

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.В.ДВ.01.01 САПР устройств СВЧ

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

11.03.01 Радиотехника

Направленность (профиль)

11.03.01 Радиотехника

Форма обучения

очная

Год набора

2022

Красноярск 2023

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Программу составили \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Цель изучения дисциплины:

изучение теоретических основ САПР СВЧ, приобретение практических навыков построения и анализа моделей различных устройств СВЧ и антенн в среде САПР CST Microwave Studio.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Студенты, освоившие дисциплину, должны:

**Знать:** основные этапы проектирования устройств диапазона СВЧ; основных технических характеристик и требований, предъявляемых к устройствам, а также типовых схем и конструкций этих устройств;

**Уметь:** использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных; применять при проектировании устройств СВЧ методы моделирования, анализа работы, синтеза и оптимизации электрических параметров этих устройств, используя современную вычислительную технику;

**Владеть:** навыками самостоятельной научно-исследовательской и научно-педагогической деятельности в области САПР СВЧ устройств и иной профессиональной деятельности.

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-1: Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ</b>	
ПК-1.1: Понимает методологию проведения теоретических исследований	
ПК-1.2: Осуществляет поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, применяя современные информационные, компьютерные и сетевые технологии	
ПК-1.3: Проводит теоретические исследования электронных средств и электронных систем по типовым методикам	
<b>ПК-3: Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с</b>	

<b>использованием средств автоматизации проектирования</b>	
ПК-3.1: Выбирает системы автоматизированного проектирования радиотехнических устройств и антенн	
ПК-3.2: Работает с программными средствами с использованием современных прикладных программ по расчету радиотехнических устройств	
ПК-3.3: Рассчитывает и проектирует радиотехнические устройства в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	

#### **1.4 Особенности реализации дисциплины**

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Сем естр	
		1	2
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>3,5 (126)</b>		
занятия лекционного типа	1 (36)		
практические занятия	1 (36)		
лабораторные работы	1,5 (54)		
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>2,5 (90)</b>		
курсовое проектирование (КП)	Нет		
курсовая работа (КР)	Нет		
<b>Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>		

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. Общие сведения</b>									
	1. Общие сведения о САПР устройств СВЧ. Общая структура CST STUDIO SUITE, модуль MICROWAVE. Модули CST STUDIO. Модуль CST MICROWAVE STUDIO. Проекты и шаблоны (Projects, Templates). Обзор интерфейса MWS. Процесс работы в MWS.	2							
<b>2. Построение трехмерных моделей</b>									

1. Единицы измерения (Units). Базовые элементы (Shapes). Построение объектов, ввод координат. Выбор объектов и операции с ними, группировка объектов в компоненты. Изменение вида (View). Материалы (Materials). Геометрические преобразования объектов (Transform). Булевы операции над объектами (Boolean). Выбор вершин, ребер и граней (Picks). Операции скругления ребер и снятия фаски (Blend Edges, Chamfer Edges). Операции экструзии и вращения (Extrude, Rotate). Сопряжение, создание тонкостенной оболочки (Loft, Shell Solid or Thicken Sheet). Локальная система координат (WCS). Работа с кривыми (Curves). Редактирование (Edit). Выражения и параметры. Автоматизация создания моделей - макросы.	10							
2. Построение базовых элементов. Изменение вида. Работа с командой Transform и булевыми операциями над объектами. Построение рупорной антенны с волноводным фидером. Построение петлевого вибратора с помощью кривых.			24					
3. Работа с материалами и командой Transform.					2			
4. Построение петлевого вибратора.					6			
5. Построение рупорной антенны с коаксиальным портом.					6			
6. Построение микрополоскового направленного ответвителя.					6			
7. Построение директорной антенны.					6			
8. Построение трехмерных моделей							24	
<b>3. Источники возбуждения</b>								

1. Волноводный порт (Waveguide Port). Плоская волна (Plane Wave). Дискретный порт (Discrete Port).	4							
2. Источники возбуждения							14	
<b>4. Выполнение вычислений</b>								
1. Методы расчета в CST MICROWAVE STUDIO (Solvers). Настройки вычислений. Мониторы (Monitors). Сетка (Mesh).	6							
2. Расчет коэффициента передачи отрезка волновода и отрезка коаксиального кабеля.					4			
3. Выполнение вычислений							16	
<b>5. Представление и анализ результатов</b>								
1. 0-мерные, одномерные и многомерные результаты. Одномерные результаты (1D Results). Многомерные результаты (2D\3D Results). Диаграммы направленности (Farfield). Постобработка (Postprocessing).	6							
2. Исследование волноводного H-тройника.			6					
3. Расчет диаграммы направленности директорной антенны.					6			
4. Расчет характеристики направленности антенной решетки.					6			
5. Представление и анализ результатов							16	
<b>6. Настройка конструкций</b>								
1. Вариация параметров (Parameter Sweep). Оптимизация (Optimizer).	8							
2. Определение ширины полосы рабочих частот симметричного вибратора увеличенного радиуса.			6					

3. Определение размеров оптимального E-секториального рупора.					6			
4. Оптимизация характеристик директорной антенны.					6			
5. Настройка конструкций							20	
6.								
7.								
Всего	36		36		54		90	

## **4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **4.1 Печатные и электронные издания:**

1. Разевиг В.Д., Потапов Ю. В., Курушин А. А. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office(Москва: СОЛОН-Пресс).
2. Банков С. Е., Курушин А. А., Разевиг В. Д. Анализ и оптимизация трехмерных СВЧ-структур с помощью HFSS(Москва: СОЛОН-Пресс).
3. Панько В. С., Рязанцев Р. О., Саломатов Ю. П., Сугак М. И. САПР устройств СВЧ. Основы практической работы в "CST Microwave Studio": учебное пособие для вузов по направлению 210400 "Радиотехника"(Санкт-Петербург: СПбГЭТУ "ЛЭТИ").
4. Федоренко И. А. Применение пакета программ Microwave Office 2009 AWR для проектирования микрополосковых устройств СВЧ(Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана (Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана)).
5. Филонов А. А., Дмитриев Д. Д., Фатеев Ю. Л., Ратушняк В. Н., Фомин А. Н., Тяпкин В. Н., Гарин Е. Н., Лютиков И. В., Леусенко В. А., Филонов А. А. Устройства СВЧ и антенны: учебник для военных кафедр и курсантов учебных военных центров ВВС, обучающихся по военно-учетной специальности "Эксплуатация и ремонт радиолокационных комплексов противовоздушной обороны Военно-воздушных сил"(Красноярск: СФУ).
6. Шостак А. С. Антенны и устройства СВЧ. Часть 1. Устройства СВЧ (Москва: ТУСУР (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники)).
7. Ерохин А.А., Литинская Е. А., Панько В. С., Саломатов Ю. П. Системы автоматизированного проектирования СВЧ устройств: учебно-методическое пособие для практических занятий и самостоятельной работы [для студентов напр. 210100.68 «Электроника и наноэлектроника», 211000.68 «Конструирование и производство электронных средств»](Красноярск: СФУ).

### **4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. CST Microwave Studio 2014.

### **4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Электронно-библиотечная система учебной и научной литературы <http://ibooks.ru/>.

## **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

**6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Персональные компьютеры – 12 шт.