

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Измерение СВЧ параметров элементов ИМС

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки (специальность): **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**

Направленность (профиль): **Твердотельная электроника**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**

Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**

Курс: **2**

Семестр: **3**

Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	часов
2	Лабораторные работы	18	18	часов
3	Всего аудиторных занятий	36	36	часов
4	Из них в интерактивной форме	16	16	часов
5	Самостоятельная работа	72	72	часов
6	Всего (без экзамена)	108	108	часов
7	Общая трудоемкость	108	108	часов
		3.0	3.0	З.Е

Зачет: 3 семестр

Томск 2017

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного 30 октября 2014 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчик:

Профессор каф. КСУП

\_\_\_\_\_ А. Н. Сычев

Заведующий обеспечивающей каф.  
КСУП

\_\_\_\_\_ Ю. А. Шурыгин

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

Декан ФЭТ

\_\_\_\_\_ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф.  
ФЭ

\_\_\_\_\_ П. Е. Троян

Эксперты:

профессор каф. КСУП

\_\_\_\_\_ В. М. Зюзьков

доцент каф. ФЭ

\_\_\_\_\_ И. А. Чистоедова

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Цель курса состоит в изучении общих принципов выполнения измерений параметров СВЧ устройств и элементов интегральных схем, а также в освоении современного измерительного оборудования и методик его калибровки.

### 1.2. Задачи дисциплины

- Достижении понимания параметров рассеяния элементов ИМС на СВЧ.
- Изучение и освоение современного измерительного оборудования для проведения измерений параметров СВЧ устройств.
- Освоение методик проведения измерений и калибровки.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Измерение СВЧ параметров элементов ИМС» (ФТД.2) относится к блоку ФТД.2.

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Интегральные схемы СВЧ-диапазона, Основы СВЧ-электроники.

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ОПК-1 способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения;
- ПК-3 готовностью осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени;
- ПК-4 способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов;
- ПК-5 способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения;

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **знать** принципы проведения измерений параметров СВЧ ИМС, основные виды и методики измерений.
- **уметь** подбирать необходимое измерительное оборудование и методы его калибровки, выбирать методики измерений в соответствии с поставленными задачами, анализировать погрешности эксперимента.
- **владеть** навыками работы с современным оборудованием для измерения параметров микроволновых СВЧ устройств, методами его настройки и калибровки.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		3 семестр
Аудиторные занятия (всего)	36	36
Лекции	18	18
Лабораторные работы	18	18
Из них в интерактивной форме	16	16
Самостоятельная работа (всего)	72	72

Оформление отчетов по лабораторным работам	52	52
Проработка лекционного материала	20	20
Всего (без экзамена)	108	108
Общая трудоемкость ч	108	108
Зачетные Единицы	3.0	3.0

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лекции	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр					
1 Введение, история развития СВЧ измерений.	2	0	4	6	ОПК-1
2 Современное измерительное оборудование (виды СВЧ соединителей, векторный анализатор цепей, анализатор спектра)	6	6	28	40	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5
3 Основные методы калибровки и выполнения измерений S-параметров.	6	8	26	40	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5
4 Методы измерения мощности СВЧ сигнала.	4	4	14	22	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5
Итого за семестр	18	18	72	108	
Итого	18	18	72	108	

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
1 Введение, история развития СВЧ измерений.	История создания первых СВЧ измерительных приборов.	2	ОПК-1
	Итого	2	
2 Современное измерительное оборудование (виды СВЧ соединителей, векторный	Основные виды СВЧ соединителей. Принципы построения и основанные виды СВЧ измерительных приборов.	6	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5

анализатор цепей, анализатор спектра)	Итого	6	
3 Основные методы калибровки и выполнения измерений S-параметров.	Внутренне устройство векторного анализатора цепей. Модели ошибок ВАЦ. 12-ти компонентная модель ошибок. Однопортовая калибровка. Двухпортовая калибровка. Основные виды калибровок (SOLT, TLR, TRM)	6	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	6	
4 Методы измерения мощности СВЧ сигнала.	Что такое мощность сигнала. Мгновенная и средняя мощность. Сенсоры для измерения мощности. Термисторные сенсоры. Сенсоры на основе термопары. Диодные сенсоры.	4	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	4	
Итого за семестр		18	

