

**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**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Пространственно-временная обработка сигналов**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шимкин П. Е.
	Идентификатор	R5cfa3315-ShimkinPY-194441df

(подпись)

П.Е. Шимкин

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сизякова А.Ю.
	Идентификатор	R4eb30863-SiziakovaAY-83831ea7

(подпись)

А.Ю.  
Сизякова

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Куликов Р.С.
	Идентификатор	R7ef0b374-KulikovRS-e851162c

(подпись)

Р.С. Куликов

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. 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 Знает методы выполнения расчетов основных технических характеристик схем подсистем радиоэлектронных систем и комплексов

ИД-2 Умеет использовать методы математических расчетов характеристик радиотехнических устройств, систем и процессов для анализа и оптимизации их параметров

ИД-3 Знает методы построения структурных схем радиоэлектронного устройства или системы, реализующих требуемые алгоритмы обработки

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

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)

## БРС дисциплины

9 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Введение. Наземные, космические и наземно-космические радиоизмерительные системы.					
Введение. Наземные, космические и наземно-космические радиоизмерительные системы.	+				
Основы теории и техники синтезированных антенных решеток					
Основы теории и техники синтезированных антенных решеток	+				
Радиоинтерферометрия и синтез в радиоастрономии и космических исследованиях.					

Радиоинтерферометрия и синтез в радиоастрономии и космических исследованиях.		+		
Дифференциальные синтезированные радиосистемы космической связи и навигации				
Дифференциальные синтезированные радиосистемы космической связи и навигации			+	
Аппаратура и методы реализации синтезированных когерентных радиосистем.				
Аппаратура и методы реализации синтезированных когерентных радиосистем.				+
Современные радиоинтерферометрические системы				
Современные радиоинтерферометрические системы				+
Вес КМ:	15	25	30	30

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	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	Тест «Основные параметры пространственно-временных радиосистем» (Тестирование)
ПК-1	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	Контрольная работа «Основные параметры пространственно-временных радиосистем» (Контрольная работа) Контрольная работа «Радиоинтерферометрические системы для радиоастрономических исследований» (Контрольная работа)
ПК-1	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	Тесты «Радиоинтерферометрические системы для радиоастрономических исследований» (Тестирование)

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Тест «Основные параметры пространственно-временных радиосистем»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждому студенту выдаётся индивидуальное задание

#### Краткое содержание задания:

Проверяется знание основных характеристик и показателей качества пространственно-временных радиосистем

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: методы расчета основных характеристик и показателей качества пространственно-временных радиосистем	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Какие свойства корреляционной функции вы знаете?</li><li>2. Как вы понимаете, что радиointерферометр является измерителем разности дальностей до излучающего объекта?</li><li>3. Что такое геометрическая задержка распространения радиосигнала от источника до радиointерферометра?</li><li>4. Как связаны разность дальностей и угол между вектором базы радиointерферометра и направлением на радиоисточник излучения?</li><li>5. Как формируется и какой вид имеет сигнал на выходе радиointерферометра?</li><li>6. Чему равна ширина диаграммы радиointерферометра по уровню 0,5 дБ?</li><li>7. Как связаны пространственный спектр радиоисточника и его радиоизображение.</li><li>8. Что измеряет двухэлементный радиointерферометр в пространственном спектре радиоизображения источника.</li><li>9. От чего зависит пространственная частота гармоники спектра, измеряемая двухэлементным радиointерферометром?</li><li>10. Как формируется радиоизображение источника в многоэлементном радиointерферометре?</li><li>11. Как используется вращение Земли для построения радиоизображения?</li><li>12. Чем ограничена область небесной сферы при построении синтезированного радиоизображения?</li></ol>
---	---

#### Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

## **КМ-2. Тесты «Радиоинтерферометрические системы для радиоастрономических исследований»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждому студенту выдаётся индивидуальное задание

### **Краткое содержание задания:**

Проверяется знание методов и средств пространственно-временной обработки радиосигналов

### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методы и средства пространственно-временной обработки радиосигналов	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Что дает использование антенных систем с синтезированной апертурой в интересах космической навигации и связи по сравнению с одиночной антенной в составе наземного комплекса управления (НКУ) космическими аппаратами (КА)?</li><li>2.В чем состоит различие измерений углового положения КА с помощью одиночной антенны и многоэлементной антенной системы?</li><li>3.Перечислите основные составляющие погрешности измерений дальности, доплеровского смещения и углового положения КА с помощью НКУ.</li><li>4.Что такое дифференциальная разностно-дальномерная радиоизмерительная система Delta DOR?</li><li>5.Что общего и в чем различие между методом пространственно-временных измерений углового положения квазара и космического аппарата при использовании антенной системы с синтезированной апертурой?</li><li>6.Что дает суммирование сигналов КА при использовании антенной системе апертурного синтеза для космической связи?</li><li>7.В чем состоят преимущества антенных систем с синтезированной апертурой, антенных кластеров, по сравнению с одиночными антеннами в составе НКУ?</li><li>8.Какие методы суммирования сигналов КА вы знаете?</li><li>9.Чем отличается ширина синтезированной диаграммы направленности (угловое разрешение)</li></ol>
--	--

	<p>линейной антенной решетки НКУ, ориентированной в направлении Север-Юг, в вертикальной плоскости, проходящей вдоль оси решетки и в перпендикулярном направлении?</p> <p>10. Что такое добротность антенны?</p> <p>11. Как связаны добротность антенной системы аппретурного синтеза и добротности отдельных антенн, входящих в ее состав?</p> <p>12. Как повысить добротность?</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

**КМ-3. Контрольная работа «Основные параметры пространственно-временных радиосистем»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждому студенту выдаётся индивидуальное задание

**Краткое содержание задания:**

Проверяется умение выполнять расчеты основных характеристик и показателей качества пространственно-временных радиосистем

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: выполнять расчет основных характеристик и показателей качества пространственно-временных радиосистем</p>	<p>1. Что является общим для пространственно-временной обработки сигналов космических аппаратов КА и внегалактических радиоисточников ВР с помощью двухэлементного радиоинтерферометра?</p> <p>2. В чем состоит различие моделей зависимости разности дальностей и геометрической задержки с пространственным положением КА и ВР?</p> <p>3. В чем различие амплитудно-частотных характеристик радиосигналов КА и ВР на апертуре наземного радиоинтерферометра?</p> <p>4. Что является общим пространственно-временным метрологическим базисом для наземного комплекса</p>
--	---



	<p>управления дальними космическими аппаратами НКУ ДКА и спутниковыми радионавигационными системами СРНС?</p> <p>5. Для чего нужна частотно-временная синхронизация при пространственно-временных измерениях и обработке сигналов?</p> <p>6. Как вы понимаете значение формулы Руза для оценки эффективности антенной системы с синтезированной апертурой?</p> <p>7. Критерий оценки требований к апертурному синтезу с использованием антенной решетки основывается на достижении минимальных фазовых ошибок при корреляционной обработке. Как вы это понимаете?</p> <p>8. Частотно-временная синхронизация выполняется в два этапа для пространственно-временной обработки сигналов антенных систем с синтезированной апертурой. Почему?</p> <p>9. Какие методы сличения удаленных шкал времени и частоты вам известны?</p> <p>10. Укажите области применения радиоинтерферометрии (фазосвязанной и интерферометрии со сверхдлинными базами).</p> <p>11. Какой из методов сличения удаленных шкал времени и частоты обладает наивысшей точностью и почему?</p> <p>12. Чем можно объяснить трудность поиска максимума кросскорреляционного отклика в наземно-космическом радиоинтерферометре проекта «Радиоастрон» («Спектр-Р»)?</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-4. Контрольная работа «Радиоинтерферометрические системы для радиоастрономических исследований»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждому студенту выдаётся индивидуальное задание

