,8,9	Проработка теоретического материала по теме	20			ОПК-3; ОПК-4; ПК-8	Устный опрос	
		Подготовка к лабораторным работам. Оформление отчет	10				Отчет по лабораторной работе	
		Подготовка к практическим занятиям	15				Выступление на практических занятиях	
4		Подготовка и сдача экзамена						
Всего часов			122					

## 9. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

Контроль освоения дисциплины осуществляется путем применения рейтинговой системы оценки успеваемости.

Итоговый контроль осуществляется на экзамене.

### 10.1 Таблица распределения баллов при изучении дисциплины

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1 КТ и 2 КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Посещение занятий	3	3	3	9
Тестовый контроль	—	—	—	—
Контрольная работа	—	—	—	—
Решение домашних задач	2	2	1	5
Выполнение и защита лабораторных работ	8	8	4	20
Индивидуальное задание	5	5	4	14
Коллоквиум	—	—	—	—
Компонент своевременности	6	6	—	12

Итого максимум за период:	24	24	12	60
Сдача экзамена (максимум)	—	—	—	40
Нарастающим итогом	24	48	60	100

**Индивидуальное задание:** Самостоятельное изучение тем. Выполнение и оформление реферата по согласованной с преподавателем теме. Доклад на конференции. Статья в научно-техническом издании.

**Таблица 10.2** Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

**Таблица 10.3** Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	<b>90 - 100</b>	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	<b>85 - 89</b>	B (очень хорошо)
	<b>75 - 84</b>	C (хорошо)
	<b>70 - 74</b>	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	<b>65 - 69</b>	E (посредственно)
	<b>60 - 64</b>	F (неудовлетворительно)
2 (неудовлетворительно), (не зачтено)	<b>Ниже 60 баллов</b>	F (неудовлетворительно)

## 10. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

### 11.1. Основная литература:

1. Глазов, Г.Н. Современные технологии и системы автоматизированного измерения на СВЧ [Электронный ресурс] : . — Электрон. дан. — М. : ТУСУР (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники), 2012. — 246 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4944](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4944)

2. Дмитриев Е.Е. Основы моделирования в Microwave Office 2009. [Электронный ресурс]:- 2011, 176с. Режим доступа: [http://www.euointech.ru/products/AWR/Dmitriev\\_mwo\\_2009\\_1.pdf](http://www.euointech.ru/products/AWR/Dmitriev_mwo_2009_1.pdf)

### 11.2. Дополнительная литература:

1. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office. Под ред. В.Д. Разевига.- М. Солон-Пресс, 2003,-496с. (14 экз.)
2. Твердотельные устройства СВЧ в технике связи/ Л.Г. Гасанов, А.А, Липатов, В.В. Марков, Н.А. Могильченко.-М.: Радио и связь, 1988.-288с. (7 Экз.);
- 3.Шварц Н.З. Линейные транзисторные усилители СВЧ.-М.: Радио и связь, 1987.-386с. (3 Экз.);
4. Сучков Д. И. Основы проектирования печатных плат в САПР P-CAD 4.5, P-CAD 8.5-8.7 и ACCEL EDA /- М. : Горячая линия-Телеком, 2000. - 620 с. : ил. (8 экз).
5. Моделирование цифровых потоков радиосвязи в среде ADS/ Ptolemy. Учебное пособие для вузов/ А.А. Курушин, А.О. Мельников.-М.Солон-Пресс,2005.-183с. (10 экз.)

### 11.3 Учебно-методические пособия и программное обеспечение

Для обеспечения дисциплины используются следующие УМП:



1. Разработка устройств для систем беспроводной связи: Учебно-методическое пособие для практических занятий и самостоятельной работы/ Дмитриев В.Д., Рогожников Е.В., Шибельгут А.А.-2014г.-37с.-<http://edu.tusur.ru/training/publications/4027>

2. Разработка устройств для систем беспроводной связи: Учебно-методическое пособие к лабораторным работам для студентов радиотехнического факультета 210700-«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»/ Рогожников Е.В. – 2014г.-24с.-  
<http://edu.tusur.ru/training/publications/4026>

#### **11.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.**

1. Операционные системы Windows, Linux.
2. Пакет программ САПР Advanced Design System (ADS), AWR Microwave Office.

