

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

Направление подготовки/специальность: 11.03.01 Радиотехника

Наименование образовательной программы: Беспроводные технологии и интернет вещей

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная

Рабочая программа дисциплины
ТЕХНИКА СВЧ И АНТЕННЫЕ УСТРОЙСТВА


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.02.03
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	8 семестр - 8 часов;
Практические занятия	8 семестр - 4 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	8 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	8 семестр - 128,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	8 семестр - 1,2 часа;
включая: Тестирование Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	8 семестр - 0,3 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Михайлов М.С.
	Идентификатор	R88495daf-MikhailovMS-74da3f0e

(подпись)


М.С. Михайлов

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крутских В.В.
	Идентификатор	R49539849-KrutsikhVV-f157536f


(подпись)

В.В. Крутских

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шалимова Е.В.
	Идентификатор	Rf4bb1f0c-ShalimovaYV-f267ebd6

(подпись)

Е.В. Шалимова

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: теоретическое освоение основных разделов теории электромагнитного поля, линий передач СВЧ и физически обоснованное использование теории электромагнитного поля при проектировании СВЧ устройств электронных средств и антенн в соответствии с заданными требованиями и подготовки соответствующей конструкторской документации

Задачи дисциплины

- изучение принципа действия основных разделов теории электромагнитного поля, линий передач СВЧ;
- изучение представления в КД конструкций различных СВЧ устройств и антенн;
- овладение навыками работы по исследованию структуры электромагнитного поля, проведению расчетов основных характеристик линий передачи 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 разрабатывать математические модели радиоэлектронных устройств, подсистем радиоэлектронных систем и комплексов на основе компьютерного моделирования алгоритмов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов	ИД-2 _{ПК-2} Знает методы построения структурных схем радиоэлектронного устройства и подсистем радиоэлектронных систем и комплексов, реализующих требуемые алгоритмы обработки	знать: - основы теории электромагнитного поля, основные характеристики направляемых электромагнитных волн; - конструктивные особенности компонентов СВЧ устройств и антенн, принцип их действия. уметь: - осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования линий передачи СВЧ и антенн; - выполнять расчет и проектирование линий передачи СВЧ и антенн для электронных средств в соответствии с техническим заданием.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Беспроводные технологии и интернет вещей (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.01 Радиотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

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 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ 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	Общая теория антенн и СВЧ устройств	27.00	8	2.0	-	1.0 0	-	0.5	-	0.3	-	23.2	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Общая теория антенн и СВЧ устройств"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Общая теория антенн и СВЧ устройств" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Общая теория антенн и СВЧ устройств"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], п.2-5 [3], п.5-8</p>
1.1	Уравнения Максвелла	8.65		0.5	-	0.2 5	-	0.3	-	0.1	-	7.5	-	
1.2	Постановка задач электродинамики, методы их решения	8.95		1	-	0.2 5	-	0.1	-	0.1	-	7.5	-	
1.3	Распространение радиоволн в природных условиях	9.4		0.5	-	0.5	-	0.1	-	0.1	-	8.2	-	
2	Теория и техника СВЧ устройств	27.20	8	2.0	-	1.0 0	-	0.7	-	0.3	-	23.2	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Теория и техника СВЧ устройств"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Теория и техника СВЧ устройств" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Теория и техника СВЧ устройств"</p>
2.1	Уравнения электродинамики для направляемых волн	8.65		0.5	-	0.2 5	-	0.3	-	0.1	-	7.5	-	
2.2	Технические характеристики и особенности конструирования фидеров различных диапазонов	8.55		0.5	-	0.2 5	-	0.2	-	0.1	-	7.5	-	
2.3	Фидерные устройства	10.0		1	-	0.5	-	0.2	-	0.1	-	8.2	-	