**Краткое содержание задания:**

Проверяется умение реализовать алгоритм пространственно-временной обработки радиосигналов по заданному техническому заданию

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: реализовать алгоритм пространственно-временной обработки радиосигналов по заданному техническому заданию	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Как определяется потенциальная разрешающая способность РСА по азимутальному направлению?</li><li>2. Как определяется потенциальная разрешающая способность РСА по дальности?</li><li>3. Что такое фокусированный и нефокусированный режим работы РСА?</li><li>4. Из каких соображений выбирается длина волны излучения РСА?</li><li>5. Как оценить удельную эффективную поверхность рассеяния для РСА?</li><li>6. Какие требования предъявляются к размерам антенной системы радиотелескопа?</li><li>7. Какие требования предъявляются к чувствительности приёмника радиотелескопа?</li><li>8. Какие требования предъявляются к ширине полосы пропускания входного фильтра радиотелескопа?</li><li>9. Какие требования предъявляются к интервалам когерентного и некогерентного накопления радиотелескопа?</li><li>10. Почему системы с разнесённым приёмом, оценивающие угловое направление на наблюдаемый объект, называют фазовыми, корреляционно-амплитудными либо корреляционно-фазовыми?</li><li>11. В чём заключается и для каких целей применяется метод апертурного синтеза?</li><li>12. Какие системы апертурного синтеза называют системами суперсинтеза?</li></ol>
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 9 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Что является целью ПВИ и ОРС ?
2. Оценить разрешающую способность по дальности ( $DY$ ), длину синтезированной антенны ЛСИН и необходимое количество частотных каналов РСА, если  $DFC=10\text{МГц}$ , угол облучения  $\alpha=30^\circ$ , кратность некогерентного накопления  $mO=4$ , разрешающая способность  $DX=25\text{м}$ , размер антенны  $d_a=14\text{м}$ ,  $l=10\text{см}$ ,  $H=600\text{км}$ . Оценить время синтеза ТСИН и требуемую стабильность несущей частоты. Построить (качественно) и пояснить зависимость разрешающей способности в азимутальном направлении ( $DY$ ) от наклонной дальности для РСА: а) с синтезированной апертурой антенны при фокусированной и не фокусированной обработке, б) при некогерентной обработке.

### Процедура проведения

Каждому студенту выдаётся билет. Билет содержит теоретический вопрос и задачу

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-1</sub> Знает методы выполнения расчетов основных технических характеристик схем подсистем радиоэлектронных систем и комплексов

### Вопросы, задания

1. Структура и состав пространственно-временной измерительной для космической навигации
2. Структура и состав пространственно-временной измерительной для космической связи
3. Аппаратно-программные методы суммирования сигналов в радиосистемах с синтезированной апертурой.
4. Обобщенный метод корреляционной обработки
5. Пространственно-временные измерения и обработка радиосигналов
6. Построение пространственной структуры объектов и их радиоизображений
7. Оценка физических характеристик в активном и пассивном режимах радиолокации
8. Оценка параметров движения в пространстве
9. Структура и состав пространственно-временной измерительной радиосистемы – антенные решетки фазосвязанные, с независимыми гетеродинами (РСДБ)
10. Основной состав радиосистемы: многоэлементная антенная решетка оптимальной конфигурации, приемная система и многоканальный коррелятор параллельного типа. Структура коррелятора

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. ЭПР цели показывает как цель  
Ответы:  
1) поглощает волны 2) пропускает волны 3) отражает волны  
Верный ответ: 3) отражает волны
2. База сигнала - это  
Ответы:

1) произведение длительности сигнала на амплитуду сигнала 2) произведение длительности сигнала на ширину спектра сигнала 3) произведение длительности сигнала на центральную частоту сигнала

Верный ответ: 2) произведение длительности сигнала на ширину спектра сигнала

3. У сложных зондирующих радиолокационных сигналов база

Ответы:

1) больше одного 2) меньше одного 3) равно одному

Верный ответ: 1) больше одного

4. Эффект Доплера позволяет измерить

Ответы:

1) дальность цели 2) скорость движения цели 3) угловое положение цели

Верный ответ: 2) скорость движения цели

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-1 Умеет использовать методы математических расчетов характеристик радиотехнических устройств, систем и процессов для анализа и оптимизации их параметров

### Вопросы, задания

1. В чем отличие независимой (РСДБ) и фазосвязанной радиоинтерферометрии?

