

**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**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Радиотехнические системы дистанционного зондирования Земли**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

А.И.

Баскаков

(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 «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)

## БРС дисциплины

10 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	6	8	12	15
Характеристики объектов радиолокационного наблюдения в радиофизических задачах						
Характеристики объектов радиолокационного наблюдения в радиофизических задачах	+					
Общие проблемы дистанционного зондирования при радиофизических исследованиях окружающей среды. Устройства пассивного визирования в СВЧ и ИК диапазонах.						
Общие проблемы дистанционного зондирования при радиофизических исследованиях окружающей среды.	+	+	+			

Устройства пассивного визирования в СВЧ и ИК диапазонах.					
Радиолокационные методы исследования характеристик рассеяния поверхности Земли. Радиоастрономические методы исследования космического пространства					
Радиолокационные методы исследования характеристик рассеяния поверхности Земли. Радиоастрономические методы исследования космического пространства		+	+		
Прецизионная радиовысотометрия из космоса					
Прецизионная радиовысотометрия из космоса		+	+		
Основы теории радиолокаторов с синтезированным раскрывом антенны.					
Основы теории радиолокаторов с синтезированным раскрывом антенны.				+	
Радиолокаторы подповерхностного зондирования – георадары					
Радиолокаторы подповерхностного зондирования – георадары			+		+
Вес КМ:	15	20	25	20	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

### БРС курсовой работы/проекта

10 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Ознакомление с заданием на работу, с методическими указаниями и исходными данными курсовой работы		+			
Рассчитать и изобразить нормированную усредненную форму сигнала, отраженного от морской поверхности, при различных значениях морского волнения		+			
Рассчитать и изобразить усредненную форму сигнала, отражённого от поверхности, при различных углах отклонения оси диаграммы направленности антенны от вертикали при заданной взволнованности морской поверхности			+		
Оценить необходимую энергетiku канала для обеспечения на выходе приемника требуемого отношения с/ш при заданном волнении морской поверхности			+		
Изобразить структурную схему высокоточного радиовысотомера (ВРВ) и дать описание его работы				+	
Рассчитать и построить характеристики обнаружения отраженного сигнала ВРВ				+	
Проанализировать структуру оптимального дискриминатора ВРВ, рассчитать и построить дискриминационную и флуктуационную характеристики оптимального дискриминатора следящей системы ВРВ, оценить погрешности смещения при данном методе измерения высоты					+
Оценить потенциальную точность измерения ВРВ текущей высоты (расстояние до среднего уровня морской поверхности)					+

	Bec KM:	15	20	30	35
--	---------	----	----	----	----

## 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 радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли	Тест «Основные характеристики радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли» (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 математическое моделирование радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли на основе структурных схем выполнять расчет основных показателей качества радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли	Контрольная работа «Расчёт основных параметров радиометра» (Контрольная работа) Контрольная работа «Прецизионная радиовысотометрия» (Контрольная работа) Контрольная работа «Подповерхностная радиолокация» (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 построения структурных схем радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли	Контрольная работа «Радиолокатор с синтезированной апертурой антенны» (Контрольная работа)

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

### КМ-1. Тест «Основные характеристики радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли»

**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 радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: методы расчета основных характеристик радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. В чем заключаются преимущества и недостатки аппаратуры пассивного визирования по сравнению с активной радиолокационной аппаратурой исследования поверхности Земли с летательных и космических аппаратов?</li><li>2. Как влияет шероховатость исследуемой отражающей поверхности на дальность действия бортового радиолокационного скаттерометра при работе под различными углами места?</li><li>3. Из каких соображений выбирают диапазон радиоволн в активных РСА?</li><li>4. Из каких соображений выбирают диапазон радиоволн в активных георадарах?</li><li>5. Из каких соображений выбирают диапазон радиоволн в активных прецизионных радиовысотомерах дистанционного зондирования Земли ?</li><li>6. Какие совместно используемые методы селекции наиболее часто применяются для выделения сигнала заданной площадки на исследуемой области Земной поверхности с размерами, ограниченными в двух направлениях?</li><li>7. Радиосигналы земных покровов имеют случайный характер и флуктуируют, их свойства оценивают статистически путем обработки результатов измерений. Какое число усредняемых образцов целесообразно выбирать?</li><li>8. Какие особенности возникают при отражении радиосигналов от морской поверхности?</li><li>9. Как зависит мощность отраженного сигнала на входе радиолокационного приемника при локации протяженных поверхностей с борта ЛА или КА от параметров зондирующего импульса?</li><li>10. Укажите основные различия между георадарами и</li></ol>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>традиционными («атмосферными») РЛС.  11. Почему в георадарах необходимо использовать сверхширокополосные сигналы?  12. В чем заключаются достоинства и недостатки реализации георадара с наносекундным видеосигналом и с ЛЧМ радиосигналом?</p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*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: 75*