	и их элементы												<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], п.7-9
3	Теория и техника антенных устройств и систем	27.00	2	-	1.0	-	0.5	-	0.30	-	23.2	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Теория и техника антенных устройств и систем"
3.1	Теория антенн	13.45	1	-	0.5	-	0.2	-	0.15	-	11.6	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u>
3.2	Многоэлементные антенны (решётки)	13.55	1	-	0.5	-	0.3	-	0.15	-	11.6	-	Изучение материала по разделу "Теория и техника антенных устройств и систем" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Теория и техника антенных устройств и систем" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], с.15-28
4	Проектирование и оптимизация антенн и СВЧ устройств	26.8	2	-	1	-	0.3	-	0.3	-	23.2	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Проектирование и оптимизация антенн и СВЧ устройств"
4.1	Технология изготовления антенн и СВЧ устройств	26.8	2	-	1	-	0.3	-	0.3	-	23.2	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Проектирование и оптимизация антенн и СВЧ устройств" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Проектирование и оптимизация антенн и СВЧ устройств" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], п.7-12
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	35.7	
	Всего за семестр	144.00	8.0	-	4.0 0	-	2.0	-	1.20	0.3	92.8	35.7	

	Итого за семестр	144.00		8.0	-	4.0 0	2.0	1.20	0.3	128.5	
--	------------------	--------	--	-----	---	----------	-----	------	-----	-------	--

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Общая теория антенн и СВЧ устройств

1.1. Уравнения Максвелла

Материальные уравнения и типы сред. Векторные и скалярные потенциалы электромагнитного поля. Волновые уравнения и уравнения Гельмгольца. Граничные условия.

1.2. Постановка задач электродинамики, методы их решения

Внутренние и внешние задачи электродинамики. Теорема единственности.

1.3. Распространение радиоволн в природных условиях

Излучение электромагнитных волн. Элементарные излучатели. Ближняя и дальняя зоны. Электромагнитное поле заданного распределения возбуждающих токов в свободном пространстве. Сведение задачи об излучении антенн к интегральным и интегро-дифференциальным уравнениям.

2. Теория и техника СВЧ устройств

2.1. Уравнения электродинамики для направляемых волн

Типы направляющих систем. Полые и коаксиальные волноводы. Искусственные диэлектрики. Квазиоптические направляющие системы.

2.2. Технические характеристики и особенности конструирования фидеров различных диапазонов

Теория электромагнитных резонаторов. Теория сложных волноводных устройств. Многомодовые матрицы рассеяния, проводимости и сопротивления. Основные свойства одномодовых матриц.

2.3. Фидерные устройства и их элементы

Элементы возбуждения волноводов и резонаторов. Устройства регулирования амплитудных, фазовых и поляризационных характеристик. Аттenuаторы, фазовращатели, поляризаторы. Частотные фильтры, элементы теории и классификация.

3. Теория и техника антенных устройств и систем

3.1. Теория антенн

Приёмная и передающая антенны, их основные параметры и технические характеристики. Система однопольных излучателей. Теорема перемножения диаграмм. Эквивалентные решётки. Непрерывные распределения.

3.2. Многоэлементные антенны (решётки)

Фазированные антенные решетки (ФАР). Многолучевые антенные решетки. Антенны длинных, средних и коротких волн. Антенные решётки с электронным сканированием. Системы управления ФАР, применение ферритов и полупроводниковых элементов. Диаграммообразование ФАР с помощью оптических методов.

4. Проектирование и оптимизация антенн и СВЧ устройств

4.1. Технология изготовления антенн и СВЧ устройств

Современные компьютерные технологии проектирования, расчёта и оптимизации антенных и СВЧ – устройств широкого применения.

