

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: Радионавигационные 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

| | |
|---|---|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.14 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 9 семестр - 3; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 108 часов |
| Лекции | 9 семестр - 32 часа; |
| Практические занятия | 9 семестр - 16 часов; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| Самостоятельная работа | 9 семестр - 59,7 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 | 9 семестр - 0,3 часа; |

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

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

А.А. Курушин

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

| | | |
|--|--|--------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Сизякова А.Ю. |
| | Идентификатор | R4eb30863-SiziakovaAY-83831ea7 |

А.Ю. Сизякова

Заведующий выпускающей
кафедрой

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

Р.С. Куликов

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 _{ПК-2} 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 _{ПК-2} 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 _{ПК-2} 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 Радионавигационные 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 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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 | | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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 | | - | | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], стр. 75-100 |
| 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 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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 | |
| | Всего за семестр | 108.0 | 32 | - | 16 | - | - | - | 0.3 | 42 | 17.7 | | |
| | Итого за семестр | 108.0 | 32 | - | 16 | - | - | 0.3 | 59.7 | | | | |

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

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-1ПК-2 | + | + | | | 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-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. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

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 | 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 |
| 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, Лекционная аудитория | 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 |