*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. Контрольная работа «Расчёт основных параметров радиометра»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студентам выдаётся индивидуальное задание

**Краткое содержание задания:**

Проверяется умение выполнять расчёт основных показателей качества радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: выполнять расчет основных показателей качества радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что такое абсолютно чёрное тело и какова его температура?</li> <li>2. Физический смысл формулы Релея-Джинса и условия её применения.</li> <li>3. Понятие эффективной температуры. Коэффициент излучения.</li> <li>4. Диапазон значений коэффициентов излучения для различных поверхностей, функциональные зависимости коэффициентов от электро-физических параметров среды.</li> <li>5. Понятие кажущейся температуры поверхности.</li> <li>6. В чём различие эффективной температуры излучения поверхности и антенной температуры.</li> <li>7. Разрешающая способность бортового радиометра по поверхности, влияние времени сглаживания.</li> <li>8. Кажущаяся антенная температура радиометра, влияние высоты постороннего источника подсвета.</li> </ol>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



	<p>9. Отношение с/ш на выходе радиометра.</p> <p>10. Флуктуационная чувствительность радиометра.</p> <p>11. Вероятностная оценка флуктуационной чувствительности.</p> <p>12. Показать, что при оценке яркостного контраста поверхностей флуктуационная чувствительность радиометра не зависит от высоты полёта независимо от требований к разрешающей способности по поверхности.</p> <p>13. Показать зависимость флуктуационной чувствительности радиометра от высоты полёта при наблюдении сосредоточенной цели на поверхности. Особенности расчета температурного контраста в этом случае.</p> <p>14. Сравнение флуктуационной чувствительности радиометра в трассерном и сканирующем режимах съёмки. Влияние угла сканирования на результаты съёмки.</p> <p>15. В чём необходимость использования модуляционной схемы радиометра? Оценить преимущества использования двухканальной и аддитивно-шумовой схем перед одноканальной. Особенности выбора частоты модуляции.</p> <p>16. Расчет антенной температуры в цифровом модуляционном приёмнике радиометра. Особенности выбора опорной температуры для минимизации влияния флуктуаций коэффициента усиления в тракте приёмника.</p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*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: 75*

*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 «Прецизионная радиовысотометрия»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

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

**Краткое содержание задания:**

Проверяется умение выполнять расчет основных показателей качества радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: выполнять математическое моделирование радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли на основе структурных схем</p>	<p>1.Поясните структуру оптимального дискриминатора следящего измерителя ПРВ?</p>
<p>Уметь: выполнять расчет основных показателей качества радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли</p>	<p>1.Поясните влияние степени взволнованности МП на форму информационного сигнала ПРВ при работе с различной шириной ДНА?          2.Есть ли ограничения сверху на ширину ДНА прецизионного радиовысотомера?          3.Поясните зависимость усредненной формы отраженного от МП ЛЧМ радиопульса при различных параметрах ПРВ, режимах облучения и состояниях МП.          4.Поясните влияние отклонения оси ДНА от вертикали на характеристики ПРВ при различной ширине ДНА.          5.Что из себя представляет модель радиосигнала ПРВ, отраженного от морской поверхности?          6.Какой сигнал в ПРВ называют информационным и почему?          7.Чем объясняется выбор большой ширины спектра зондирующего сигнала для ПРВ?          8.Есть ли ограничения сверху на ширину спектра зондирующего сигнала ПРВ?          9.В чем отличия оптимального приема отраженного сигнала ПРВ во временной области от приема в частотной области?          10.Какой вариант - во временной области или в частотной - оптимального приема отраженного сигнала ПРВ предпочтительней и почему?          11.Как объясняется зависимость корреляционных интервалов быстрых и медленных флуктуаций отраженных радиосигналов ПРВ от состояния МП?</p>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*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: 75*

*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 «Радиолокатор с синтезированной апертурой антенны»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