#### **12. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Аудитория 318 и 314 каф. TOP оборудованы электронными вычислительными машинами и лабораторными стендами. Для проведения лекций применяется мультимедиа проектор. У лектора имеется комплект демонстрационных материалов.

## Приложение к рабочей программе

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ П. Е. Троян

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

### ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

#### АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВЧ УСТРОЙСТВ

(полное наименование учебной дисциплины или практики)

Уровень основной образовательной программы магистратура \_\_\_\_\_

(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Направление подготовки 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

(полное наименование направления подготовки (специальности))

Профиль(и) : Радиоэлектронные системы передачи информации

(полное наименование профиля направления подготовки (специальности))

Форма обучения очная \_\_\_\_\_

(очная, очно-заочная (вечерняя), заочная)

Факультет РТФ (Радиотехнический) \_\_\_\_\_

(сокращенное и полное наименование факультета)

Кафедра ТОР (Телекоммуникаций и основ радиотехники) \_\_\_\_\_

(сокращенное и полное наименование кафедры)

Курс 2 Семестр 3

Учебный план набора 2015 г. и последующих лет.

Зачет \_\_\_\_\_ семестр Диф. зачет 3 семестр

Экзамен \_\_\_\_\_ семестр

Разработчик(и) доцент каф. ТОР \_\_\_\_\_ Дмитриев В.Д.

Томск 2016

## 1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе практики и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задания, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по практике используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций приведен в таблице 1.

**Таблица 1 – Перечень закрепленных за практикой компетенций**

код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
<b>ОПК-3</b>	способностью осваивать современные и перспективные направления развития ИКТиСС	<p><i>Должен знать:</i></p> <p>современные и перспективные направления в области проектирования СВЧ устройств;</p> <p>тенденции развития в области проектирования СВЧ устройств.</p> <p><i>Должен уметь:</i></p> <p>Выбирать современные методы и средства их решения при анализе и расчете СВЧ устройств</p> <p>осуществлять поиск и анализ информации, представленной в различных источниках по современным и перспективным направлениям развития ИКТи СС.</p> <p><i>Должен владеть:</i></p> <p>навыками работы с технической документации в своей предметной области;</p> <p>навыками самостоятельной работы на современных программах САПР СВЧ.</p>

ОПК-4	<p>- способностью реализовывать новые принципы построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации</p>	<p><i>Должен знать:</i></p> <p>новые принципы построения инфокоммуникационных систем передачи информации;</p> <p>тенденции развития в области обработки информации.</p> <p><i>Должен уметь:</i></p> <p>использовать в практической деятельности новые принципы построения СВЧ устройств; самостоятельно осуществлять поиск и анализ информации в своей предметной области.</p> <p><i>Должен владеть:</i></p> <p>навыками работы с различными средствами информации;</p> <p>навыками самостоятельно приобретать новые знания и умения при расчете СВЧ устройств.</p>
ПК-8	<p>- готовностью использовать современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии, методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТи СС</p>	<p><i>Должен знать:</i></p> <p>современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии.</p> <p><i>Должен уметь:</i></p> <p>использовать методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области САПР СВЧ.</p> <p><i>Должен владеть:</i></p> <p>навыками работы с современными программами при проведении научно-исследовательских работ в области ИКТиСС.</p>

## 2.Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ОПК-3

- **ОПК-3:** способностью осваивать современные и перспективные направления развития ИКТиСС.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания, представлены в таблице 2.1.

**Таблица 2.1– Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания**

Состав	Знать	Уметь	Владеть
<b>Содержание этапов</b>	современные и перспективные направления в области проектирования СВЧ устройств; тенденции развития в области проектирования СВЧ устройств.	Выбирать современные методы и средства их решения при анализе и расчете СВЧ устройств осуществлять поиск и анализ информации, представленной в различных источниках по современным и перспективным направлениям развития ИКТи СС.	навыками работы с технической документации в своей предметной области; навыками самостоятельной работы на современных программах САПР СВЧ.
<b>Виды занятий</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа студентов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа студентов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа студентов.</li> </ul>
<b>Используемые средства оценивания</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест;</li> <li>• Опрос;</li> <li>• Диф.зачет.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест;</li> <li>• Опрос;</li> <li>• Диф.зачет.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест;</li> <li>• Опрос;</li> <li>• Диф.зачет.</li> </ul>

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2.

