

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

---

Направление подготовки/специальность: 11.04.01 Радиотехника

Наименование образовательной программы: Радиотехнические системы

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО**  
**ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	2 семестр - 32 часа;
Практические занятия	2 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	2 семестр - 59,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	2 семестр - 0,3 часа;

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Баскаков А.И.
	Идентификатор	R46d2b27d-BaskakovAI-105a725f

А.И. Баскаков


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Комаров А.А.
	Идентификатор	R8495daf1-KomarovAIA-eada3f0e

А.А. Комаров

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Комаров А.А.
	Идентификатор	R8495daf1-KomarovAIA-eada3f0e

А.А. Комаров

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** состоит в углубленном изучении методов и средств радиолокации, применяемых при дистанционном исследовании Земли и космического пространства.

### Задачи дисциплины

- освоение основ анализа работы и расчета технических характеристик радиолокационных систем дистанционного зондирования Земли и космического пространства;
- изучение методов оценки помехоустойчивости радиолокационных систем дистанционного зондирования Земли.

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 и модернизировать радиоэлектронные системы	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Разрабатывает структурные, функциональные и принципиальные схемы радиоэлектронных систем	знать: - методы построения структурных схем радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли.  уметь: - выполнять расчет основных показателей качества радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли.
ПК-2 Способен разрабатывать и модернизировать радиоэлектронные системы	ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Использует средства компьютерного моделирования в целях модернизации и совершенствования радиоэлектронных систем	знать: - методы расчета основных характеристик радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли.  уметь: - выполнять математическое моделирование радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли на основе структурных схем.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиотехнические системы (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.01 Радиотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

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	Характеристики объектов радиолокационного наблюдения в радиофизических задачах	16.7	2	5	-	2	-	-	-	-	-	9.7	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> [1] стр. 13-76; подготовка к тесту «Основные характеристики радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли»</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 13-76 [2], 6-32</p>
1.1	Характеристики объектов радиолокационного наблюдения в радиофизических задачах	16.7		5	-	2	-	-	-	-	-	9.7	-	
2	Общие проблемы дистанционного зондирования при радиофизических исследованиях окружающей среды. Устройства пассивного визирования в СВЧ и ИК диапазонах.	17		5	-	2	-	-	-	-	-	10	-	
2.1	Общие проблемы дистанционного зондирования при радиофизических исследованиях окружающей среды.	17		5	-	2	-	-	-	-	-	10	-	

	Устройства пассивного визирования в СВЧ и ИК диапазонах.													
3	Радиолокационные методы исследования характеристик рассеяния поверхности Земли. Радиоастрономические методы исследования космического пространства	19	5	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 176-209, 318-351 [2], 87-92	
3.1	Радиолокационные методы исследования характеристик рассеяния поверхности Земли. Радиоастрономические методы исследования космического пространства	19	5	-	4	-	-	-	-	-	10	-		
4	Прецизионная радиовысотометрия из космоса	19	5	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 210-248	
4.1	Прецизионная радиовысотометрия из космоса	19	5	-	4	-	-	-	-	-	10	-		
5	Основы теории радиолокаторов с синтезированным раскрывом антенны.	21	7	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 249-285	
5.1	Основы теории радиолокаторов с синтезированным раскрывом антенны.	21	7	-	4	-	-	-	-	-	10	-		
6	Радиолокаторы	15	5	-	-	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Изучение материалов литературных</u></b>	

	подповерхностного зондирования – георадары												<b>источников:</b> [1], 286-317
6.1	Радиолокаторы подповерхностного зондирования – георадары	15	5	-	-	-	-	-	-	-	10	-	
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>59.7</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>59.7</b>	<b>-</b>	<b>-</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. Характеристики объектов радиолокационного наблюдения в радиофизических задачах

1.1. Характеристики объектов радиолокационного наблюдения в радиофизических задачах

Основные определения. Принципы измерения координат и параметров движения объектов. Локационные цели. Сложные и групповые цели. Объемно-распределенные цели. Поверхностно-распределенные цели. Тактико-технические характеристики локационных систем. Энергетические соотношения в задачах дистанционного зондирования. Статистический подход к синтезу оптимальных алгоритмов обнаружения и оценки параметров радиолокационных сигналов. Расчеты характеристик обнаружения и потенциальных точностных характеристик локационных систем..