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

**Краткое содержание задания:**

Проверяется знание методов построения структурных схем радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методы построения структурных схем радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Каким образом обеспечивается однозначность измерений во временной и частотной областях в РСА космического базирования?</li><li>2.Оцените требования к стабильности несущей частоты РСА и от какого параметра они зависят?</li><li>3.Сравните проблемы, возникающие при обеспечении требуемых характеристик РСА авиационного и космического базирования</li><li>4.Опишите основные режимы работы РСА и зависящие от них информационные характеристики.</li><li>5.Что такое спекл-шум и как с ним бороться?</li><li>6.Как оценивается качество получаемой от РСА информации и каким образом можно ее повысить?</li><li>7.Каким образом выбирается тип зондирующего сигнала в РСА и как рассчитываются параметры сигнала?</li><li>8.Как рассчитать требуемую мощность передатчика РСА?</li><li>9.Опишите функциональную схему бортовой обработки сигналов в РСА и применяемые алгоритмы обработки сигналов РСА.</li></ol>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 85*

*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: 75*

*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-5. Контрольная работа «Подповерхностная радиолокация»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

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

#### **Краткое содержание задания:**

Проверяется умение выполнять математическое моделирование радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли на основе структурных схем

#### **Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: выполнять математическое моделирование радиотехнических систем дистанционного зондирования Земли на основе структурных схем</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Приведите формулу расчёта разрешающей способности георадара по глубине. От каких параметров она зависит?</li><li>2. Что такое электрофизические характеристики грунта и какое его свойство оказывает больше влияние на распространение сигнала в грунте?</li><li>3. Приведите формулу удельного затухания сигнала в грунте и объясните зависимость глубины проникновения сигнала в грунт от длины волны.</li><li>4. Из каких соображений в георадиолокации используется сверхширокополосный сигнал?</li><li>5. Что такое потенциал георадара?</li><li>6. Из-за чего уменьшается чувствительность георадара при использовании видеоимпульсного сигнала?</li><li>7. Объясните связь частоты биений георадара с ЛЧМ сигналом и приведите формулы для нее в случае однослойной модели грунта</li><li>8. Какой параметр ЛЧМ сигнала главным образом влияет на точность измерения глубины залегания объекта?</li><li>9. Для чего используется оконная функция в обработке сигнала с ЛЧМ? И напишите недостатки при ее использовании.</li></ol>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 85

*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:* 75

*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

10 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

## Пример билета

1.Высокоточные радиовысотомеры космического базирования, назначение и выбор основных параметров. Особенности отражения широкополосных сигналов от морской поверхности и их статистические характеристики. Принципы высокоточного измерения высоты с космической орбиты – локальные и интегральные методы.

2.Оценить разрешающую способность по дальности (DY), длину синтезированной антенны ЛСИИ и необходимое количество частотных каналов РСА, если  $DFC=10\text{МГц}$ , угол облучения  $\theta_0=30^\circ$ , кратность некогерентного накопления  $m_0=4$ , разрешающая способность  $D_X=25\text{м}$ , размер антенны  $d_a=14\text{м}$ ,  $l=10\text{см}$ ,  $H=600\text{км}$ . Оценить время синтеза ТСИИ и требуемую стабильность несущей частоты. Построить (качественно) и пояснить зависимость разрешающей способности в азимутальном направлении (DX) от наклонной дальности для РСА: а) с синтезированной апертурой антенны при фокусированной и не фокусированной обработке, б) при некогерентной обработке.

## Процедура проведения

Экзамен проводится устно по билетам. Билет состоит из теоретического вопроса и задачи.

### *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.Высокоточные радиовысотомеры космического базирования, назначение и выбор основных параметров. Особенности отражения широкополосных сигналов от морской поверхности и их статистические характеристики. Принципы высокоточного измерения высоты с космической орбиты – локальные и интегральные методы.

2.Оценить разрешающую способность по дальности (DY), длину синтезированной антенны ЛСИИ и необходимое количество частотных каналов РСА, если  $DFC=10\text{МГц}$ , угол облучения  $\theta_0=30^\circ$ , кратность некогерентного накопления  $m_0=4$ , разрешающая способность  $D_X=25\text{м}$ , размер антенны  $d_a=14\text{м}$ ,  $l=10\text{см}$ ,  $H=600\text{км}$ . Оценить время синтеза ТСИИ и требуемую стабильность несущей частоты. Построить (качественно) и пояснить зависимость разрешающей способности в азимутальном направлении (DX) от наклонной дальности для РСА: а) с синтезированной апертурой антенны при фокусированной и не фокусированной обработке, б) при некогерентной обработке.