**Таблица 2.2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам**

<b>Показатели и критерии</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.3.

**Таблица 2.3 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

<b>Показатели и критерии</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>анализирует связи между различными современными программами САПР СВЧ;</li> <li>анализирует современные направления развития САПР СВЧ.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>умеет грамотно выражать и доказывать положения с использованием аргументов в области разработки СВЧ устройств;</li> <li>свободно осваивает современные методы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>уверенно владеет навыками работы с литературными источниками по разработке современных СВЧ устройств;</li> <li>свободно владеет перспективными методами и</li> </ul>

		решения задач при автоматизированном проектировании СВЧ устройств	средствами решения задач
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• понимает связи между различными современными программами САПР СВЧ;</li> <li>• представляет современные направления развития САПР СВЧ.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• корректно выражает, и доказывает с использованием аргументов в области разработки СВЧ устройств;</li> <li>• самостоятельно подбирает методы решения проблем.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• владеет навыками работы с литературными источниками по разработке современных СВЧ устройств</li> <li>• владеет перспективными средствами и методами решения задач</li> </ul>
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• дает определения основных программ САПР СВЧ;</li> <li>• воспроизводит основные направления развития САПР СВЧ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• умеет работать со справочной литературой по проектированию СВЧ устройств;</li> <li>• умеет представлять результаты своей работы</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• владеет терминологией в области разработки СВЧ устройств;</li> <li>• владеет основными средствами и методами решения задач при проектировании СВЧ устройств</li> </ul>

## 2.2 Компетенция ОПК-4

- **ОПК-4:** способностью реализовывать новые принципы построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания, представлены в таблице 2.4.

**Таблица 2.4– Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания**

<b>Состав</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
<b>Содержание этапов</b>	новые принципы построения инфокоммуникационных систем передачи информации;	использовать в практической деятельности новые принципы построения СВЧ устройств; самостоятельно	навыками работы с различными средствами информации; навыками самостоятельно приобретать

	тенденции развития в области обработки информации.	осуществлять поиск и анализ информации в своей предметной области	новые знания и умения при расчете СВЧ устройств.
<b>Виды занятий</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа студентов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа студентов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа студентов.</li> </ul>
<b>Используемые средства оценивания</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест;</li> <li>• Опрос;</li> <li>• Диф. зачет.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест;</li> <li>• Опрос;</li> <li>• Диф. зачет.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест;</li> <li>• Опрос;</li> <li>• Диф. зачет.</li> </ul>

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.5.

**Таблица 2.5 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам**

<b>Показатели и критерии</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспособливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении



Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.6.

**Таблица 2.6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

<b>Показатели и критерии</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>самостоятельно приобретает и использует новые знания и умения в области проектирования СВЧ устройств</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>умеет грамотно реализовывать новые принципы построения СВЧ устройств для передачи и обработки информации</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>уверенно владеет навыками работы с новыми пакетами САПР СВЧ</li> <li>свободно владеет новыми знаниями в предметной области</li> </ul>
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>приобретает и использует новые знания и умения в области проектирования СВЧ устройств</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>умеет реализовывать новые принципы построения СВЧ устройств для передачи и обработки информации.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>владеет навыками работы с новыми пакетами САПР СВЧ</li> <li>владеет новыми знаниями в предметной области</li> </ul>
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>частично знает новые знания и умения в области проектирования СВЧ устройств.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>умеет реализовывать основные принципы построения СВЧ устройств для передачи и обработки информации</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>владеет основной терминологией в области САПР СВЧ;</li> <li>частично владеет новыми знаниями в предметной области</li> </ul>

### **2.3 Компетенция ПК-8**

- **ПК-8:** готовностью использовать современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии, методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТи СС

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания, представлены в таблице 2.7.