### 2. Общие проблемы дистанционного зондирования при радиофизических исследованиях окружающей среды. Устройства пассивного визирования в СВЧ и ИК диапазонах.

2.1. Общие проблемы дистанционного зондирования при радиофизических исследованиях окружающей среды. Устройства пассивного визирования в СВЧ и ИК диапазонах.

Требования к носителям приборов дистанционного зондирования, предназначенных для исследования окружающей среды. Формирование орбит космических носителей аппаратуры дистанционного зондирования Земли. Комплексование аппаратуры дистанционного зондирования, системы сбора и передачи информации. Устройства пассивного визирования в СВЧ и ИК диапазонах. Особенности пассивного визирования. Радиотепловое излучение. Радиометрические приемники. Реализация спутниковых радиометрических комплексов. Пассивная локация малозаметных объектов. Пассивное визирование в инфракрасном диапазоне Устройства пассивного визирования в СВЧ и ИК диапазонах..

### 3. Радиолокационные методы исследования характеристик рассеяния поверхности Земли. Радиоастрономические методы исследования космического пространства

3.1. Радиолокационные методы исследования характеристик рассеяния поверхности Земли. Радиоастрономические методы исследования космического пространства

Особенности скаттерометрии в радиодиапазоне. Задачи, решаемые скаттерометрами. Методы обзора пространства. Методы пространственной селекции. Способы снятия характеристик отражения и обеспечение точности измерений. Режим работы скаттерометров. Примеры некоторых разработанных и испытанных радиоскаттерометрических систем для исследования характеристик морской поверхности. Результаты экспериментальных измерений характеристик отражения скаттерометрами и использования их для определения некоторых свойств земных покровов. Что изучает радиоастрономия? Диапазоны электромагнитных излучений при проводятся астрономических наблюдениях. Характеристики радиотелескопов: размер антенной системы, чувствительность приемника, ширина полосы пропускания входного фильтра, интервалы когерентного и некогерентного накопления. Ограничение размеров самых больших радиотелескопов. Системы с разнесенным приемом - фазовые, корреляционно-амплитудные, либо корреляционно-фазовые. Высокостабильные атомные опорные генераторы, участвующих в сеансе наблюдений с радиоинтерферометрическими системами со сверхдлинными базами. Метод апертурного синтеза. Картографирование поверхности планеты с Земли в режиме активной локации..

### 4. Прецизионная радиовысотометрия из космоса

#### 4.1. Прецизионная радиовысотометрия из космоса

Задачи, решаемые прецизионным радиовысотомером космического базирования. Обзор современного состояния спутниковой радиовысотометрии. Анализ статистических характеристик сигналов прецизионного радиовысотомера, отраженных от морской поверхности. Синтез оптимальных алгоритмов обработки отраженных сигналов и оценка потенциальной точности измерения высоты. Особенности реализации структурной схемы прецизионного радиовысотомера..

### 5. Основы теории радиолокаторов с синтезированным раскрывом антенны.

#### 5.1. Основы теории радиолокаторов с синтезированным раскрывом антенны.

Назначение радиолокаторов с синтезированной апертурой и способы обзора пространства. Принцип получения высокого разрешения по поверхности. Анализ траекторного сигнала. Принцип обработки сигналов РСА. Расчет основных параметров и выбор формы зондирующего сигнала. Принципы построения РСА. Структурная схема РСА и оценка качества получаемой информации. Системы цифровой обработки. Интерферометрический режим работы РСА..

### 6. Радиолокаторы подповерхностного зондирования – георадары

#### 6.1. Радиолокаторы подповерхностного зондирования – георадары

Электрические свойства сред с потерями (диссипативные среды) и их влияние на характеристики прохождения радиоволн. Отражение электромагнитных волн от слоистой среды. Методы радиолокационного подповерхностного зондирования. Особенности обработки подповерхностных сигналов..

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

1. Вычисление характеристик объектов радиолокационного наблюдения;
2. Обнаружение температурного контраста микроволновыми радиометрами;
3. Анализ характеристик скаттерометра;
4. Радиointерферометры со сверхдлинной базой;
5. Высокоточная радиовысотометрия;
6. Радиолокационная система с синтезированием апертуры антенны;
7. Цифровая обработка изображений в радиолокаторах с синтезированием апертуры антенны.