3.Какие совместно используемые методы селекции применяются в скаттерометрии для выделения сигнала от заданной на подстилающей поверхности площадки с размерами, ограниченными в двух направлениях?

4.Оценить необходимую требуемой мощности передатчика ПРВ космического базирования для обеспечения на выходе приемника отношения  $C/\text{Ш} = 20\text{ дБ}$  при максимальном волнении МП. Высота орбиты  $1000\text{ км}$ , длительность ЛЧМ импульса  $100\text{ мкс}$ ,  $\Delta f=320\text{ МГц}$ ,  $\lambda=2\text{ см}$ , диаметр осесимметричной антенны  $D_a=70\text{ см}$ , фактор шума

$F_{ш} = 3$  дБ, потери на трассе и в СВЧ узлах АФ тракта составляет 3дБ. От чего зависят погрешности измерения высоты?

5. Задачи, решаемые скаттерометрами, пространственная селекция. Способы снятия характеристик отражения и обеспечение точности измерений.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. У сложных зондирующих радиолокационных сигналов база

Ответы:

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

Верный ответ: 1) больше одного

2. Эффект Доплера позволяет измерить

Ответы:

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

Верный ответ: 2) скорость движения цели

3. Радиометр - это радиолокационная система, которая

Ответы:

1) измеряет дальность до цели 2) собственное излучение цели 3) скорость движения цели

Верный ответ: 2) собственное излучение цели

4. Радиовысотомер измеряет

Ответы:

1. 1) высоту неровностей относительно базового уровня 2) ширину неровностей 3) рассеивающие свойства неровностей

Верный ответ: 1) высоту неровностей относительно базового уровня

5. Скаттерометр измеряет

Ответы:

1) высоту морских волн 2) скорость ветра над морем 3) ширину морских волн

Верный ответ: 2) скорость ветра над морем

**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. Как разрешить противоречие между требованиями широкой зоны обзора и высокой пространственной разрешающей способностью РМ космического базирования, предназначенного для исследования характеристик подстилающей поверхности?

2. Грунт характеризуется комплексной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 16 - j0,05$  на частоте 150 МГц. Ширина спектра сигнала наносекундного импульсного георадара 50 МГц. Найти скорость распространения радиоволны в среде, длину волны в среде, удельное затухание волны в среде, и разрешающую способность сигнала по глубине.

Нарисовать структурную схему импульсного георадара, объяснить принцип стробоскопического преобразователя и необходимость его использования в короткоимпульсном георадаре.

3. Дать сравнительную оценку вероятности обнаружения мины с ЭПР = 0,5 кв.м на сухом и влажном песке (яркостной температурой грамотно задаться) с высоты  $H=50$ м радиометром  $X$  – диапазона, диаметр антенны 60 см, ширина полосы по ВЧ = 300 МГц, флуктуационная чувствительность  $0,1^\circ K$  и шумовая температура  $T=300^\circ K$ .

4. Несущую частоту и ширину спектра зондирующего сигнала георадара необходимо выбирать из противоречивых требований. Как удовлетворить этим требованиям? Чем определяется требуемый динамический диапазон приемника георадара?

5. Оцените разрешающую способность по дальности ( $DY$ ) и в азимутальном направлении ( $DX$ ) для РСА ИСЗ, если  $DF_c = 8 \text{ МГц}$ , угол облучения  $b=30^\circ$ , размер антенны в азимутальном направлении  $d_a=12 \text{ м}$ ,  $l=10 \text{ см}$ , время синтеза  $80 \text{ мс}$ , количество частотных каналов  $16$ , зона обзора  $50 \text{ км}$ ,  $H=500 \text{ км}$ . Определите ТП: период повторения зондирующих сигналов, требуемую стабильность частоты, количество дальномерных каналов, ширину полосы обрабатываемых доплеровских частот и требуемую производительность системы обработки.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Как изменится разрешающая способность РЛС по азимуту при увеличении размеров антенны

Ответы:

1) Увеличится 2) Уменьшится 3) Не изменится

Верный ответ: 1) Увеличится

2. 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

3. 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

4. ЭПР цели показывает как цель

Ответы:

1) поглощает волны 2) пропускает волны 3) отражает волны

Верный ответ: 3) отражает волны

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

### Вопросы, задания

1. Поясните расчет частоты повторения зондирующих импульсов при заданной полосе обзора по дальности на лоцируемой поверхности для РСА самолетного и космического базирования.

