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.

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

Согласована на портале № 20331

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 18 от «16» 5 2017 г.

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

Согласована на портале № 20331

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 микроэлектронных 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

Согласована на портале № 20331

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

Согласована на портале № 20331

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	

Согласована на портале № 20331

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.

Согласована на портале № 20331

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
3 семестр				
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

Согласована на портале № 20331

	начала семестра	между 1КТ и 2КТ	между 2КТ и на конец семестра	
3 семестр				
Конспект самоподготовки	10	10	10	30
Отчет по лабораторной работе	23	23	24	70
Итого максимум за период	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)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	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

12.2. Дополнительная литература

1. Связанные полосковые линии и устройства на их основе. Часть 1: Учебное пособие / Малютин Н. Д., Семенов Э. В., Лощилов 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.

Согласована на портале № 20331

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

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

Согласована на портале № 20331

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 зрениями** 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:

Согласована на портале № 20331

- 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.

Согласована на портале № 20331

Приложение 1

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

Согласована на портале № 20331

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

Согласована на портале № 20331

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 микроэлектронных СВЧ устройств, методами его настройки и калибровки
Виды занятий	• Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Конспект самоподготовки; • Отчет по лабораторной работе; • Зачет;	• Конспект самоподготовки; • Отчет по лабораторной работе; • Зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Зачет;

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)	• 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 микроэлектронных СВЧ устройств, методами его настройки и калибровки;
Хорошо (базовый уровень)	• принципы проведения измерений параметров СВЧ ИМС, основные виды измерений;	• подбирать необходимое измерительное оборудование и методы его калибровки, выбирать методики измерений в	• навыками работы с современным оборудованием для измерения параметров микроэлектронных СВЧ

Согласована на портале № 20331

		соответствии с поставленными задачами;	устройств, методами его настройки;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• принципы проведения измерений параметров СВЧ ИМС;	• подбирать необходимое измерительное оборудование и методы его калибровки;	• навыками работы с современным оборудованием для измерения параметров микроэлектронных СВЧ устройств;

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	• Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Конспект самоподготовки; • Отчет по лабораторной работе; • Зачет;	• Конспект самоподготовки; • Отчет по лабораторной работе; • Зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Зачет;

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)	• особенности составления обзоров и отчетов, разработки рекомендаций;	• составлять обзоры, формировать отчеты и разрабатывать рекомендации;	• навыками составления обзоров, отчетов и разработки рекомендаций;
Хорошо (базовый уровень)	• особенности составления обзоров и отчетов;	• составлять обзоры, формировать отчеты;	• навыками составления обзоров, отчетов;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• особенности составления обзоров;	• составлять обзоры;	• навыками составления обзоров;

Согласована на портале № 20331

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	• Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Конспект самоподготовки; • Отчет по лабораторной работе; • Зачет;	• Конспект самоподготовки; • Отчет по лабораторной работе; • Зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Зачет;

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)	• математические методы планирования и обработки эксперимента, знать математическое пакеты обработки статистической информации;	• применять методы планирования и обработки результатов экспериментов с использованием математических пакетов прикладных программ;	• навыками написания программ планирования и обработки результатов эксперимента с использованием математических пакетов прикладных программ;
Хорошо (базовый уровень)	• математические методы планирования и обработки эксперимента;	• применять методы планирования и обработки результатов экспериментов;	• навыками написания программ планирования и обработки результатов эксперимента ;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• математические методы планирования эксперимента;	• применять методы планирования экспериментов ;	• навыками написания программ планирования эксперимента ;

2.4 Компетенция ОПК-1

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

Согласована на портале № 20331

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	• Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Конспект самоподготовки; • Отчет по лабораторной работе; • Зачет;	• Конспект самоподготовки; • Отчет по лабораторной работе; • Зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Зачет;

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;

Согласована на портале № 20331

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. "Деембединг" 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 фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

Согласована на портале № 20331

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

4.2. Дополнительная литература

1. Связанные полосковые линии и устройства на их основе. Часть 1: Учебное пособие / Малютин Н. Д., Семенов Э. В., Лощилов 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

Согласована на портале № 20331