

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Радиоэлектроника и телекоммуникации»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

*«М.1.3.3.1 Проектирование элементов устройств и систем СВЧ-техники»*

направления подготовки

*«11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи»*

Профиль 1 *«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»*

форма обучения – очная

курс - 1

семестр - 1

зачетных единиц - 5,5

часов в неделю - 5

в том числе:

лекций - 18

коллоквиумы -

практические занятия - 36

лабораторные занятия - 18

самостоятельная работа - 108

зачет - нет

экзамен - 1 семестр

РГР - нет

курсовая работа - 1 семестр

курсовой проект - нет

Всего часов 198

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Цели изучения дисциплины - изучение теоретических основ проектирования элементов и устройств СВЧ-техники, базовых параметров и методов математического моделирования микроволновых систем, видов обеспечения систем компьютерного проектирования, пакетов прикладных программ моделирования, тенденций развития данного научного направления.

Научной основой дисциплины является теория следующих фундаментальных вопросов: математическое моделирование, базовые принципы автоматизированного проектирования технических систем, задача оптимального синтеза.

Теоретической базой студентов, изучающих дисциплину, должны быть следующие вопросы: теория цепей и линий передачи, теория электромагнитного поля, теория активных и пассивных СВЧ устройств.

При изучении дисциплины используется следующий методический аппарат: уравнения математической физики, исследование функций, дифференциальное и интегральное исчисление, комплексные числа, статистический анализ.

Специальными методами изложения объективно существующих законов природы и причинных связей по дисциплине служат: аналитические и численные методы анализа электромагнитных процессов, методы оптимизации, иерархический, декомпозиционный и верификационный принципы моделирования СВЧ систем.

Система обучения по дисциплине «Проектирование элементов устройств и систем СВЧ-техники» объединяет следующие виды занятий и формы учебной работы: лекции, практические и лабораторные занятия, консультации, самостоятельная работа и непрерывный контроль со стороны преподавателя процесса усвоения материала по дисциплине на всех видах занятий в течение всего периода изучения дисциплины.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП ВО**

Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении курсов «Математический анализ», «Физика», «Теория цепей», «Электромагнитные поля и волны», «Техническая электродинамика». Приобретаемые в ходе обучения по дисциплине «Проектирование элементов устройств и систем СВЧ-техники» знания, умения и компетенции необходимы для успешного изучения дисциплин: «Автоматизация проектирования радиотехнических устройств систем связи», «Теория электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств и систем».

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

ОК-5 (готовность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом);

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

ПК-10 (готовностью представлять результаты исследования в форме отчетов, рефератов, публикаций и публичных обсуждений, интерпретировать и представлять результаты научных исследований, в том числе на иностранном языке, готовностью составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований).

*В результате изучения дисциплины магистранты должны знать:*

особенности распространения ЭМ волн микроволнового диапазона в различных средах;

основы проектирования микроволновых систем;

этапы построения математических моделей СВЧ устройств;

характеристики активных приборов;

характеристики антенн и базовых линий передачи;

методы расчета СВЧ-систем;

стандарты для линий передачи;

аналитические соотношения для односвязных и двусвязных линий передачи.

основы теории поляризации радиоволн;

процессы рассеяния ЭМ волн на одномерных и двумерных периодических структурах;

*Уметь:*

проводить анализ и синтез СВЧ-устройств по заданным параметрам;

идентифицировать различные типы волн в однородных и неоднородных линиях передачи;

проводить расчет основных характеристик волноведущих структур: волнового сопротивления, постоянной распространения, затухания и т.д.;

осуществлять автоматизированное проектирование различных СВЧ элементов;

пользоваться пакетами прикладных программ математического моделирования микроволновых устройств;

решать задачи рассеяния и дифракции.

*Владеть:*

системами математических расчетов MathCad и MATLAB;

методами компьютерного моделирования микроволновых устройств и систем;

навыками разработки оригинальных программ математического моделирования и оптимизации РЭС.