2. Примеры радиоинтерферометрических антенных систем

3. Дистанционное управление ЛА и КА

4. Навигация ЛА и КА

5. Обмен телеметрической информацией

6. Структура и состав пространственно-временной измерительной радиосистемы – однопунктные и многопозиционные с синтезированной апертурой.

7. Базовый элемент синтезированной апертуры для ПВИ – двухэлементный интерферометр.

8. Синтезированная апертура (сплошная или незаполненная) – это линейная сумма (суперпозиция) двухэлементных радиоинтерферометров .

9. Метод измерений и обработки сигналов данных – измерение кросскорреляционных и автокорреляционных функций

10. Пространственно-временные схемы измерений - Абсолютные и дифференциальные (относительные) измерения и обработка данных

11. Основной состав радиосистемы для пространственно-временных измерений: антенная система и приемник/ передатчик +коррелятор

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Как изменится разрешающая способность РЛС по дальности при увеличении ширины спектра зондирующего сигнала

Ответы:

1) Увеличится 2) Уменьшится 3) Не изменится

Верный ответ: 1) Увеличится

2. Как изменится разрешающая способность РЛС по азимута при увеличении размеров антенны

Ответы:

1) Увеличится 2) Уменьшится 3) Не изменится

Верный ответ: 1) Увеличится

3. Двумерная автокорреляционная функция зондирующего сигнала позволяет определить

Ответы:

1) разрешение по дальности и азимуту 2) разрешение по скорости и углу места 3) разрешение по дальности и скорости

Верный ответ: 3) разрешение по дальности и скорости

4. На выходе согласованного фильтра по сравнению со всеми остальными фильтрами отношение сигнал-шум

Ответы:

1) минимально 2) максимально 3) равно входному

Верный ответ: 2) максимально

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-1 Знает методы построения структурных схем радиоэлектронного устройства или системы, реализующих требуемые алгоритмы обработки

### Вопросы, задания

1. Какие задачи решаются с помощью ПВИ и ОРС?

2. Что входит в базовую структуру и состав радиосистемы для ПРИ и ОРС?

3. Что является базовым элементом синтезированной антенной системы?

4. Как синтезируется апертура ?

5. Какая функция является базовой для пространственно-временных измерений ?

6. Привести примеры радиосистем с синтезированной апертурой ?

7.. Что является целью радиоинтерферометрических измерений и синтеза в радиоастрономии.

8. Какую главную задачу необходимо решить для построения радиоизображения

9. Какова структура и состав пространственно-временной измерительной радиосистемы для построения радиоизображений?

10. В чем состоит основа метода синтеза радиоизображения?

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Как изменится мощность в приёмнике РЛС при увеличении расстояния до цели

Ответы:

1) Увеличится 2) Уменьшится 3) Не изменится

Верный ответ: 2) Уменьшится

2. Как изменится мощность в приёмнике РЛС при увеличении коэффициента усиления передающей антенны

Ответы:

1) Увеличится 2) Уменьшится 3) Не изменится

Верный ответ: 1) Увеличится

3. Как изменится мощность в приёмнике РЛС при увеличении ЭПР цели

Ответы:

1) Увеличится 2) Уменьшится 3) Не изменится

Верный ответ: 1) Увеличится

4. Как изменится мощность в приёмнике РЛС при увеличении несущей частоты радиосигнала

Ответы:

1) Увеличится 2) Уменьшится 3) Не изменится

Верный ответ: 2) Уменьшится

## II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

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