

**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**  
**РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН**

<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.02.02</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>6 семестр - 5;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>180 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>6 семестр - 8 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>6 семестр - 8 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>6 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>6 семестр - 160,2 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>6 семестр - 1,5 часа;</b>
<b>включая:</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Тестирование</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>6 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2023**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	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)

## 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-KrutskiKhVV-f1575360

(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:** изучение условий распространения радиоволн в различных средах и основных методов расчета радиолиний

### Задачи дисциплины

- формирование представления о параметрах естественных сред распространения радиоволн;
- изучение особенностей распространения радиоволн в различных средах;
- изучение основных методов расчета радиолиний;
- приобретение навыков по применению методов расчета для типичных радиолиний.

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-1ПК-2 Знает методы выполнения расчетов основных технических характеристик радиоэлектронных устройств	знать: - основные уравнения электромагнитного поля и методы их использования при расчетах простейших структур для изучения электромагнитных волн, условия распространения электромагнитных волн в различных средах.  уметь: - оценивать влияние среды распространения и используемых антенн на характеристики конкретных радиотрасс; - применять методы математического моделирования радиолиний различных видов по типовым методикам; - обрабатывать экспериментальные данные с использованием современных технологий; - осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию по распространению радиоволн в различных средах и параметрам сред.

## 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 5 зачетных единиц, 180 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	Общие вопросы распространения радиоволн	28.9	6	1.6	-	1.6	-	0.4	-	0.3	-	25	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Общие вопросы распространения радиоволн" материалу  <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>                      [2], стр. 120-135</p>
1.1	Общие вопросы распространения радиоволн	28.9		1.6	-	1.6	-	0.4	-	0.3	-	25	-	
2	Распространение радиоволн вблизи поверхности Земли	28.9		1.6	-	1.6	-	0.4	-	0.3	-	25	-	
2.1	Распространение радиоволн вблизи поверхности Земли	28.9		1.6	-	1.6	-	0.4	-	0.3	-	25	-	
3	Структура атмосферы Земли. Ионосфера и ее влияние на распространение радиоволн	28.9		1.6	-	1.6	-	0.4	-	0.3	-	25	-	
3.1	Структура атмосферы	28.9	1.6	-	1.6	-	0.4	-	0.3	-	25	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в</p>	

	Земли. Ионосфера и ее влияние на распространение радиоволн												разделе "Структура атмосферы Земли. Ионосфера и ее влияние на распространение радиоволн" материалу <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 271-288
4	Тропосфера и ее влияние на распространение радиоволн	28.9	1.6	-	1.6	-	0.4	-	0.3	-	25	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Тропосфера и ее влияние на распространение радиоволн"
4.1	Тропосфера и ее влияние на распространение радиоволн	28.9	1.6	-	1.6	-	0.4	-	0.3	-	25	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Тропосфера и ее влияние на распространение радиоволн". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 139-151
5	Спутниковые линии связи	28.4	1.6	-	1.6	-	0.4	-	0.3	-	24.5	-	<b><u>Подготовка расчетных заданий:</u></b> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Спутниковые линии связи".
5.1	Спутниковые линии связи	28.4	1.6	-	1.6	-	0.4	-	0.3	-	24.5	-	Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Спутниковые линии связи" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 371-384
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	35.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>8.0</b>	<b>-</b>	<b>8.0</b>	<b>-</b>	<b>2.0</b>	<b>-</b>	<b>1.5</b>	<b>0.3</b>	<b>124.5</b>	<b>35.7</b>	

	<b>Итого за семестр</b>	<b>180.0</b>		<b>8.0</b>	<b>-</b>	<b>8.0</b>	<b>2.0</b>	<b>1.5</b>	<b>0.3</b>	<b>160.2</b>	
--	-------------------------	--------------	--	------------	----------	------------	------------	------------	------------	--------------	--

**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. Общие вопросы распространения радиоволн

#### 1.1. Общие вопросы распространения радиоволн

Общие вопросы распространения радиоволн. Поле излучателя в свободном пространстве. Уравнение идеальной радиопередачи. Напряженность электрического поля в свободном пространстве. Область пространства, существенная для распространения радиоволн, зоны Френеля. Дифракция радиоволн на плоских экранах.