**4. Распределение трудоемкости (час) дисциплины по темам и видам занятий:**

№ Мо-ду-ля	№ Не-де-ли	№ Те-мы	Наименование темы	Часы					
				Всего	Лек-ции	Коллок-виумы	Лабора-торные	Прак-тичес-кие	СРС
1	2	3	4	5	6	7		8	9
6 семестр									
1	1-6	1	Основы применения и проектирования СВЧ-систем	84	6		6	24	36
2	7-18	2	Методы расчета СВЧ-систем	114	12		12	30	36
Всего				198	28	8	18	54	72

**5. Содержание лекционного курса**

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	6		<b>Основы применения и проектирования СВЧ-систем</b>	
1	2	1	<b>Л.1. Системы компьютерного проектирования</b>	
			Введение. Области применения СВЧ излучения. Виды описаний микроволновых систем. Виды обеспечения систем автоматизированного проектирования. Машинный и интерактивный синтез. Математические модели.	1, 3, 5, 7
1	2	2	<b>Л.2. Характеристики активных СВЧ приборов</b>	
			Классификация активных СВЧ приборов. Их	8

			функции. Параметры СВЧ приборов: ширина полосы пропускания, рабочая мощность, коэффициент усиления, коэффициент шума. Примеры использования СВЧ приборов.	
1	2	3	<b>Л.3. Пассивные СВЧ устройства.</b>	
			Базовые параметры СВЧ линий передачи и резонаторов. Основные электродинамические характеристики антенн.	1, 3
2	2	4	<b>Л.4. Базовые принципы моделирования СВЧ систем</b>	
			Многоуровневое моделирование и проектирование СВЧ устройств. Схемотехническое, функциональное и техническое проектирование. Стандарты.	2, 5
2	2	5	<b>Л.5. СВЧ-устройства на прямоугольном волноводе</b>	
			Аналитические соотношения для расчета однородных и неоднородных ПрВ. Понижение размерности. Многофакторные зависимости.	1, 4
2	2	6	<b>Л.6. СВЧ-устройства на круглом волноводе</b>	
			Расчетные соотношения для однородных и неоднородных КВ. Аксиально-симметричные модели.	1, 2, 3
2	2	7	<b>Л.7. СВЧ-устройства на волноводах сложных сечений</b>	
			Классификация волноводов сложных сечений (ВСС). Формулы для расчета некоторых ВСС. СВЧ-устройства на ВСС.	1, 7
2	2	8	<b>Л.8. Коаксиальные СВЧ-элементы</b>	
			Типы волн в однородных и неоднородных коаксиальных линиях (КЛ). Расчетные соотношения. Примеры коаксиальных СВЧ-устройств.	1, 5
2	2	9	<b>Л.9. Интегральные СВЧ-системы</b>	
			Конструктивные особенности интегральных СВЧ-устройств. Эффективная диэлектрическая проницаемость. Фрактальные структуры.	2, 6

**6. Содержание коллоквиумов**  
*не предусмотрено учебным планом*

**7. Перечень практических занятий**

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Задания, вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	6	1	Формулировка технического задания на НИОКР. <u>Вопросы:</u> технические требования к изделию, требования к внешним воздействиям, требования стандартизации, технологичности, безотказности, требования к материалам и комплектующим, порядок выполнения и приемки НИОКР.	3, 5
1	6	2	Подготовка аналитического обзора по теме НИОКР. <u>Вопросы:</u> отечественные и зарубежные источники информации, цель и задачи обзора, примеры аналитических обзоров по различным РЭС.	2, 4
1	6	3	Основы терагерцевой техники. <u>Вопросы:</u> особенности ТГЧ излучения, электронно-компонентная база ТГЧ-техники, частотно-избирательные структуры, методы расчета ТГЧ-устройств.	8
1,2	6	4	Дифракционные решетки для микроволновых поляризационных устройств. <u>Вопросы:</u> поляризация ЭМ волн, передаточные характеристики сеточных поляризаторов, методы их анализа, результаты моделирования.	8
2	6	5	Полосовые фильтры на метаматериалах. <u>Вопросы:</u> метаматериалы и метаповерхности, технологии изготовления метаповерхностей, крестообразные полосовые фильтры и их характеристики, методы измерений.	7
2	6	6	Радиопоглотители в микроволновой технике. <u>Вопросы:</u> примеры радиопоглощающих материалов последнего поколения, основные направления их использования,	5

