

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор института-заместитель
директора ФАКТ**

М.А. Кудров

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Антенны и устройства СВЧ
по направлению:	Техническая физика
профиль подготовки:	Радиолокационные технологии Физтех-школа авиационных и цифровых технологий кафедра технологий проектирования сложных технических систем
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 45 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: М.А. Астайкин, ассистент

Программа обсуждена на заседании кафедры технологий проектирования сложных технических систем
05.03.2025

Аннотация

Дисциплина "Антенны и устройства СВЧ» подразумевает под собой изучение принципов и систем моделирования современных антенных систем и устройств сверхвысокой частоты (СВЧ). Будет подробно рассмотрены системы и подсистемы моделирования современных антенных систем и устройств сверхвысокой частоты. Студенты научатся пользоваться своими знаниями для решения задач теории и техники антенн и устройств СВЧ, производить численные оценки по порядку величины, а также эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов. Слушатели, усвоившие материалы курса, овладеют основными методами моделирования антенн и устройств СВЧ и расчета их характеристик.

Курс проходит в формате практических занятий. Для успешного прохождения курса необходимо посещение и конспектирование занятий, выполнение практических работ и самостоятельная работа с дополнительной литературой.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- изучение принципов и систем моделирования современных антенных систем и устройств сверхвысокой частоты (СВЧ).

Задачи дисциплины

- приобретение теоретических знаний о принципах и методах моделирования применительно к внешним и внутренним задачам электродинамики;
- освоение базовых знаний в области физического моделирования антенн;
- приобретение навыков анализа и проектирования современных антенн систем (включая фазированные антенные решетки (ФАР), активные фазированные антенные решетки (АФАР) и цифровые антенные решетки (ЦАР) и СВЧ элементов, входящих в их конструкцию.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-2 Способен управлять исследовательским проектом на всех этапах его реализации	УК-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
	УК-2.2 Способен прогнозировать результат деятельности и планировать последовательность шагов для достижения данного результата. Формирует план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения
	УК-2.3 Способен организовать и координировать работу участников проекта, обеспечивать работу команды необходимыми ресурсами

	УК-2.4 Представляет публично результаты проекта (или отдельных его этапов) в форме отчетов, статей, выступлений на научно-практических конференциях, семинарах и т.п.
ОПК-1 Способен к профессиональной эксплуатации современного научного и технологического оборудования и приборов	ОПК-1.1 Понимает принципы работы используемого оборудования
	ОПК-1.2 Способен проводить эксперимент с использованием исследовательского оборудования
	ОПК-1.3 Владеет навыками безопасной работы с современными научными приборами и другим экспериментальным оборудованием
	ОПК-1.4 Знает основные правила поведения и работы в научной лаборатории
ОПК-2 Способен демонстрировать и использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук, в том числе технической физики	ОПК-2.1 Обладает фундаментальными и прикладными знаниями в профильной области технической физики
	ОПК-2.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-2.3 Понимает междисциплинарные связи в области технической физики и способен их применять при решении практических задач
ОПК-4 Способен осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, готовность к активному участию в научной и инновационной деятельности, конференциях, выставках и презентациях	ОПК-4.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-4.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-4.3 Способен выдвигать гипотезы, строить модели для описания изучаемых явлений и процессов, предлагать новые пути решения профессиональных задач
	ОПК-4.4 Способен подготовить материалы для участия в конференциях, выставках и презентациях
ПК-1 Способен критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в области технической физики
	ПК-1.2 Способен ставить задачи в области профессиональной деятельности, предлагать пути их решения
	ПК-1.3 Способен разрабатывать и применять наиболее подходящие теоретические и экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
	ПК-1.4 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях
ПК-2 Способен самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств	ПК-2.1 Владеет современными физико-техническими методами теоретического и экспериментального исследования
	ПК-2.2 Применяет методы математического анализа и строит математические модели для решения задач оптимизации
	ПК-2.3 Способен самостоятельно планировать и проводить испытания на расчетно-теоретических моделях или экспериментальном оборудовании с применением стандартных и специально разработанных инструментальных и (или) программных средств