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

### **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>								
методы построения структурных схем радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли	ИД-1ПК-2	+						Тестирование/Тест «Основные характеристики радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли»
методы расчета основных характеристик радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли	ИД-2ПК-2		+					Контрольная работа/Контрольная работа «Радиолокатор с синтезированной апертурой антенны»
<b>Уметь:</b>								
выполнять расчет основных показателей качества радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли	ИД-1ПК-2			+	+			Контрольная работа/Контрольная работа «Прецизионная радиовысотометрия» Контрольная работа/Контрольная работа «Расчёт основных параметров радиометра»
выполнять математическое моделирование радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли на основе структурных схем	ИД-2ПК-2					+	+	Контрольная работа/Контрольная работа «Подповерхностная радиолокация»

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

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

**2 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа «Подповерхностная радиолокация» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа «Прецизионная радиовысотометрия» (Контрольная работа)
3. Контрольная работа «Радиолокатор с синтезированной апертурой антенны» (Контрольная работа)
4. Контрольная работа «Расчёт основных параметров радиометра» (Контрольная работа)
5. Тест «Основные характеристики радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли» (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №2)*

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

В диплом выставляется оценка за 2 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, А. И. Локационные методы исследования объектов и сред : учебник для вузов по специальности 210301 "Радиофизика" / А. И. Баскаков ; Ред. А. И. Баскаков. – М. : АКАДЕМИЯ, 2011. – 384 с. – (Высшее профессиональное образование). – ISBN 978-5-7695-7436-8.;
2. Владимиров В. М., Дмитриев Д. Д., Тяпкин В. Н., Фатеев Ю. Л.- "Дистанционное зондирование Земли", Издательство: "СФУ", Красноярск, 2014 - (196 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=64590](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=64590).

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

1. СДО "Прометей";
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
4. Python;
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. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Е-612, Учебная аудитория кафедры "РТП и АС"	парта со скамьей, стол компьютерный, стул, вешалка для одежды, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-612, Учебная аудитория кафедры "РТП и АС"	парта со скамьей, стол компьютерный, стул, вешалка для одежды, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-612, Учебная аудитория кафедры "РТП и АС"	парта со скамьей, стол компьютерный, стул, вешалка для одежды, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный
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-612, Учебная аудитория кафедры "РТП и АС"	парта со скамьей, стол компьютерный, стул, вешалка для одежды, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, 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

### Радиотехнические системы дистанционного зондирования Земли

(название дисциплины)

#### 2 семестр

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

- КМ-1 Тест «Основные характеристики радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли» (Тестирование)  
 КМ-2 Контрольная работа «Расчёт основных параметров радиометра» (Контрольная работа)  
 КМ-3 Контрольная работа «Прецизионная радиовысотометрия» (Контрольная работа)  
 КМ-4 Контрольная работа «Радиолокатор с синтезированной апертурой антенны» (Контрольная работа)  
 КМ-5 Контрольная работа «Подповерхностная радиолокация» (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	3	6	9	12	15
1	Характеристики объектов радиолокационного наблюдения в радиофизических задачах						
1.1	Характеристики объектов радиолокационного наблюдения в радиофизических задачах		+				
2	Общие проблемы дистанционного зондирования при радиофизических исследованиях окружающей среды. Устройства пассивного визирования в СВЧ и ИК диапазонах.						
2.1	Общие проблемы дистанционного зондирования при радиофизических исследованиях окружающей среды. Устройства пассивного визирования в СВЧ и ИК диапазонах.					+	
3	Радиолокационные методы исследования характеристик рассеяния поверхности Земли. Радиоастрономические методы исследования космического пространства						
3.1	Радиолокационные методы исследования характеристик рассеяния поверхности Земли. Радиоастрономические методы исследования космического пространства			+	+		
4	Прецизионная радиовысотометрия из космоса						
4.1	Прецизионная радиовысотометрия из космоса			+	+		
5	Основы теории радиолокаторов с синтезированным раскрывом антенны.						
5.1	Основы теории радиолокаторов с синтезированным раскрывом антенны.						+

6	Радиолокаторы подповерхностного зондирования – георадары					
6.1	Радиолокаторы подповерхностного зондирования – георадары					+
Вес КМ, %:		20	20	20	20	20