		радиопоглотители на метаматериалах.	
--	--	-------------------------------------	--

### 8. Перечень лабораторных работ

№ темы	Всего часов	Наименование лабораторной работы. Задания, вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
2	6	Моделирование собственных параметров СВЧ линий передачи методом конечных элементов. <u>Вопросы:</u> теория метода конечных элементов, этапы реализации геометрических и электродинамических моделей волноведущих структур, решение проблемы собственных значений, приложение MATLAB PDE Toolbox, постпроцессорная обработка данных.	1, 2 <a href="http://portal.sstu.ru">http://portal.sstu.ru</a>
2	6	Исследование планарных СВЧ фильтров методом моментов. <u>Вопросы:</u> метод моментов, метод интегральных уравнений, планарные структуры, полосовые фильтры, пакета программ Sonnet Lite.	3, 6 <a href="http://portal.sstu.ru">http://portal.sstu.ru</a>
2	6	Использование пакета $\mu$ Wave WISARD для расчета и оптимизации пассивных СВЧ устройств. <u>Вопросы:</u> элементы СВЧ-техники на ПрВ, индуктивные, емкостные и резонансные диафрагмы, схемотехнический подход к построению моделей.	1, 8 <a href="http://portal.sstu.ru">http://portal.sstu.ru</a>

### 9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Часов	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	18	Линии передачи, формирующие элементную базу современных систем СВЧ-техники.	1, 2, 3
2	18	Численные методы расчета ЭМ полей: метод конечных элементов, метод конечных разностей во временной области, метод матриц линий передачи.	4, 8

2	18	Пакеты программ ANSYS, HFSS ( <a href="http://www.ansoft.com">www.ansoft.com</a> ), Sonnet ( <a href="http://www.sonnetsoftware.com">www.sonnetsoftware.com</a> ).	2
2	18	Примеры использования пакетов компьютерного проектирования СВЧ-устройств.	1, 3, 4, 8
2	18	Расчет микрополосковых линий СВЧ-диапазона	1, 4
2	18	Примеры моделирования открытых СВЧ систем.	2, 3

### 10. Расчетно-графическая работа

*Не предусмотрена учебным планом*

### 11. Курсовая работа

Расчет параметров сеточных поляризаторов

### 12. Курсовой проект

*Не предусмотрен учебным планом*

### 13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

#### Этапы формирования компетенций

Компетенция		Этапы формирования
ОК-5	Знания	Последовательно, в течении всего курса, по мере прослушивания лекций.
	Умения	Последовательно, по мере выполнения заданий на практических занятиях.
	Навыки	Итерационно, при подготовке к теоретическим отчётам по лабораторным работам и в ходе собеседованиям с преподавателем во время отчёта.
ОПК-3	Знания	Последовательно, в течении всего курса, по мере прослушивания лекций.
	Умения	Последовательно, по мере выполнения заданий на практических занятиях.
	Навыки	Итерационно, при подготовке к теоретическим отчётам по лабораторным работам и в ходе собеседованиям с преподавателем во время отчёта.
ПК-10	Знания	Последовательно, в течении всего курса, по мере прослушивания лекций.
	Умения	Последовательно, по мере выполнения заданий на практических занятиях.
	Навыки	Итерационно, при подготовке к теоретическим отчётам по лабораторным работам и в ходе собеседованиям с преподавателем во время отчёта.

#### Формы контроля сформированности компетенций

Виды аттестации	Оцениваемые компетенции	Темы	Форма оценочных средств
Входной	ОК-5, ОПК-3	Электродинамические	Коллоквиум



контроль		характеристики линий передачи СВЧ диапазона, методы исследования СВЧ устройств.	
Текущий контроль	ОК-3, ОПК-3, ПК-10	Все разделы	Отчёт по лабораторным работам.
Межсессионная аттестация	ОК-3, ОПК-3, ПК-10	Физические процессы в СВЧ системах различного назначения. Разработка и проектирование СВЧ устройств. Поиск и анализ информационных источников по основным вопросам дисциплины. Подготовка отчета по НИР.	Отчёт по лабораторным работам.
Итоговый зачёт	ОК-3, ОПК-3, ПК-10	все разделы курса	Собеседование

