

**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: Радиоэлектронные системы и комплексы

Уровень образования: высшее образование - специалитет

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕХНИКА ЗЕРКАЛЬНЫХ АНТЕНН**

<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.11</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>8 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>8 семестр - 48 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>8 семестр - 59,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Расчетно-графическая работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</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	Коган Б.Л.
	Идентификатор	R3f42d628-KoganBL-c954ef20

Б.Л. Коган

**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 изучении используемых в радиотехнических системах зеркальных антенн (ЗА), предъявляемых к ним техническим требованиям, устройств СВЧ, входящих в состав ЗА, методов анализа характеристик и проектирования ЗА..

### Задачи дисциплины

- изучение устройства и характеристик ЗА различных типов;;
- изучение технических требований, предъявляемых к ЗА, и способах их выполнения в различных диапазонах частот;;
- освоение методов проектирования зеркальных антенн и их составных радиотехнических элементов..

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-1 Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы подсистем радиоэлектронных систем и комплексов, в том числе с использованием математического моделирования алгоритмов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Знает методы выполнения расчетов основных технических характеристик схем подсистем радиоэлектронных систем и комплексов	знать: - методы выполнения технических расчетов характеристик используемого оборудования; - основные требования, предъявляемые к зеркальным антеннам.
ПК-1 Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы подсистем радиоэлектронных систем и комплексов, в том числе с использованием математического моделирования алгоритмов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Умеет использовать методы математических расчетов характеристик радиотехнических устройств, систем и процессов для анализа и оптимизации их параметров	уметь: - применять методы расчёту зеркальных антенн и их элементов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиоэлектронные 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	Области применения зеркальных антенн	6	8	4	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Области применения ЗА"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 4-19</p> <p><b><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u></b> Каждому студенту даётся индивидуальный вариант проектирования несимметричной двухзеркальной антенны с компенсацией кроссполяризации.</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Поляризационные характеристики зеркальных антенн и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 20-32</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы расчёта зеркальных антенн"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 33-47 [3], стр. 90-100</p>	
1.1	Области применения зеркальных антенн	6		4	-	-	-	-	-	-	-	-	2		-
2	Поляризационные характеристики зеркальных антенн	17		8	-	-	-	-	-	-	-	-	9		-
2.1	Поляризационные характеристики зеркальных антенн	17		8	-	-	-	-	-	-	-	-	9		-
3	Методы расчёта зеркальных антенн	22		12	-	-	-	-	-	-	-	-	10		-
3.1	Методы расчёта зеркальных антенн	22	12	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-		

4	Антенно-фидерные устройства зеркальных антенн	15	8	-	-	-	-	-	-	-	7	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Антенно-фидерные устройства зеркальных антенн" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 115-129
4.1	Антенно-фидерные устройства зеркальных антенн	15	8	-	-	-	-	-	-	-	7	-	
5	Сложные зеркальные антенны	20	12	-	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Сложные зеркальные антенны и подготовка к контрольной работе <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Сложные зеркальные антенны" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр. 103-120
5.1	Сложные зеркальные антенны	20	12	-	-	-	-	-	-	-	8	-	
6	Матричная теория волноводных устройств	10	4	-	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Матричная теория волноводных устройств" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр. 58-72
6.1	Матричная теория волноводных устройств	10	4	-	-	-	-	-	-	-	6	-	
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>48</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>42</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>48</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>59.7</b>		

**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. Области применения зеркальных антенн

##### 1.1. Области применения зеркальных антенн

Общая теория и классические типы зеркальных антенн. Однозеркальные и двухзеркальные антенны. Показатели эффективности зеркальных антенн. Может ли эффективная площадь антенны быть больше геометрической? Теоретические ограничения коэффициента усиления малых антенн - теория Чу. Теоретические ограничения коэффициента усиления любых антенн.

#### 2. Поляризационные характеристики зеркальных антенн

##### 2.1. Поляризационные характеристики зеркальных антенн

Эллипс поляризации, параметры Стокса и сфера Пуанкаре Режим поляризационного уплотнения. Возникновение и компенсация поляризационных искажений в несимметричных зеркальных антеннах.

#### 3. Методы расчёта зеркальных антенн

##### 3.1. Методы расчёта зеркальных антенн

Метод геометрической оптики, метод параболического уравнения и гауссовы пучки, метод геометрической теории дифракции, метод физической оптики..

