

**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**

<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.02.03</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>8 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>8 семестр - 8 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>8 семестр - 4 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>8 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>8 семестр - 128,5 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>8 семестр - 1,2 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>8 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

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

М.С. Михайлов

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

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

В.В. Крутских

Заведующий выпускающей  
кафедрой

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

Е.В. Шалимова

## 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 <sub>ПК-2</sub> Знает методы построения структурных схем радиоэлектронного устройства и подсистем радиоэлектронных систем и комплексов, реализующих требуемые алгоритмы обработки	знать: - конструктивные особенности компонентов СВЧ устройств и антенн, принцип их действия; - основы теории электромагнитного поля, основные характеристики направляемых электромагнитных волн.  уметь: - выполнять расчет и проектирование линий передачи СВЧ и антенн для электронных средств в соответствии с техническим заданием; - осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования линий передачи СВЧ и антенн.

## 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><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Общая теория антенн и СВЧ устройств"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Общая теория антенн и СВЧ устройств" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Общая теория антенн и СВЧ устройств"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [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		2.0	-	1.0 0	-	0.7	-	0.3	-	23.2	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Теория и техника СВЧ устройств"</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Теория и техника СВЧ устройств" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> 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												<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], п.7-9
3	Теория и техника антенных устройств и систем	27.00	2	-	1.0	-	0.5	-	0.30	-	23.2	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> 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	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b>
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 <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Теория и техника антенных устройств и систем" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], с.15-28
4	Проектирование и оптимизация антенн и СВЧ устройств	26.8	2	-	1	-	0.3	-	0.3	-	23.2	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> 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	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Проектирование и оптимизация антенн и СВЧ устройств" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Проектирование и оптимизация антенн и СВЧ устройств" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], п.7-12
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	35.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.00</b>	<b>8.0</b>	<b>-</b>	<b>4.0</b> <b>0</b>	<b>-</b>	<b>2.0</b>	<b>-</b>	<b>1.20</b>	<b>0.3</b>	<b>92.8</b>	<b>35.7</b>	

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

## **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](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-201, 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