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

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин			
	1	2	3	4
Предшествующие дисциплины				
1 Интегральные схемы СВЧ-диапазона			+	
2 Основы СВЧ-электроники	+	+		
Последующие дисциплины				
1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты			+	

### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий			Формы контроля
	Лекции	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	

ОПК-1	+	+	+	Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе
ПК-3	+	+	+	Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе
ПК-4	+	+	+	Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе
ПК-5	+	+	+	Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе

### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные лабораторные занятия	Интерактивные лекции	Всего
3 семестр			
Исследовательский метод	12	4	16
Итого за семестр:	12	4	16
Итого	12	4	16

### 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
3 семестр			
2 Современное измерительное оборудование (виды СВЧ соединителей, векторный анализатор цепей, анализатор спектра)	Измерение временного отклика СВЧ устройств	6	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	6	
3 Основные методы калибровки и выполнения измерений S-параметров.	Измерение S-параметров с использованием векторного анализатора цепей. Двухпортовые и многопортовые измерения.	8	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	8	
4 Методы измерения мощности СВЧ сигнала.	Измерение мощности СВЧ сигнала	4	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5
	Итого	4	
Итого за семестр		18	

### 8. Практические занятия (семинары)

Не предусмотрено РУП

### 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
<b>3 семестр</b>				
1 Введение, история развития СВЧ измерений.	Проработка лекционного материала	4	ОПК-1	Конспект самоподготовки
	Итого	4		
2 Современное измерительное оборудование (виды СВЧ соединителей, векторный анализатор цепей, анализатор спектра)	Проработка лекционного материала	6	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5	Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе
	Оформление отчетов по лабораторным работам	22		
	Итого	28		
3 Основные методы калибровки и выполнения измерений S-параметров.	Проработка лекционного материала	6	ОПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5	Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе
	Оформление отчетов по лабораторным работам	20		
	Итого	26		
4 Методы измерения мощности СВЧ сигнала.	Проработка лекционного материала	4	ПК-3, ПК-4, ПК-5, ОПК-1	Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе
	Оформление отчетов по лабораторным работам	10		
	Итого	14		
Итого за семестр		72		
Итого		72		

### 9.1. Вопросы на проработку лекционного материала

1. Методы выполнения СВЧ измерений.
2. Скалярный анализатор цепей. Векторный анализатор цепей
3. Датчики мощности. Метод калибруемого многополюсника.
4. История СВЧ измерений

### 9.2. Темы лабораторных работ

1. Измерение временного отклика СВЧ устройств
2. Измерение мощности СВЧ сигнала
3. Методы калибровки. Измерение S-параметров с использованием скалярного и векторного анализаторов цепей. Двухпортовые и многопортовые измерения.

### 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

### 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

#### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с	Максимальный балл за период	Максимальный балл за период	Всего за семестр
-------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	-----------------------------	------------------

	начала семестра	между 1КТ и 2КТ	между 2КТ и на конец семестра	
3 семестр				
Конспект самоподготов- ки	10	10	10	30
Отчет по лабораторной работе	23	23	24	70
Итого максимум за пери- од	33	33	34	100
Нарастающим итогом	33	66	100	100

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 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

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Шеерман Ф.И. Измерение параметров интегральных микросхем на СВЧ: учеб. пособие.- Томск: ТУСУР, 2012. - 56 с. [Электронный ресурс]. - [http://miel.tusur.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=243](http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=243)

### 12.2. Дополнительная литература

1. Связанные полосковые линии и устройства на их основе. Часть 1: Учебное пособие / Малютин Н. Д., Семенов Э. В., Лошилов А. Г., Сычев А. Н. - 2012. 176 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1962>, дата обращения: 25.05.2017.

2. Современные технологии и системы автоматизированного измерения на СВЧ: Конспект лекций / Глазов Г. Н. - 2012. 246 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1108>, дата обращения: 25.05.2017.



