

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

Направление подготовки/специальность: 11.04.01 Радиотехника

Наименование образовательной программы: Радиотехнические системы

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

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

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	2 семестр - 16 часов;
Практические занятия	2 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	2 семестр - 75,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Контрольная работа Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	2 семестр - 0,3 часа;

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	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)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Комаров А.А.
	Идентификатор	R8495daf1-KomarovAIA-eada3f0e

(подпись)

А.А. Комаров

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Комаров А.А.
	Идентификатор	R8495daf1-KomarovAIA-eada3f0e

(подпись)

А.А. Комаров

(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-1 Способен проводить исследования в целях совершенствования радиоэлектронных систем	ИД-2 _{ПК-1} Выполняет математическое и компьютерное моделирование радиоэлектронных систем с целью оптимизации их параметров	знать: - методы и алгоритм электродинамического моделирования антенн и устройств СВЧ. уметь: - выбрать метод моделирования для решения конкретной задачи, приводящий к решению с заданной точностью при минимальных затратах вычислительных и временных ресурсов.
ПК-2 Способен разрабатывать и модернизировать радиоэлектронные системы	ИД-2 _{ПК-2} Использует средства компьютерного моделирования в целях модернизации и совершенствования радиоэлектронных систем	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 Радиотехнические системы (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.01 Радиотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

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	19	2	2	-	-	-	-	-	-	-	17	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 3-17			
1.1	Введение	19		2	-	-	-	-	-	-	-	17	-				
2	Обзор современного программного обеспечения расчета и проектирования антенн и СВЧ устройств	26.7		4	-	4	-	-	-	-	-	-	18.7		-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 2-15	
2.1	Обзор современного программного обеспечения расчета и проектирования антенн и СВЧ устройств	26.7		4	-	4	-	-	-	-	-	-	18.7		-		
3	Проектирование антенн и СВЧ устройств с помощью программы HFSS ANSYS и Savant	31		5	-	6	-	-	-	-	-	-	20		-		<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 75-100
3.1	Проектирование антенн и СВЧ устройств с помощью программы HFSS ANSYS и Savant	31		5	-	6	-	-	-	-	-	-	20		-		
4	Гибридное моделирование СВЧ-структур в HFSS	31	5	-	6	-	-	-	-	-	-	20	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 35-55			

	ANSYS												
4.1	Гибридное моделирование СВЧ-структур в HFSS ANSYS	31	5	-	6	-	-	-	-	-	20	-	
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-	
	Всего за семестр	108.0	16	-	16	-	-	-	0.3	75.7	-	-	
	Итого за семестр	108.0	16	-	16	-	-	-	0.3	75.7	-	-	

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 рупорных, патч-антенн и делителей мощности на микрополосковых линиях;
2. Расчет ближнего и дальнего поля антенн;
3. Расчет режимов работы лампы бегущей волны;
4. Расчет фильтров СВЧ;
5. Расчет и оптимизация микрополосковых конструкций;
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	
Знать:						
методы и алгоритм электродинамического моделирования антенн и устройств СВЧ	ИД-2ПК-1	+	+			Тестирование/Тест «Основные методы и алгоритмы вычислительной электродинамики»
Уметь:						
выбрать метод моделирования для решения конкретной задачи, приводящий к решению с заданной точностью при минимальных затратах вычислительных и временных ресурсов	ИД-2ПК-1		+	+		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-2ПК-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

2 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 №2)

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

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;
3. Windows;
4. Ansys;
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
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	Е-614, Компьютерный класс каф. "РТП и АС"	стол, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-614, Компьютерный класс каф. "РТП и АС"	стол, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-614, Компьютерный класс каф. "РТП и АС"	стол, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	Е-614, Компьютерный класс каф. "РТП и АС"	стол, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-612, Учебная аудитория каф. "РТП и АС"	парта со скамьей, стол компьютерный, стул, вешалка для одежды, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-800/7, Архив каф. "РТП и АС"	стол, стул, шкаф для документов, вешалка для одежды, холодильник

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Автоматизированное проектирование антенн и устройства СВЧ на базе современных математических пакетов

(название дисциплины)

2 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	6	8	12	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