

**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: Радионавигационные системы и комплексы

Уровень образования: высшее образование - специалитет

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ**

<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.13</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>9 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>9 семестр - 16 часов;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>9 семестр - 16 часов;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>9 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>9 семестр - 73,5 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>Тестирование</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>9 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2023**

**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	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 пространственно-временных радиосистем, методов их анализа, а также методов и средств пространственно-временной обработки радиосигналов, применяемых в радиолокационных системах с синтезированной апертурой, а также в пространственно-временных системах управления, космической связи и навигации..

### Задачи дисциплины

- изучение методов анализа пространственно-временных радиосистем;
- изучение методов обработки сигналов в радиолокационных системах с синтезированной апертурой, а также пространственно-временных радиосистем управления, космической связи и навигации.

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 расчета основных характеристик и показателей качества пространственно-временных радиосистем.
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: - выполнять расчет основных характеристик и показателей качества пространственно-временных радиосистем; - реализовать алгоритм пространственно-временной обработки радиосигналов по заданному техническому заданию.
ПК-1 Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы подсистем радиоэлектронных систем	ИД-3 <sub>ПК-1</sub> Знает методы построения структурных схем радиоэлектронного устройства или системы, реализующих требуемые алгоритмы обработки	знать: - методы и средства пространственно-временной обработки радиосигналов.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
и комплексов, в том числе с использованием математического моделирования алгоритмов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов		

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радионавигационные 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	Введение. Наземные, космические и наземно-космические радиоизмерительные системы.	7	9	2	-	-	-	-	-	-	-	5	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 4-22	
1.1	Введение. Наземные, космические и наземно-космические радиоизмерительные системы.	7		2	-	-	-	-	-	-	-	5	-		
2	Основы теории и техники синтезированных антенных решеток	14		4	-	4	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 23-35
2.1	Основы теории и техники синтезированных антенных решеток	14		4	-	4	-	-	-	-	-	-	6	-	
3	Радиоинтерферометрия и синтез в радиоастрономии и космических исследованиях.	12		2	-	4	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 57-75 [2], стр. 164-185
3.1	Радиоинтерферометрия и синтез в радиоастрономии и космических исследованиях.	12		2	-	4	-	-	-	-	-	-	6	-	

4	Дифференциальные синтезированные радиосистемы космической связи и навигации	10	2	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [1], стр. 49-51
4.1	Дифференциальные синтезированные радиосистемы космической связи и навигации	10	2	-	2	-	-	-	-	-	6	-	
5	Аппаратура и методы реализации синтезированных когерентных радиосистем.	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [1], стр. 63-90
5.1	Аппаратура и методы реализации синтезированных когерентных радиосистем.	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
6	Современные радиointерферометрические системы	17	4	-	2	-	-	-	-	-	11	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [3], стр. 249-285, 372-379
6.1	Современные радиointерферометрические системы	17	4	-	2	-	-	-	-	-	11	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>40</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.5</b>	<b>73.5</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. Введение. Наземные, космические и наземно-космические радиоизмерительные системы.

1.1. Введение. Наземные, космические и наземно-космические радиоизмерительные системы.

Обзор: назначение, история развития, классификации, современные пространственно-временные радиосистемы космической связи и навигации, перспективы развития..

#### 2. Основы теории и техники синтезированных антенных решеток

2.1. Основы теории и техники синтезированных антенных решеток

Пространственная когерентность радиоизлучения. Обобщенная функция неопределенности. Системы апертурного синтеза..

#### 3. Радиоинтерферометрия и синтез в радиоастрономии и космических исследованиях.

3.1. Радиоинтерферометрия и синтез в радиоастрономии и космических исследованиях.

Фазосвязанная радиоинтерферометрия. Дифракционные решетки. Корреляционные решетки. РСДБ – системы. Радиоинтерферометры с независимыми гетеродинами. Пространственно-временная система реального времени. Обобщенная схема радиоинтерферометра.

#### 4. Дифференциальные синтезированные радиосистемы космической связи и навигации

4.1. Дифференциальные синтезированные радиосистемы космической связи и навигации

Системы дифференциальной пассивной радиолокации, в том числе система Дельта-ДОР. Системы дифференциальной активной радиолокации. Дифференциальные сетевые космические навигационные системы..

#### 5. Аппаратура и методы реализации синтезированных когерентных радиосистем.

5.1. Аппаратура и методы реализации синтезированных когерентных радиосистем.

Приемо-передающие радиоинтерферометрические станции. Антенны, малозумящие приемники, системы преобразования сигналов, системы частотно временной синхронизации, системы передачи данных. Системы цифровой обработки. Обобщенные методы цифровой обработки данных измерительных радиосистем. Обобщенные схемы корреляционной обработки данных. Системы вторичной обработки и анализа корреляционных данных. Специальное ПО для решения астрофизических задач. Специальное ПО для решения задач астрометрии и космической геодезии. Специальное ПО для решения задач космической связи и навигации. Центры контроля и управления. Системы подготовки экспериментов. Системы управления и контроля. Технологические центры разработки перспективных радиосистем..