## 12.3 Учебно-методические пособия

### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Современные технологии и системы автоматизированного измерения на СВЧ: Руководство к лабораторным работам / Глазов Г. Н., Ульянов В. Н. - 2010. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1109>, дата обращения: 25.05.2017.
2. Антенны и устройства СВЧ: Методическое пособие по самостоятельной работе студентов / Шостак А. С. - 2012. 13 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2268>, дата обращения: 25.05.2017.
3. Антенны и устройства СВЧ: Учебный практикум / Козлов В. Г. - 2012. 68 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1433>, дата обращения: 25.05.2017.

### 12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

#### Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

#### Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

#### Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

## 12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Сайт компании Keysight. – [www.keysight.com](http://www.keysight.com)

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

### 13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

#### 13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

#### 13.1.2. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

Для проведения лабораторных занятий используется учебно-исследовательская вычислительная лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 4 этаж, ауд. 208. Состав оборудования: Учебная мебель; Скоростной осциллограф Tektronix TDS540 (4 канала, полоса 500 МГц). Генератор импульсных сигналов Agilent 81100 (до 80 МГц амплитуда до 20 В длительность импульсов от 6,25 нс до 999,5 с). Векторный анализатор цепей Rohde & Shwartz ZVA 40 (10 МГц – 40 ГГц). Детектор мощности Agilent 8487A (50 МГц – 50 ГГц от -30 до +20 дБм).

#### 13.1.3. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 74, 1 этаж, ауд. 100. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 4 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

### 13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения

общего и специального назначения.

При обучении студентов с нарушениями слуха предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов с нарушениями зрения предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

#### **14. Фонд оценочных средств**

##### **14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации**

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

##### **14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

**Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью**

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

##### **14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ П. Е. Троян  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**Измерение СВЧ параметров элементов ИМС**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки (специальность): **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**

Направленность (профиль): **Твердотельная электроника**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**

Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**

Курс: **2**

Семестр: **3**

Учебный план набора 2015 года

Разработчик:

– Профессор каф. КСУП А. Н. Сычев

Зачет: 3 семестр

Томск 2017

## 1. Введение

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

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

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ПК-4	способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов	<p>Должен знать принципы проведения измерений параметров СВЧ ИМС, основные виды и методики измерений.;</p> <p>Должен уметь подбирать необходимое измерительное оборудование и методы его калибровки, выбирать методики измерений в соответствии с поставленными задачами, анализировать погрешности эксперимента.;</p> <p>Должен владеть навыками работы с современным оборудованием для измерения параметров микроэлектронных СВЧ устройств, методами его настройки и калибровки.;</p>
ПК-5	способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения	
ПК-3	готовностью осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени	
ОПК-1	способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения	

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	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
Хорошо (базовый уровень)	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
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ПК-4

ПК-4: способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	принципы проведения измерений параметров СВЧ ИМС, основные виды и методики измерений	подбирать необходимое измерительное оборудование и методы его калибровки, выбирать методики измерений в соответствии с поставленными задачами, анализировать погрешности эксперимента	навыками работы с современным оборудованием для измерения параметров микроволновых СВЧ устройств, методами его настройки и калибровки
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"><li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li><li>• Интерактивные лекции;</li><li>• Лабораторные работы;</li><li>• Лекции;</li><li>• Самостоятельная работа;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li><li>• Интерактивные лекции;</li><li>• Лабораторные работы;</li><li>• Лекции;</li><li>• Самостоятельная работа;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li><li>• Лабораторные работы;</li><li>• Самостоятельная работа;</li></ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"><li>• Конспект самоподготовки;</li><li>• Отчет по лабораторной работе;</li><li>• Зачет;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Конспект самоподготовки;</li><li>• Отчет по лабораторной работе;</li><li>• Зачет;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Отчет по лабораторной работе;</li><li>• Зачет;</li></ul>

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	<ul style="list-style-type: none"><li>• принципы проведения измерений параметров СВЧ ИМС, основные виды и методики измерений;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• подбирать необходимое измерительное оборудование и методы его калибровки, выбирать методики измерений в соответствии с поставленными задачами, анализировать погрешности эксперимента;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• навыками работы с современным оборудованием для измерения параметров микроволновых СВЧ устройств, методами его настройки и калибровки;</li></ul>
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"><li>• принципы проведения измерений параметров СВЧ ИМС, основные виды измерений;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• подбирать необходимое измерительное оборудование и методы его калибровки, выбирать методики измерений в</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• навыками работы с современным оборудованием для измерения параметров микроволновых СВЧ</li></ul>