### 2. Распространение радиоволн вблизи поверхности Земли

#### 2.1. Распространение радиоволн вблизи поверхности Земли

Параметры реальных сред, образующих поверхность Земли. Влияние земной поверхности на распространение радиоволн. Расстояние прямой видимости. Классификация моделей радиотрасс, проходящих вблизи поверхности Земли для антенн, поднятых над поверхностью Земли. Поле излучателя, поднятого над плоской Землей, интерференционный множитель. Анализ зависимости напряженности электрического поля от угла наблюдения, высот антенн и протяженности радиолинии. Формула Введенского. Учет сферичности Земли. Приведенные высоты. Рассеяние радиоволн шероховатыми поверхностями. Поле электрического вибратора, расположенного вблизи поверхности Земли. О расчете поля в зонах полу тени и тени. Поле в непосредственной близости от поверхности Земли и в Земле. Расчет радиолиний вблизи поверхности Земли. Учет отражения от земной поверхности.

### 3. Структура атмосферы Земли. Ионосфера и ее влияние на распространение радиоволн

#### 3.1. Структура атмосферы Земли. Ионосфера и ее влияние на распространение радиоволн

Строение ионосферы и источники ионизации. Понятие простого слоя. Диэлектрическая проницаемость ионосферы без учета влияния магнитного поля Земли. Поглощения радиоволн в ионосфере. Фазовая и групповая скорости в ионосфере. Отражение и преломление радиоволн в ионосфере. Условие отражения от ионосферы. Определение траектории волны. Вертикальное и наклонное падение радиоволн на ионосферу, закон секанса. Скачковый способ распространения радиоволн. Данные экспериментальных исследований ионосферы. Метод вертикального зондирования. Расчет линий коротковолнового диапазона. Замирания сигнала в точке приема. Принципы планирования коротковолновой связи. Влияние магнитного поля Земли на электродинамические параметры ионосферы. Тензор диэлектрической проницаемости. Продольное и поперечное распространение радиоволн ионосфере. Эффект Фарадея, обыкновенные и необыкновенные радиоволны.

### 4. Тропосфера и ее влияние на распространение радиоволн

#### 4.1. Тропосфера и ее влияние на распространение радиоволн

Влияние тропосферы на распространение радиоволн. Строение тропосферы. Диэлектрическая проницаемость. Понятие нормальной тропосферы. Рефракция радиоволн в тропосфере. Эквивалентный радиус Земли. Рассеяние радиоволн на неоднородностях тропосферы. Поглощение радиоволн в тропосфере. Влияние гидrometeorov на распространение радиоволн. Особенности распространения оптического излучения. Расчет радиолиний вблизи поверхности Земли с учетом рефракции и поглощения в тропосфере.