### *Критерии оценивания сформированности компетенций*

Оценка	Компетенция		Критерии сформированности
«удовлетворительно»	ОК-3	знания	Частичное освоение теоретического материала курса.
		умения	Выполнение некоторых заданий на практических занятиях.
		навыки	Практического применения освоенных студентом методов организации исследовательских и проектных работ.
	ОПК-3	знания	Частичное освоение теоретического материала курса.
		умения	Выполнение некоторых заданий на практических занятиях.
		навыки	Освоения одного из современных направлений развития ИКТиСС.
	ПК-10	знания	Частичное освоение теоретического материала курса.
		умения	Выполнение некоторых заданий на практических занятиях.
		навыки	Представления результатов исследований в форме реферата.
«хорошо»	ОК-3	знания	Полное освоение теоретического материала курса.
		умения	Выполнение всех заданий на практических занятиях.
		навыки	Практического применения всех изучаемых в дисциплине методов организации исследовательских и проектных работ.
	ОПК-3	знания	Полное освоение теоретического материала курса.
		умения	Выполнение всех заданий на практических занятиях.
		навыки	Освоения нескольких современных направлений развития ИКТиСС.
	ПК-10	знания	Полное освоение теоретического материала курса.
		умения	Выполнение всех заданий на практических занятиях.

		навыки	Представления результатов исследований в форме реферата или развернутого отчета.
«отлично»	ОК-3	знания	Полное освоение теоретического материала курса и способность ответить на все заданные вопросы.
		умения	Самостоятельное выполнение всех заданий на практических занятиях и обработки больших массивов информации.
		навыки	Практического применения всех изучаемых в дисциплине методов организации исследовательских и проектных работ и разработки подходов для реализации этих методов.
	ОПК-3	знания	Полное освоение теоретического материала курса и способность ответить на все заданные вопросы.
		умения	Самостоятельное выполнение всех заданий на практических занятиях и обработки больших массивов информации.
		навыки	Освоения всех изучаемых в дисциплине современных направлений развития ИКТиСС.
	ПК-10	знания	Полное освоение теоретического материала курса и способность ответить на все заданные вопросы.
		умения	Самостоятельное выполнение всех заданий на практических занятиях и обработки больших массивов информации.
		навыки	Представления результатов исследований в форме реферата, развернутого отчета или научной статьи.

Фонд оценочных средств по дисциплине «Проектирование элементов устройств и систем СВЧ-техники» позволяют оценить знания, умения и уровень приобретённых компетенций.

Фонд оценочных средств по дисциплине включает в себя:

- Контрольные вопросы;
- Задания для расчетов;
- Задания для проведения занятий в интерактивной форме.

Оценка качества освоения программы дисциплины «Проектирование элементов устройств и систем СВЧ-техники» включает текущий контроль успеваемости, промежуточную и итоговую аттестацию.

Контрольные вопросы по дисциплине:

1. Области применения микроволнового излучения.
2. Виды обеспечения систем компьютерного проектирования.
3. Основные проектные процедуры. Интерактивный и машинный синтез.
4. Многоуровневое моделирование.
5. Активные СВЧ-приборы.
6. Пассивные СВЧ-устройства.
7. Антенные системы и их характеристики.
8. Проектирование СВЧ-устройств на ПрВ.

9. Разработка СВЧ-устройств на круглом волноводе.
10. Волноводы сложных сечений в СВЧ-технике.
11. Расчет коаксиальных СВЧ-устройств.
12. Планарные СВЧ-устройства.

### Вопросы для зачета

*Не предусмотрен учебным планом*

### Вопросы для экзамена

1. Особенности применения ЭМ волн СВЧ-диапазона.
2. Виды описаний микроволновых систем.
3. Виды обеспечения систем компьютерного проектирования.
4. Проектные процедуры анализа, оптимизации и синтеза.
5. Математические модели.
6. Основные параметры и характеристики активных СВЧ приборов
7. Базовые параметры линий передачи и резонаторов СВЧ диапазона.
8. Основные электродинамические характеристики СВЧ антенн.
9. Многоуровневое моделирование и проектирование СВЧ устройств.
10. Моделирование СВЧ-устройств на прямоугольном волноводе.
11. Моделирование СВЧ-устройств на круглом волноводе.
12. Моделирование СВЧ-устройств на волноводах сложных сечений,
13. Моделирование коаксиальных и планарных СВЧ-устройств.