#### 4. Антенно-фидерные устройства зеркальных антенн

##### 4.1. Антенно-фидерные устройства зеркальных антенн

Облучатели зеркальных антенн. Элементы тракта зеркальных антенн: поляризаторы, ортомодовые устройства, фильтры, диплексеры и мультиплексеры.

#### 5. Сложные зеркальные антенны

##### 5.1. Сложные зеркальные антенны

Зеркальные антенны с модифицированными профилями зеркал. Лучеводы в трактах зеркальных антенн. Многолучевые зеркальные антенны..

#### 6. Матричная теория волноводных устройств

##### 6.1. Матричная теория волноводных устройств

Многополюсники на основе волноводных элементов. Свойства матриц многополюсников, отражающие закон сохранения энергии и теорему взаимности..

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

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Области применения ЗА"

2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Поляризационные характеристики зеркальных антенн"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы расчёта зеркальных антенн"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Антенно-фидерные устройства зеркальных антенн"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Сложные зеркальные антенны"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Матричная теория волноводных устройств"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Поляризационные характеристики зеркальных антенн"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Сложные зеркальные антенны"

### **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	6	
<b>Знать:</b>								
основные требования, предъявляемые к зеркальным антеннам	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>	+	+					Контрольная работа/Контрольная работа "Поляризационные характеристики антенн"
методы выполнения технических расчетов характеристик используемого оборудования	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>			+				Контрольная работа/Контрольная работа "Геометрическая и физическая оптика и построение лучевода с компенсацией кроссполяризации"
<b>Уметь:</b>								
применять методы расчёту зеркальных антенн и их элементов	ИД-2 <sub>ПК-1</sub>				+	+	+	Расчетно-графическая работа/Расчётное задание "Проектирование несимметричной двухзеркальной антенны с компенсированной кроссполяризацией"

## **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: Письменная работа

1. Контрольная работа "Геометрическая и физическая оптика и построение лучевода с компенсацией кроссполяризации" (Контрольная работа)
2. Контрольная работа "Поляризационные характеристики антенн" (Контрольная работа)
3. Расчётное задание "Проектирование несимметричной двухзеркальной антенны с компенсированной кроссполяризацией" (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №8)*

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 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. Фролов О. П., Вальд В. П.- "Зеркальные антенны для земных станций спутниковой связи", Издательство: "Горячая линия-Телеком", Москва, 2012 - (496 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=5245](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5245);
2. Коган, Б. Л. Поляризационные характеристики антенн : учебное пособие по курсу "Устройства СВЧ и антенны" по направлению "Радиотехника" / Б. Л. Коган ; ред. В. В. Бодров ; Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 48 с. - ISBN 978-5-9902974-3-2 .  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=5695>;
3. Коган, Б. Л. Электромагнитные поля круговой поляризации в теории зеркальных антенн: 05.12.07 - Антенны, СВЧ устройства и их технологии : Диссертация доктора технических наук / Б. Л. Коган, ФГУП 'Особое конструкторское бюро МЭИ' . – М . – 2004 . – 179 с.;
4. Вуд, П. Анализ и проектирование зеркальных антенн : пер. с англ. / П. Вуд . – М. : Радио и связь, 1984 . – 208 с..

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

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
5. GNU Octave.

### 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. 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 промежуточной аттестации	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
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-800/6, Кабинет сотрудников каф. "РТП и АС"	кресло рабочее, стол компьютерный, стул, шкаф для документов, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, 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

## Техника зеркальных антенн

(название дисциплины)

## 8 семестр

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

- КМ-1 Контрольная работа "Поляризационные характеристики антенн" (Контрольная работа)  
 КМ-2 Контрольная работа "Геометрическая и физическая оптика и построение лучевода с компенсацией кроссполяризации" (Контрольная работа)  
 КМ-3 Расчётное задание "Проектирование несимметричной двухзеркальной антенны с компенсированной кроссполяризацией" (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	5	10	15
1	Области применения зеркальных антенн				
1.1	Области применения зеркальных антенн		+		
2	Поляризационные характеристики зеркальных антенн				
2.1	Поляризационные характеристики зеркальных антенн		+		
3	Методы расчёта зеркальных антенн				
3.1	Методы расчёта зеркальных антенн			+	
4	Антенно-фидерные устройства зеркальных антенн				
4.1	Антенно-фидерные устройства зеркальных антенн				+
5	Сложные зеркальные антенны				
5.1	Сложные зеркальные антенны				+
6	Матричная теория волноводных устройств				
6.1	Матричная теория волноводных устройств				+
Вес КМ, %:			30	20	50