#### 6. Современные радиоинтерферометрические системы

6.1. Современные радиоинтерферометрические системы

Наземно-космический радиоинтерферометр «Радиоастрон». Радиоинтерферометрический комплекс «Квазар-КВО». Многофункциональная антенная система МАС НРТК «ОКБ МЭИ» КНС ГЛОНАСС, GPS, GALILEO, BEYDOU. Пространственно-временная система реального времени. Международные РСДБ-сети. Многофункциональная система космической связи и

навигации SCAN. Перспективные проекты космических исследований: «Радиоастрон», «Миллиметрон»..

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

1. Применение алгоритмов обобщенного корреляционного и спектрального анализа для пространственно-временной обработки случайных и детерминированных сигналов радиосистем с синтезированной апертурой;
2. Особенности проектирования антенных систем с синтезированной апертурой, систем обзора пространства;
3. Энергетический расчет радиолинии при воздействии помех;
4. Выбор диапазонов излучения и приема сигналов различного назначения;
5. Проектирование систем вторичной обработки радиоинтерферометрических сигналов;
6. Проектирование устройств первичной обработки радиоинтерферометрических сигналов;
7. Оптимальный выбор формы зондирующего сигнала;
8. Радиоинтерферометрические системы для радиоастрономических исследований. Проектирование корреляционного спецпроцессора;
9. Методы сложения радиоинтерферометрических сигналов.

### **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 расчета основных характеристик и показателей качества пространственно-временных радиосистем	ИД-1 <sub>ПК-1</sub>	+	+					Тестирование/Тест «Основные параметры пространственно-временных радиосистем»
методы и средства пространственно-временной обработки радиосигналов	ИД-3 <sub>ПК-1</sub>			+				Тестирование/Тесты «Радиоинтерферометрические системы для радиоастрономических исследований»
<b>Уметь:</b>								
реализовать алгоритм пространственно-временной обработки радиосигналов по заданному техническому заданию	ИД-2 <sub>ПК-1</sub>					+	+	Контрольная работа/Контрольная работа «Радиоинтерферометрические системы для радиоастрономических исследований»
выполнять расчет основных характеристик и показателей качества пространственно-временных радиосистем	ИД-2 <sub>ПК-1</sub>				+			Контрольная работа/Контрольная работа «Основные параметры пространственно-временных радиосистем»

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

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

**9 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа «Основные параметры пространственно-временных радиосистем» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа «Радиоинтерферометрические системы для радиоастрономических исследований» (Контрольная работа)
3. Тест «Основные параметры пространственно-временных радиосистем» (Тестирование)
4. Тесты «Радиоинтерферометрические системы для радиоастрономических исследований» (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Экзамен (Семестр №9)*

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 9 семестр.

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

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

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

1. Коростелев, А. А. Пространственно-временная теория радиосистем : учебное пособие для радиотехнических специальностей вузов / А. А. Коростелев . – М. : Радио и связь, 1987 . – 320 с.;
2. Д. Д. Краус- "Радиоастрономия", Издательство: "Советское радио", Москва, 1973 - (228 с.) <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=45346>;
3. Томпсон, А. Р. Интерферометрия и синтез в радиоастрономии : пер. с англ. / А. Р. Томпсон, Д. М. Моран, Д. У. Свенсон, мл. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Физматлит, 2003 . – 624 с. - ISBN 5-922100-15-7 ..

### **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-402, Учебная аудитория	парта, стул, доска меловая, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Е-801/12, Лаборатория «Цифровых методов исследования радиосистем»	стол преподавателя, стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, оборудование специализированное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-801/1, Учебная лаборатория радиолокационных и радионавигационных систем	парта со скамьей, стол преподавателя, стол, стол компьютерный, стул, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, лабораторный стенд, ноутбук
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-825/3, Кабинет сотрудников каф. "РТП и АС"	кресло рабочее, стеллаж для хранения книг, стол, стул, шкаф для одежды, стол письменный, доска маркерная, 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

### Пространственно-временная обработка сигналов

(название дисциплины)

#### 9 семестр

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

- КМ-1 Тест «Основные параметры пространственно-временных радиосистем» (Тестирование)
- КМ-2 Тесты «Радиоинтерферометрические системы для радиоастрономических исследований» (Тестирование)
- КМ-3 Контрольная работа «Основные параметры пространственно-временных радиосистем» (Контрольная работа)
- КМ-4 Контрольная работа «Радиоинтерферометрические системы для радиоастрономических исследований» (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Введение. Наземные, космические и наземно-космические радиоизмерительные системы.					
1.1	Введение. Наземные, космические и наземно-космические радиоизмерительные системы.		+			
2	Основы теории и техники синтезированных антенных решеток					
2.1	Основы теории и техники синтезированных антенных решеток		+			
3	Радиоинтерферометрия и синтез в радиоастрономии и космических исследованиях.					
3.1	Радиоинтерферометрия и синтез в радиоастрономии и космических исследованиях.			+		
4	Дифференциальные синтезированные радиосистемы космической связи и навигации					
4.1	Дифференциальные синтезированные радиосистемы космической связи и навигации				+	
5	Аппаратура и методы реализации синтезированных когерентных радиосистем.					
5.1	Аппаратура и методы реализации синтезированных когерентных радиосистем.					+
6	Современные радиоинтерферометрические системы					
6.1	Современные радиоинтерферометрические системы					+
Вес КМ, %:			15	25	30	30