## 14. Образовательные технологии

Для достижения планируемых результатов освоения дисциплины «Проектирование элементов устройств и систем СВЧ-техники» используются следующие образовательные технологии:

Образовательные технологии	Лекция	Практические занятия	Лабораторные занятия	СРС
Информационно-развивающие технологии	+	+	+	+
Практико-ориентированные технологии		+	+	+
Развивающие проблемно-ориентированные технологии	+	+	+	+

Личностно-ориентированные технологии		+		
--------------------------------------	--	---	--	--

#### Интерактивные формы обучения

№ пп.	Модуль	Применение технологии интерактивного обучения	Количество часов
1	1	Практические занятия. Работа в команде. СРС. Подготовка и отчет по лабораторным работам. Дискуссия.	12
2	2	Практические занятия. Работа в команде. СРС. Подготовка и отчет по лабораторным работам. Дискуссия.	24

### 15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### ОБЯЗАТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Сомов А.М., Старостин В.В., Кабетов Р.В. Антенно-фидерные устройства - М.: Горячая линия - Телеком, 2011 - 404 с. *Режим доступа:* <http://www.iprbookshop.ru/11976.html>.
2. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн : учебник / Г. А. Ерохин [и др.] ; под ред. Г. А. Ерохина. - 3-е изд. - М. : Горячая линия - Телеком, 2007. - 491 с. *Экземпляров всего - 10.*
3. Шостак А.С. Антенны и устройства СВЧ - Томск: Изд-во ТУСУР, 2012 - 125 с. *Режим доступа:* <http://www.iprbookshop.ru/14003.html>.
4. Замотринский В.А., Шангина Л.И. Устройства СВЧ и антенны. - Томск: Изд-во ТУСУР, 2012 - 222 с. *Режим доступа:* <http://www.iprbookshop.ru/13996.html>.
5. Романовский М.Н. Интегральные устройства радиоэлектроники. Ч.2. - Томск: Изд-во ТУСУР, 2012 - 127 с. *Режим доступа:* <http://www.iprbookshop.ru/13932.html>.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

6. Виноградов А.Ю., Кабетов Р.В., Сомов А.М. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны - М.: Горячая линия - Телеком, 2012 - 440 с. *Режим доступа:* <http://www.iprbookshop.ru/12063.html>.
7. Гошин Г.Г. Устройства СВЧ и антенны. Ч.2. Томск: Изд-во ТУСУР, 2012 - 159 с. *Режим доступа:* <http://www.iprbookshop.ru/13997.html>.
8. Устройства поляризации радиоволн в терагерцевом диапазоне частот / Под ред. А.С. Якунина. – М.: Радиотехника, 2012, 180 с – 256 с. *Экземпляров всего - 2.*

## ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

9. **Радиотехнические и телекоммуникационные системы.** Режим доступа:  
<http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=32217>

10. **Инфокоммуникационные технологии.** Режим доступа:  
<http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=9585>

## ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

11. <http://exir.ru/3/info.htm>, [www.2450mhz.com](http://www.2450mhz.com), [www.ieee.org](http://www.ieee.org).

## ИСТОЧНИКИ ИОС

12. УМКД по дисциплине " Проектирование элементов устройств и систем СВЧ-техники " (<http://portal.sstu.ru>)

## БАЗЫ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫЕ И ПОИСКОВЫЕ СИСТЕМЫ

[www.google.com](http://www.google.com)

<http://elibrary.ru/>

[www.rambler.ru](http://www.rambler.ru)

## 16. Материально-техническое обеспечение

Лаборатория компьютерного моделирования радиотехнических систем с 14 персональными двухядерными компьютерами и лицензионным программным обеспечением (MathCad, MATLAB, MS Office и т.д.) и лекционная аудитория с цифровым проектором и компьютером.