		соответствии с поставленными задачами;	устройств, методами его настройки;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• принципы проведения измерений параметров СВЧ ИМС;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• подбирать необходимое измерительное оборудование и методы его калибровки;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками работы с современным оборудованием для измерения параметров микроэлектронных СВЧ устройств;</li> </ul>

## 2.2 Компетенция ПК-5

ПК-5: способностью делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	особенности составления обзоров и отчетов, разработки рекомендаций	составлять обзоры, формировать отчеты и разрабатывать рекомендации	навыками составления обзоров, отчетов и разработки рекомендаций
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Лабораторные работы;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Лабораторные работы;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Лабораторные работы;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Конспект самоподготовки;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Конспект самоподготовки;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• особенности составления обзоров и отчетов, разработки рекомендаций;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• составлять обзоры, формировать отчеты и разрабатывать рекомендации;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками составления обзоров, отчетов и разработки рекомендаций;</li> </ul>
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• особенности составления обзоров и отчетов;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• составлять обзоры, формировать отчеты;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками составления обзоров, отчетов;</li> </ul>
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• особенности составления обзоров;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• составлять обзоры;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками составления обзоров;</li> </ul>

### 2.3 Компетенция ПК-3

ПК-3: готовностью осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	математические методы планирования и обработки эксперимента, знать математическое пакеты обработки статистической информации	применять методы планирования и обработки результатов эксперимента с использованием математических пакетов прикладных программ	навыками написания программ планирования и обработки эксперимента с использованием математических пакетов прикладных программ
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>Интерактивные лекции;</li> <li>Лабораторные работы;</li> <li>Лекции;</li> <li>Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>Интерактивные лекции;</li> <li>Лабораторные работы;</li> <li>Лекции;</li> <li>Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>Лабораторные работы;</li> <li>Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>Конспект самоподготовки;</li> <li>Отчет по лабораторной работе;</li> <li>Зачет;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Конспект самоподготовки;</li> <li>Отчет по лабораторной работе;</li> <li>Зачет;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Отчет по лабораторной работе;</li> <li>Зачет;</li> </ul>

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>математические методы планирования и обработки эксперимента, знать математическое пакеты обработки статистической информации;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>применять методы планирования и обработки результатов экспериментов с использованием математических пакетов прикладных программ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>навыками написания программ планирования и обработки результатов эксперимента с использованием математических пакетов прикладных программ;</li> </ul>
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>математические методы планирования и обработки эксперимента;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>применять методы планирования и обработки результатов экспериментов;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>навыками написания программ планирования и обработки результатов эксперимента ;</li> </ul>
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>математические методы планирования эксперимента;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>применять методы планирования экспериментов ;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>навыками написания программ планирования эксперимента ;</li> </ul>

### 2.4 Компетенция ОПК-1

ОПК-1: способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения.



Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	решения профессиональных задач с учетом естественно-научной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности	использовать современные методы решения профессиональных задач с учетом естественно-научной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности	современными технологиями с учетом естественно-научной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Лабораторные работы;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Лабораторные работы;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Лабораторные работы;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Конспект самоподготовки;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Конспект самоподготовки;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Зачет;</li> </ul>

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 10.

Таблица 10 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	решения профессиональных задач с учетом естественно-научной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности;	использовать современные методы решения профессиональных задач с учетом естественно-научной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности;	современными технологиями с учетом естественно-научной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
Хорошо (базовый уровень)	решения профессиональных задач с учетом естественно-научной сущности проблем;	использовать современные методы решения профессиональных задач с учетом естественно-научной сущности проблем;	современными технологиями с учетом естественно-научной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности;

Удовлетворительно (пороговый уровень)	• решения профессиональных задач ;	• использовать современные методы решения профессиональных задач ;	• современными технологиями ;
---------------------------------------	------------------------------------	--	-------------------------------

### 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются 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 следующем составе.