### 5. Спутниковые линии связи

#### 5.1. Спутниковые линии связи

Особенности РРВ на космических радиополосах. Выбор частотного диапазона. Характеристики межпланетной среды в Солнечной системе. Влияние тропосферы и ионосферы на работу космических радиополос.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Распространение радиоволн вблизи поверхности Земли;
2. Структура атмосферы Земли. Ионосфера и ее влияние на распространение радиоволн;
3. Тропосфера и ее влияние на распространение радиоволн.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. 1.Консультации по возникшим у студентов проблемам теоретического и прикладного характера 2.Анализ типичных ошибок при выполнении контрольных заданий: тестов, контрольных работ 3.Ответы на вопросы, возникшие при подготовки тем курса 4.Рекомендация дополнительной литературы
2. 1.Консультации по возникшим у студентов проблемам теоретического и прикладного характера 2.Анализ типичных ошибок при выполнении контрольных заданий: тестов, контрольных работ 3.Ответы на вопросы, возникшие при подготовки тем курса 4.Рекомендация дополнительной литературы
3. 1.Консультации по возникшим у студентов проблемам теоретического и прикладного характера 2.Анализ типичных ошибок при выполнении контрольных заданий: тестов, контрольных работ 3.Ответы на вопросы, возникшие при подготовки тем курса 4.Рекомендация дополнительной литературы
4. 1.Консультации по возникшим у студентов проблемам теоретического и прикладного характера 2.Анализ типичных ошибок при выполнении контрольных заданий: тестов, контрольных работ 3.Ответы на вопросы, возникшие при подготовки тем курса 4.Рекомендация дополнительной литературы
5. 1.Консультации по возникшим у студентов проблемам теоретического и прикладного характера 2.Анализ типичных ошибок при выполнении контрольных заданий: тестов, контрольных работ 3.Ответы на вопросы, возникшие при подготовки тем курса 4.Рекомендация дополнительной литературы

### **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	5	
<b>Знать:</b>							
основные уравнения электромагнитного поля и методы их использования при расчетах простейших структур для изучения электромагнитных волн, условия распространения электромагнитных волн в различных средах	ИД-1ПК-2					+	Тестирование/Особенности РРВ на космических радиополосах
<b>Уметь:</b>							
осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию по распространению радиоволн в различных средах и параметрам сред	ИД-1ПК-2	+					Контрольная работа/Защита лабораторной работы №1
обрабатывать экспериментальные данные с использованием современных технологий	ИД-1ПК-2		+				Контрольная работа/Защита лабораторной работы №2
применять методы математического моделирования радиополос различных видов по типовым методикам	ИД-1ПК-2			+			Контрольная работа/Защита лабораторной работы №3
оценивать влияние среды распространения и используемых антенн на характеристики конкретных радиотрасс	ИД-1ПК-2				+		Контрольная работа/Распространение радиоволн в тропосфере

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

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**6 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Особенности РРВ на космических радиополосах (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Защита лабораторной работы №1 (Контрольная работа)
2. Защита лабораторной работы №2 (Контрольная работа)
3. Защита лабораторной работы №3 (Контрольная работа)
4. Распространение радиоволн в тропосфере (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Экзамен (Семестр №6)*

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

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

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

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Баскаков, С. И. Электродинамика и распространение радиоволн : Учебное пособие для вузов по специальности "Радиотехника" / С. И. Баскаков . – М. : Высшая школа, 1992 . – 416 : 13.50 .;
2. Муромцев Д. Ю., Зырянов Ю. Т., Федюнин П. А., Белоусов О. А.- "Электродинамика и распространение радиоволн", (2-е изд., доп.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2021 - (448 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/168682>.

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. 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](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>

## 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-200б, 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

## Распространение радиоволн

(название дисциплины)

## 6 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Защита лабораторной работы №1 (Контрольная работа)

КМ-2 Защита лабораторной работы №2 (Контрольная работа)

КМ-3 Защита лабораторной работы №3 (Контрольная работа)

КМ-4 Распространение радиоволн в тропосфере (Контрольная работа)

КМ-5 Особенности РРВ на космических радиоприемах (Тестирование)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	3	6	9	12	15
1	Общие вопросы распространения радиоволн						
1.1	Общие вопросы распространения радиоволн		+				
2	Распространение радиоволн вблизи поверхности Земли						
2.1	Распространение радиоволн вблизи поверхности Земли			+			
3	Структура атмосферы Земли. Ионосфера и ее влияние на распространение радиоволн						
3.1	Структура атмосферы Земли. Ионосфера и ее влияние на распространение радиоволн				+		
4	Тропосфера и ее влияние на распространение радиоволн						
4.1	Тропосфера и ее влияние на распространение радиоволн					+	
5	Спутниковые линии связи						
5.1	Спутниковые линии связи						+
Вес КМ, %:			20	20	20	20	20