3.3. Темы практических занятий

1. Энергия электромагнитного поля. Теорема Умова–Пойнтинга;
2. Плоские однородные волны в изотропных средах с потерями и без потерь и в гиротропных средах (плазма и феррит при наличии подмагничивания);
3. Коммутационные устройства, применение ферритов и полупроводниковых элементов. Антенные переключатели;
4. Особенности активных СВЧ устройств на основе полупроводниковых и миниатюрных вакуумных приборов (генераторы, умножители частоты, малошумящие усилители);
5. Соотношение режимов приёма и передачи, теорема взаимности. Эффективная поверхность антенны;
6. Модели базовых элементов разных уровней. Составление модели сложного объекта;
7. Методы технологии конструирования антенных и СВЧ устройств;
8. Методы технологии конструирования интегральных схем СВЧ.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Общая теория антенн и СВЧ устройств"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Теория и техника СВЧ устройств"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Теория и техника антенных устройств и систем"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Проектирование и оптимизация антенн и СВЧ устройств"

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:						
конструктивные особенности компонентов СВЧ устройств и антенн, принцип их действия	ИД-2ПК-2	+				Тестирование/Электромагнитные волны
основы теории электромагнитного поля, основные характеристики направляемых электромагнитных волн	ИД-2ПК-2				+	Тестирование/Теория СВЧ устройств
Уметь:						
выполнять расчет и проектирование линий передачи СВЧ и антенн для электронных средств в соответствии с техническим заданием	ИД-2ПК-2		+			Контрольная работа/Простейшие излучатели
осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования линий передачи СВЧ и антенн	ИД-2ПК-2			+		Контрольная работа/Фазированные антенные решетки

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

8 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Простейшие излучатели (Контрольная работа)
2. Теория СВЧ устройств (Тестирование)
3. Фазированные антенные решетки (Контрольная работа)
4. Электромагнитные волны (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №8)

Экзамен выставляется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Гольдштейн, Л. Д. Электромагнитные поля и волны / Л. Д. Гольдштейн, Н. В. Зернов . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Советское радио, 1971 . – 664 с.;
2. Неганов, В. А. Устройства СВЧ и антенны: [в 2-х ч.] : [учебник] / В. А. Неганов, Д. С. Клюев, Д. П. Табаков ; ред. В. А. Неганов . – Изд. стер . – Москва : Эдиториал УРСС, 2022 . Ч. 2 : Теория и техника антенн / В. А. Неганов, Д. С. Клюев, Д. П. Табаков . – 2022 . – 728 с. - ISBN 978-5-9519-2427-8 .;
3. В. А. Замотринский, Л. И. Шангина- "Устройства СВЧ и антенны" 1, Издательство: "Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники", Томск, 2012 - (223 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208566>;
4. Бузов А. Л., Бузова М. А., Клюев Д. С., Кольчугин Ю. И., Красильников А. Д., Носов Н. А.- "Антенно-фидерные устройства профессиональных систем подвижной радиосвязи", Издательство: "ПГУТИ", Самара, 2020 - (76 с.)
<https://e.lanbook.com/book/255371>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Micro-Cap.

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. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
5. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
6. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
7. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
8. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
9. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
10. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
11. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;>
<http://docs.cntd.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-417/6, Белая мультимедийная студия	стол компьютерный, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Ж-417/7, Световая черная студия	стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
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	Ж-2006, Конференц-зал ИДДО	стол, стул, компьютер персональный, кондиционер

Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ж-417 /2а, Помещение для инвентаря	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования
--	---------------------------------------	---

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Техника СВЧ и антенные устройства

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Электромагнитные волны (Тестирование)
- КМ-2 Простейшие излучатели (Контрольная работа)
- КМ-3 Фазированные антенные решетки (Контрольная работа)
- КМ-4 Теория СВЧ устройств (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	3	6	9	12
1	Общая теория антенн и СВЧ устройств					
1.1	Уравнения Максвелла		+			
1.2	Постановка задач электродинамики, методы их решения		+			
1.3	Распространение радиоволн в природных условиях		+			
2	Теория и техника СВЧ устройств					
2.1	Уравнения электродинамики для направляемых волн			+		
2.2	Технические характеристики и особенности конструирования фидеров различных диапазонов			+		
2.3	Фидерные устройства и их элементы			+		
3	Теория и техника антенных устройств и систем					
3.1	Теория антенн				+	
3.2	Многоэлементные антенны (решётки)				+	
4	Проектирование и оптимизация антенн и СВЧ устройств					
4.1	Технология изготовления антенн и СВЧ устройств					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25