**Таблица 3.7– Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания**

<b>Состав</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
---------------	--------------	--------------	----------------

<b>Содержание этапов</b>	современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии	использовать методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в области САПР СВЧ.	навыками работы с современными программами при проведении научно-исследовательских работ в области САПР СВЧ.
<b>Виды занятий</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа студентов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа студентов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа студентов.</li> </ul>
<b>Используемые средства оценивания</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест;</li> <li>• Опрос;</li> <li>• Диф. зачет.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест;</li> <li>• Опрос;</li> <li>• Диф. зачет.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тест;</li> <li>• Опрос;</li> <li>• Диф. зачет.</li> </ul>

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.8.

**Таблица 2.8 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам**

<b>Показатели и критерии</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспособливает свое поведение к обстоятельствам в

			решении проблем
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.9.

**Таблица 2.9 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах**

<b>Показатели и критерии</b>	<b>Знать</b>	<b>Уметь</b>	<b>Владеть</b>
<b>Отлично (высокий уровень)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>современные достижения и технологии в области разработки СВЧ устройств</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>умеет уверенно и аргументировано использовать современные методы автоматизированного проектирования при проведении теоретических и экспериментальных исследованиях СВЧ устройств</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>в совершенстве владеет навыками работы с современными программами САПР СВЧ</li> <li>уверенно умеет проводить экспериментальные исследования</li> </ul>
<b>Хорошо (базовый уровень)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>основные современные достижения и технологии в области разработки СВЧ устройств</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>умеет использовать современные методы автоматизированного проектирования при проведении теоретических и экспериментальных исследованиях СВЧ устройств</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>владеет навыками работы с современными программами САПР СВЧ</li> <li>умеет проводить экспериментальные исследования</li> </ul>
<b>Удовлетворительно (пороговый уровень)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ряд современных технологий в области разработки СВЧ устройств</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>умеет использовать основные методы автоматизированного проектирования при проведении теоретических и экспериментальных исследованиях СВЧ устройств</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>частично владеет навыками работы с современными программами САПР СВЧ</li> <li>умеет проводить ряд экспериментальных исследований</li> </ul>

### 11. 3. Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе:

Типовые вопросы теста по теме «КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ СВЧ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ»:

В системе Z- параметров токи и напряжения связаны соотношениями:

В системе Y- параметров токи и напряжения связаны соотношениями:

Y- параметры называют параметрами:

Z- параметры называют параметрами:

S-параметры связывают падающие и отраженные волны соотношениями:

Типовые вопросы теста по теме «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ МОДЕЛИ СВЧ ТРАНЗИСТОРОВ»:

Граничная частота  $f_T$  определяется как частота, на которой:

Максимальная частота  $f_{MAX}$  определяется как частота, на которой:

Граничная частота  $f_T$  для полевых СВЧ транзисторов в первую очередь определяется следующими параметрами эквивалентной модели:

Граничная частота  $f_T$  для биполярных СВЧ транзисторов в первую очередь определяется следующими параметрами эквивалентной модели:

Шумовые параметры СВЧ полевых транзисторов в первую очередь определяется следующими параметрами эквивалентной модели:

Шумовые параметры СВЧ биполярных транзисторов в первую очередь определяется следующими параметрами эквивалентной модели:

Типовые вопросы теста по теме «ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЧ ПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ»:

Чувствительность приемного устройства это:

Динамический диапазон СВЧ приемника определяется как:

Сквозной коэффициент передачи определяется как:

Избирательность по зеркальному каналу определяется:

Супергетеродинный приемник включает в себя следующие узлы:

Типовые вопросы теста по теме «СВЧ УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ»:

Режимы работы выходных каскадов усилителей мощности:

Выходная мощность зависит от следующих параметров транзисторов:

Коэффициент полезного действия определяется как:

Коэффициент интермодуляционных искажений определяется как:

Типовые вопросы теста по теме «СВЧ СМЕСИТЕЛИ»:

Достоинства и недостатки диодных СВЧ смесителей.