Каковы требования к корреляционным шумам зондирующих сигналов РСА?

2. Система наблюдения самолетного базирования на основе РСА с задачей контроля общего состояния и фиксации лесных угодий и противопожарной службы. Высота полета самолета  $h = 5 \text{ км}$ , скорость полета  $V = 80 \text{ м/сек}$ ; полоса обзора регулируется изменением угла визирования  $\beta$  или изменением высоты полета  $h$ , исходная настройка:  $h=5 \text{ км}$ ,  $\beta= 300$ , полоса обзора  $L_y = 950 \text{ м}$ ; длина радиоволны передатчика  $\lambda = 3 \text{ см}$ ; размеры антенного поля приемопередатчика по координатам  $X$ ,  $Y$   $S_x = 10 \text{ м}$ ,  $S_y = 0,1 \text{ м}$ ; разрешающая способность изображения  $\Delta x = 20 \text{ м}$ ,  $\Delta y = 20 \text{ м}$ ; динамический диапазон изображения  $30 \text{ дБ}$ .

Необходимо вычислить параметры зондирующего сигнала: тип сигнала, длительность импульса  $t_i$ , ширину спектра  $\Delta F_c$ , время синтеза  $L_{\text{син}}$ ; разрядность



аналога - цифрового преобразования; обосновать и указать применяемые алгоритмы обработки сигнала для получения кадра изображения исследуемой поверхности; составить и привести общую функциональную схему системы бортовой обработки. Проверить однозначность измерений во временной и частотной областях.

3. Энергетика радиоканала при локации протяженных целей. Феноменологическая модель при отражении радиоволн от морской поверхности.

4. На ИСЗ установлена система РСА для контроля ледового покрова океана в высоких широтах с задачей проводки морских судов. Высота орбиты  $h = 600$  км; полная полоса обзора по дальности на поверхности  $L_{пол.} = 600$  км и полосе захвата 100 км; длина волны РСА  $\lambda = 9$  см; требуемая разрешающая способность по координатам  $X, Y$  на поверхности не ниже  $\Delta X = \Delta Y = 50$  м; удельная отражающая способность ледового покрова  $\sigma_0 = 5 \cdot 10^{-3}$ ; размеры антенной системы  $S_x = 8$  м,  $S_y = 1,2$  м; режим обзора - широкозахватный, динамический диапазон изображения 16 дБ.

Определить и обосновать режим сканирования в заданной полной полосе обзора по поверхности (в координатах  $X, Y$ ), изобразить схему сканирования; обосновать выбор и рассчитать параметры зондирующего сигнала:  $t_i, T_p, \Delta F_c$ , проверить однозначность измерений по  $X$  и  $Y$ ; рассчитать время  $T_{син.}$  Изобразить структуру обзора в координатах  $X, Y$  с учетом проведенных выше расчетов. Составить и изобразить общую структурную схему системы бортовой обработки.

5. Реализация РСА, оценка разрешающей способности. Алгоритм обработки отраженных сигналов, Блок-схема РЛС в комплекте с бортовыми системами КА, функциональная схема ПРМ. Расчет отношения сигнал-шум.

6. Для зондирования глубины используется ЛЧМ сигнал с шириной спектра 600 МГц и с центральной частотой 600 МГц. Грунт характеризуется комплексной диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 25 - j0,075$  на частоте 600 МГц. Максимальная глубина, на которую рассчитан потенциал георадара 2 м. Найти разрешающую способность сигнала по глубине, найти требуемое количество отсчетов для вычисления спектра сигнала биений с помощью БПФ при корреляционно-фильтровой оптимальной обработке. Нарисовать структурную схему георадара с ЛЧМ сигналом и объяснить необходимость использования оконной функции.

### 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

5. 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

## ***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: 50*

*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.

**Для курсового проекта/работы:**

**10 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

### ***I. Процедура защиты КП/КР***

На защите студент докладывает в течение 10 минут результаты своей работы, а затем комиссия в составе из трёх человек (минимум) задаёт вопросы по представленной работе.

### ***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: 50*

*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 за курсовую работу определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».