

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

Наименование образовательной программы: Радиоэлектронные системы и комплексы

Уровень образования: высшее образование - специалитет

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ АНТЕНН И**  
**УСТРОЙСТВ СВЧ НА БАЗЕ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ**  
**ПАКЕТОВ**


<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.11</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>9 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>9 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>9 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>9 семестр - 59,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Расчетно-графическая работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>9 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2021**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Курушин А.А.
	Идентификатор	Rec52a4a9-KurushinAA-455a674e

(подпись)


А.А. Курушин

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сизякова А.Ю.
	Идентификатор	R4eb30863-SizyakovaAY-83831ea7

(подпись)

А.Ю. Сизякова

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Куликов Р.С.
	Идентификатор	R7ef0b374-KulikovRS-e851162c

(подпись)

Р.С. Куликов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** состоит в углубленном изучении методов и программных продуктов автоматизированного проектирования антенн и СВЧ-устройств

### Задачи дисциплины

- изучение математических моделей антенн и устройств СВЧ;
- освоение современных численных методов и программных продуктов для расчета антенн и устройств СВЧ.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен выполнять компьютерное (имитационное) моделирование подсистем радиоэлектронных систем и комплексов и процессов для анализа параметров процессов и подсистем	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Знает алгоритмы и типовые методики имитационного моделирования процессов в подсистемах радиоэлектронных систем и комплексов	знать: - методы и алгоритм электродинамического моделирования антенн и устройств СВЧ.
ПК-2 Способен выполнять компьютерное (имитационное) моделирование подсистем радиоэлектронных систем и комплексов и процессов для анализа параметров процессов и подсистем	ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Умеет использовать типовые методики имитационного моделирования подсистем радиоэлектронных систем и комплексов и процессов	уметь: - выбрать метод моделирования для решения конкретной задачи, приводящий к решению с заданной точностью при минимальных затратах вычислительных и временных ресурсов.
ПК-2 Способен выполнять компьютерное (имитационное) моделирование подсистем радиоэлектронных систем и комплексов и процессов для анализа параметров процессов и подсистем	ИД-3 <sub>ПК-2</sub> Умеет использовать современные средства разработки и создания имитационных моделей радиоэлектронных устройств и радиотехнических систем с помощью стандартных пакетов прикладных программ	уметь: - моделировать антенны и устройства СВЧ с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиоэлектронные системы и комплексы (далее – ОПОП), направления подготовки 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, уровень образования: высшее образование - специалитет.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Введение	8	9	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 3-17	
1.1	Введение	8		4	-	-	-	-	-	-	-	4	-		
2	Обзор современного программного обеспечения расчета и проектирования антенн и СВЧ устройств	24		8	-	4	-	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 2-15
2.1	Обзор современного программного обеспечения расчета и проектирования антенн и СВЧ устройств	24		8	-	4	-	-	-	-	-	-	12	-	
3	Проектирование антенн и СВЧ устройств с помощью программы HFSS ANSYS и Savant	30		10	-	6	-	-	-	-	-	-	14	-	
3.1	Проектирование антенн и СВЧ устройств с помощью программы HFSS ANSYS и Savant	30		10	-	6	-	-	-	-	-	-	14	-	
4	Гибридное моделирование СВЧ-структур в HFSS	28	10	-	6	-	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 35-55	

	ANSYS												
4.1	Гибридное моделирование СВЧ-структур в HFSS ANSYS	28	10	-	6	-	-	-	-	-	12	-	
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7		
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>42</b>	<b>17.7</b>		
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>59.7</b>				

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Введение

#### 1.1. Введение

Этапы развития систем автоматизированного проектирования (САПР). Развитие зарубежных САПР СВЧ. Разработка САПР СВЧ в СССР и СНГ. САПР СВЧ нелинейных схем. Средства проектирования и программные продукты последнего поколения. Программы на основе метода конечных элементов. Программы на основе метода конечных разностей во временной области. Программе на основе метода интегральных уравнений (метод моментов)..

### 2. Обзор современного программного обеспечения расчета и проектирования антенн и СВЧ устройств

#### 2.1. Обзор современного программного обеспечения расчета и проектирования антенн и СВЧ устройств

Современные коммерческие программы электродинамического моделирования на основе численных методов: HFSS Ansoft, CST MW Studio, FEKO..

### 3. Проектирование антенн и СВЧ устройств с помощью программы HFSS ANSYS и Savant

#### 3.1. Проектирование антенн и СВЧ устройств с помощью программы HFSS ANSYS и Savant

Программа HFSS Ansoft. Расчет рупорных антенн с помощью программы HFSS Ansoft. Расчет и оптимизация микрополосковых конструкций с помощью программы HFSS Ansoft. Расчет ближнего и дальнего поля антенн/ Расчет фильтров СВЧ. Расчет СВЧ задач с мультифизическим содержанием: движение частиц в электронной лампе, ЛБВ, тепловые процессы..

### 4. Гибридное моделирование СВЧ-структур в HFSS ANSYS

#### 4.1. Гибридное моделирование СВЧ-структур в HFSS ANSYS

Расчёт малошумящего СВЧ-усилителя. Расчёт нелинейных характеристик МШУ. Нелинейные модели СВЧ-транзисторов. Анализ однокаскадного усилителя, используя нелинейную модель СВЧ-транзистора. Моделирование смесителя. Моделирование радиотрактов.