#### 3.1 Вопросы на самоподготовку

– Параметры рассеяния СВЧ устройств. Волновые матрицы СВЧ-устройств. Анализ измерительных схем СВЧ с использованием направленных графов. Классификация измерителей параметров СВЧ-устройств. Измерительный тракт СВЧ. Назначение и структура измерительного тракта СВЧ. Измерительный тракт для определения коэффициентов отражения. Измерительный тракт для определения коэффициентов передачи. Преобразователи сигналов и СВЧ-узлы, используемые в измерительных трактах. Измерительный тракт для определения коэффициентов отражения. Измерительный тракт для определения коэффициентов передачи. Преобразователи сигналов и СВЧ-узлы, используемые в измерительных трактах. Методы измерения параметров СВЧ-устройств с использованием направленных ответвителей. Принцип разделения волн. Направленные ответвители, применяемые в измерителях параметров рассеяния. Погрешности измерительного тракта и методы его калибровки. Измерители КСВН и ослабления (скалярные анализаторы цепей СВЧ). Измерители комплексных коэффициентов рассеяния (векторные анализаторы цепей СВЧ). Автоматизированные вычислительные анализаторы цепей СВЧ

#### 3.2 Темы лабораторных работ

- Измерение временного отклика СВЧ устройств.
- Измерение S-параметров с использованием векторного анализатора цепей.
- Двухпортовые и многопортовые измерения.
- Измерение мощности СВЧ сигнала.

#### 3.3 Зачёт

– Параметры быстродействующих устройств во временной области. Методы калибровки при измерении S-параметров двухпортовых и многопортовых устройств. "Деэмбединг" как методика исключения паразитного влияния соединителей, контактных площадок и подводящих линий из результатов полного измерения S-параметров. Методы измерений параметров СВЧ-устройств на отдельных частотах. Измерительные генераторы СВЧ. Метод калибруемого многополюсника. Метод четырех зондов. Широкополосный калибруемый многополюсник. Измерение коэффициентов передачи методом калибруемого многополюсника.

– Методы измерений параметров СВЧ-устройств на отдельных частотах. Измерительная линия. Мостовые методы измерений и измерители полных сопротивлений поляризационного типа. Измерение ослабления на СВЧ. Измерительные аттенюаторы. Измерение фазовых сдвигов на СВЧ. Измерительные генераторы СВЧ. Генераторы СВЧ с механической перестройкой частоты. Генераторы качающейся частоты СВЧ-диапазона. СВЧ-синтезаторы и генераторы с цифровым управлением. Методы и средства измерения параметров сигналов на СВЧ. Классификация методов измерения параметров сигналов в диапазоне СВЧ. Измерение мощности на СВЧ. Измерение частоты СВЧ-сигналов. Анализаторы спектра СВЧ-сигналов.

### 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, согласно п. 12 рабочей программы.

#### **4.1. Основная литература**

1. Шеерман Ф.И. Измерение параметров интегральных микросхем на СВЧ: учеб. пособие.- Томск: ТУСУР, 2012. - 56 с. [Электронный ресурс]. - [http://miel.tusur.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=243](http://miel.tusur.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=243)

#### **4.2. Дополнительная литература**

1. Связанные полосковые линии и устройства на их основе. Часть 1: Учебное пособие / Малютин Н. Д., Семенов Э. В., Лоцилов А. Г., Сычев А. Н. - 2012. 176 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1962>, свободный.
2. Современные технологии и системы автоматизированного измерения на СВЧ: Конспект лекций / Глазов Г. Н. - 2012. 246 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1108>, свободный.

#### **4.3. Обязательные учебно-методические пособия**

1. Современные технологии и системы автоматизированного измерения на СВЧ: Руководство к лабораторным работам / Глазов Г. Н., Ульянов В. Н. - 2010. 16 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1109>, свободный.
2. Антенны и устройства СВЧ: Методическое пособие по самостоятельной работе студентов / Шостак А. С. - 2012. 13 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/2268>, свободный.
3. Антенны и устройства СВЧ: Учебный практикум / Козлов В. Г. - 2012. 68 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1433>, свободный.

#### **4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы**

1. Сайт компании Keysight. – [www.keysight.com](http://www.keysight.com)