Достоинства и недостатки транзисторных СВЧ смесителей.

Коэффициент преобразования зависит от следующих параметров:

Точка пересечения  $IP_3$  для смесителей определяется как:

Точка пересечения  $IP_2$  для смесителей определяется как:

Темы практических занятий:

Основные характеристики и построение СВЧ фильтров

Волновая матрица рассеяния четырёхполосника и её основные свойства

Измерение S-параметров

Связь S-параметров с классическими параметрами Y, Z, A и H

Определение входного и выходного сопротивления СВЧ четырёхполосников

Коэффициент усиления по мощности четырёхполосников

Определение частотных характеристик СВЧ биполярных и полевых транзисторов

Модели СВЧ биполярных и полевых транзисторов в системах САПР СВЧ

Определение элементов эквивалентной схемы биполярных транзисторов на основе S-параметров  
Определение элементов эквивалентной схемы полевых транзисторов на основе S-параметров  
Схемы построения СВЧ усилителей и их моделирование в программах САПР СВЧ  
СВЧ смесители: основные характеристики и схемы построения в программах САПР СВЧ  
СВЧ приемные устройства: основные характеристики и схемы построения в программах САПР СВЧ  
СВЧ передающие устройства: основные характеристики и схемы построения в программах САПР СВЧ

Список типовых вопросов на зачете:

1. ПАРАМЕТРЫ СВЧ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ. S-параметры пассивных и активных четырехполюсников. Взаимосвязь с классическими параметрами. Физический смысл S-параметров. Определение входного и выходного сопротивления СВЧ четырехполюсников.

2. ПАССИВНЫЕ СВЧ ЭЛЕМЕНТЫ. Основные СВЧ пассивные элементы: резисторы, конденсаторы, индуктивности, микрополосковые линии передачи. Модели реальных элементов. Представление с помощью волновых параметров рассеяния (S-параметров).

3. АКТИВНЫЕ СВЧ ЭЛЕМЕНТЫ. Основные активные элементы: диоды, биполярные и полевые транзисторы. Линейные и нелинейные модели. Особенности представления моделей в программах САПР.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛЕЙ. Эмпирические модели биполярных и полевых транзисторов. Методы определения параметров линейных и нелинейных моделей на основе S-параметров и вольтамперных характеристик.

5. ПАССИВНЫЕ СВЧ УСТРОЙСТВА. Пассивные СВЧ устройства: делители, сумматоры, аттенюаторы, направленные ответвители. Основные параметры и методики расчета.

6. СОГЛАСУЮЩИЕ ЦЕПИ. Назначение согласующих цепей и их представление с помощью L, C-элементов и микрополосковых линий. СВЧ фильтры и их основные характеристики. Особенности проектирования с помощью программ САПР, с применением программ электро-магнитного анализа.

7. МАЛОШУМЯЩИЕ УСИЛИТЕЛИ. Особенности расчета и проектирования МШУ. Коэффициент шума, условия согласования на минимум коэффициента шума. Определение динамических характеристик на основе метода функциональных рядов Вольтера. Расчет основных характеристик (коэффициент усиления, коэффициент шума, динамических параметров  $IP3$  и  $IP2$ ) с помощью САПР.

8. СВЧ УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ. Основные режимы работы СВЧ усилителей мощности: классы А, АВ, В и С. Коэффициент полезного действия, особенности расчета выходных цепей на максимальную мощность. Основные нелинейные искажения: сжатие коэффициента передачи, амплитудно-фазовая конверсия, интермодуляционные искажения. Основные схемы СВЧ усилителей.

9. СВЧ СМЕСИТЕЛИ. Область применения, основные характеристики: коэффициент преобразования, зеркальный канал. СВЧ смесители на диодах и транзисторах. Балансные и кольцевые с

месители. Фазовый метод подавления зеркального канала.

10. СВЧ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩИЕ ТРАКТЫ. Особенности построения СВЧ приемных трактов. Динамический диапазон и способы его определения с помощью САПР. Особенности построения СВЧ передающих трактов и возможности расчета основных характеристик.

#### **4. Методические материалы**

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, в составе списка указанного в рабочей программе п.11