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия теории и техники антенн и устройств СВЧ;
- порядки численных величин, основных характеристик антенн и устройств СВЧ;
- типы современных антенн и устройств СВЧ и области их применения;
- современные проблемы теории и техники антенн и устройств СВЧ.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения задач теории и техники антенн и устройств СВЧ;
- производить численные оценки по порядку величины;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- основными методами моделирования антенн и устройств СВЧ и расчета их характеристик;
- навыками самостоятельной работы и Интернете;
- навыками грамотной обработки результатов численного эксперимента и сопоставления с теоретическими данными.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение	10	5		7
2	Моделирование СВЧ техники	10	5		7
3	Системы моделирования	10	5		31
Итого часов		30	15		45
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 2 (Весенний)

1. Введение

Моделирование. Модель как способ формирования облика изделия. Линии передачи. СВЧ Типы линий передач, характеристики, область применения. Антенны. Типы излучателей, рефлекторы, антенные системы, антенные решётки.

2. Моделирование СВЧ техники

Моделирование СВЧ техники. Иерархия моделей. Способы представления физических характеристик изделия.

Теория длинных линий. Упрощённый подход. Экспресс анализ характеристик системы.

Метод интегральных уравнений. Точные решения для граничных задач электродинамики с детерминированной геометрией.

Проекционные методы. Численные методы решения для граничных задач электродинамики с недетерминированной геометрией.

Анализ моделей. Границы применимости методов. Требования к вычислительным средствам. Точность моделирования.

3. Системы моделирования

ИПК «Лямбда MDS». Архитектура, характеристики и возможности системы.

ИПК «Лямбда MDS» Подсистема «WF». Архитектура, характеристики и возможности подсистемы. Формализованное задание.

Подсистема «WF». Внутренние задачи. Применение подсистемы.

Подсистема «WF». Внешние задачи. Применение подсистемы.

ИПК «Лямбда MDS». Подсистема «ANTENN». Архитектура, характеристики и возможности подсистемы. Формализованное задание.

Подсистема «ANTENN». Зеркальные антенны. Применение подсистемы. Геометрическая оптика.

Подсистема «ANTENN». Антенные решётки. Применение подсистемы. Особенности моделирования АФАР.

Agilent HFSS. Архитектура, характеристики и возможности системы. Применение подсистемы для решения внутренних задач. Применение подсистемы для решения внешних задач.

Системы моделирования. MiCan, CST, MWS. Сравнение характеристик и возможностей систем.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Стандартная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Никольский И. И., Орлов В. П., Феоктистов В. Г. Автоматизированное проектирование устройств СВЧ. - «Радио и связь», 1982.
2. Чернушенко А. М., Меланченко Н. Е., Малорадский Л. Г., Петров Б. В. Конструкции СВЧ устройств и экранов. - М.: «Радио и связь», 1983.
3. О.Г. Вендик, М.Д. Парнес, Антенны с электрическим сканированием. - М.: САЙНС-ПРЕСС, 2002.

Дополнительная литература

1. ИПК «ЛямбдаMDS» документация.
2. Agilent HFSS документация
3. Гостюхин В.Л., Гринева К. И., Трусков В.Н., Вопросы проектирования активных ФАР с использованием ЭВМ / под редакцией В.Л. Гостюхина. - М.: «Радио и связь», 1983.
4. Д.И. Воскресенский. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток. - М.: «Радиотехника», 2012.
5. Неганов В.А., Яровой Г.П., Теория и применение устройств СВЧ: учебное пособие для ВУЗов. - М.: «Радио и связь», 2006.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по учебной и научной литературе);
- подготовку к дифференцированному зачету.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению: Техническая физика
профиль подготовки: Радиолокационные технологии
Физтех-школа авиационных и цифровых технологий
кафедра технологий проектирования сложных технических систем
курс: 1
квалификация: магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: М.А. Астайкин, ассистент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-2 Способен управлять исследовательским проектом на всех этапах его реализации	УК-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
	УК-2.2 Способен прогнозировать результат деятельности и планировать последовательность шагов для достижения данного результата. Формирует план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения
	УК-2.3 Способен организовать и координировать работу участников проекта, обеспечивать работу команды необходимыми ресурсами
	УК-2.4 Представляет публично результаты проекта (или отдельных его этапов) в форме отчетов, статей, выступлений на научно-практических конференциях, семинарах и т.п.
ОПК-1 Способен к профессиональной эксплуатации современного научного и технологического оборудования и приборов	ОПК-1.1 Понимает принципы работы используемого оборудования
	ОПК-1.2 Способен проводить эксперимент с использованием исследовательского оборудования
	ОПК-1.3 Владеет навыками безопасной работы с современными научными приборами и другим экспериментальным оборудованием
	ОПК-1.4 Знает основные правила поведения и работы в научной лаборатории
ОПК-2 Способен демонстрировать и использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук, в том числе технической физики	ОПК-2.1 Обладает фундаментальными и прикладными знаниями в профильной области технической физики
	ОПК-2.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-2.3 Понимает междисциплинарные связи в области технической физики и способен их применять при решении практических задач
ОПК-4 Способен осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, готовность к	ОПК-4.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-4.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)