## 3.3. Темы практических занятий

1. Расчет и оптимизация микрополосковых конструкций;
2. Расчет рупорных, пач-антенн и делителей мощности на микрополосковых линиях;
3. Расчет ближнего и дальнего поля антенн;
4. Расчет режимов работы лампы бегущий волны;
5. Расчет фильтров СВЧ;
6. Расчет рупорных антенн.

## 3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)				Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	
<b>Знать:</b>						
методы и алгоритм электродинамического моделирования антенн и устройств СВЧ	ИД-1ПК-2	+	+			Тестирование/Тест «Основные методы и алгоритмы вычислительной электродинамики»
<b>Уметь:</b>						
выбрать метод моделирования для решения конкретной задачи, приводящий к решению с заданной точностью при минимальных затратах вычислительных и временных ресурсов	ИД-2ПК-2		+	+		Контрольная работа/Контрольная работа "Расчет излучения рупорной антенны в пакетах прикладных программ" Тестирование/Тест «Этапы моделирования антенн и устройств СВЧ в пакетах прикладных программ»
моделировать антенны и устройства СВЧ с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ	ИД-3ПК-2			+	+	Контрольная работа/Контрольная работа «Оптимизация параметров делителя мощности в микрополосковом исполнении в пакетах прикладных программ» Расчетно-графическая работа/Расчетное задание «Расчет в пакетах прикладных программ антенных задач с включением дискретных активных элементов»



## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**9 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Контрольная работа "Расчет излучения рупорной антенны в пакетах прикладных программ" (Контрольная работа)
2. Контрольная работа «Оптимизация параметров делителя мощности в микрополосковом исполнении в пакетах прикладных программ» (Контрольная работа)
3. Расчетное задание «Расчет в пакетах прикладных программ антенных задач с включением дискретных активных элементов» (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Тест «Основные методы и алгоритмы вычислительной электродинамики» (Тестирование)
2. Тест «Этапы моделирования антенн и устройств СВЧ в пакетах прикладных программ» (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №9)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о больно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и зачетной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 9 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Гибридное моделирование СВЧ структур в HFSS ANSYS : [учебное пособие] / Моск. энерг. ин-т (МЭИ), Ин-т радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова Моск. энерг. ин-та (ТУ), Кафедра радиотехнических приборов и антенных систем (РТП и АС) ; ред. А. А. Курушин . – Москва : Сам Полиграфист, 2020 . – 348 с. - ISBN 978-5-00166-163-4 .;
2. С. Е. Банков, А. А. Курушин, В. Д. Разевиг- "Анализ и оптимизация СВЧ-структур с помощью HFSS", (2-е изд., доп.), Издательство: "СОЛОН-ПРЕСС", Москва, 2009 - (216 с.) <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=117711>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Ansys / CAE Fidesys;
5. Майнд Видеоконференции.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	А-400, Учебная аудитория "А"	парта, стул, доска меловая, экран интерактивный, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-800/1, Учебная лаборатория антенных систем и распространения радиоволн	парта, парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стул, шкаф для документов, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, стенд лабораторный
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-801/12, Лаборатория «Цифровых методов исследования радиосистем»	стол преподавателя, стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, оборудование специализированное, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-825/3, Кабинет сотрудников каф. "РТП и АС"	кресло рабочее, стеллаж для хранения книг, стол, стул, шкаф для одежды, стол письменный, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-802/4, Склад инвентаря и оборудования	стеллаж, стол, стул, шкаф, шкаф для документов, сервер

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Автоматизированное проектирование антенн и устройств СВЧ на базе современных математических пакетов

(название дисциплины)

#### 9 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Тест «Основные методы и алгоритмы вычислительной электродинамики» (Тестирование)
- КМ-2 Тест «Этапы моделирования антенн и устройств СВЧ в пакетах прикладных программ» (Тестирование)
- КМ-3 Контрольная работа "Расчет излучения рупорной антенны в пакетах прикладных программ" (Контрольная работа)
- КМ-4 Контрольная работа «Оптимизация параметров делителя мощности в микрополосковом исполнении в пакетах прикладных программ» (Контрольная работа)
- КМ-5 Расчетное задание «Расчет в пакетах прикладных программ антенных задач с включением дискретных активных элементов» (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	10	13	15
1	Введение						
1.1	Введение		+				
2	Обзор современного программного обеспечения расчета и проектирования антенн и СВЧ устройств						
2.1	Обзор современного программного обеспечения расчета и проектирования антенн и СВЧ устройств		+	+	+		
3	Проектирование антенн и СВЧ устройств с помощью программы HFSS ANSYS и Savant						
3.1	Проектирование антенн и СВЧ устройств с помощью программы HFSS ANSYS и Savant			+	+	+	+
4	Гибридное моделирование СВЧ-структур в HFSS ANSYS						
4.1	Гибридное моделирование СВЧ-структур в HFSS ANSYS					+	+
Вес КМ, %:			10	10	25	25	30