активному участию в научной и инновационной деятельности, конференциях, выставках и презентациях	ОПК-4.3 Способен выдвигать гипотезы, строить модели для описания изучаемых явлений и процессов, предлагать новые пути решения профессиональных задач
	ОПК-4.4 Способен подготовить материалы для участия в конференциях, выставках и презентациях
ПК-1 Способен критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в области технической физики
	ПК-1.2 Способен ставить задачи в области профессиональной деятельности, предлагать пути их решения
	ПК-1.3 Способен разрабатывать и применять наиболее подходящие теоретические и экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
	ПК-1.4 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях
ПК-2 Способен самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств	ПК-2.1 Владеет современными физико-техническими методами теоретического и экспериментального исследования
	ПК-2.2 Применяет методы математического анализа и строит математические модели для решения задач оптимизации
	ПК-2.3 Способен самостоятельно планировать и проводить испытания на расчетно-теоретических моделях или экспериментальном оборудовании с применением стандартных и специально разработанных инструментальных и (или) программных средств

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Антенны и устройства СВЧ» обучающийся должен:

знать:

- основные понятия теории и техники антенн и устройств СВЧ;
- порядки численных величин, основных характеристик антенн и устройств СВЧ;
- типы современных антенн и устройств СВЧ и области их применения;
- современные проблемы теории и техники антенн и устройств СВЧ.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения задач теории и техники антенн и устройств СВЧ;
- производить численные оценки по порядку величины;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- основными методами моделирования антенн и устройств СВЧ и расчета их характеристик;
- навыками самостоятельной работы и Интернете;
- навыками грамотной обработки результатов численного эксперимента и сопоставления с теоретическими данными.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится короткий (10-15 минут) опрос по материалу прошедших занятий в устной или письменной форме.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета:

1. Классификация антенных систем. Способы возбуждения. Сравнительные характеристики.
2. Моделирование. Модель как способ формирования облика изделия.
3. Линии передачи. СВЧ Типы линий передач, характеристики, область применения
4. Антенны. Типы излучателей, рефлекторы, антенные системы, антенные решётки.
5. Моделирование СВЧ техники. Иерархия моделей. Способы представления физических характеристик изделия.
6. Теория длинных линий. Упрощённый подход. Экспресс анализ характеристик системы.
7. Метод интегральных уравнений. Точные решения для граничных задач электродинамики с детерминированной геометрией.
8. Проекционные методы. Численные методы решения для граничных задач электродинамики с недетерминированной геометрией.
9. Анализ моделей. Границы применимости методов. Требования к вычислительным средствам. Точность моделирования.
10. Структура формализованного задания ИПК «ЛямбдаMDS». Базовый элемент. Волновой пакет. Матрица рассеяния
11. Проект моделирования HFSS. Метод конечных элементов – преимущества и недостатки.
12. Расчёт характеристик ФАР и АФАР с помощью ИПК «ЛямбдаMDS» и HFSS.
13. Возможности формирования специальных форм диаграмм направленности в ФАР и АФАР. Амплитудный и фазовый синтез диаграмм направленности.

Критерии оценивания

Оценка отлично (10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Дифференцированный зачет проводится в устной форме.

При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 20 минут на подготовку. Опрос обучающегося проводится в течение 30 минут.

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.