

**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
Основы теории радиолокационных систем и комплексов**

**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

2. ПК-3 Способен выполнять физическое моделирование процессов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов в подсистемах радиоэлектронных систем и комплексов

ИД-1 Знает методы физического моделирования процессов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов и проведения экспериментальных исследований

ИД-2 Умеет выполнять физическое моделирование (проведение эксперимента), обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Защита расчётного задания (Расчетно-графическая работа)

2. Контрольная работа "Зондирующие радиолокационные сигналы" (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита лабораторной работы №1 (Коллоквиум)

2. Защита лабораторной работы №2 (Коллоквиум)

3. Защита лабораторной работы №3 (Коллоквиум)

4. Защита лабораторной работы №4 (Коллоквиум)

БРС дисциплины

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	4	8	10	12	14	15

Основные определения. Энергетические соотношения и зондирующие радиолокационные сигналы						
Основные определения. Энергетические соотношения и зондирующие радиолокационные сигналы	+	+				
Статистическая теория обнаружения радиолокационных сигналов						
Статистическая теория обнаружения радиолокационных сигналов	+	+	+	+	+	
Статистическая теория измерения параметров радиолокационных сигналов						
Статистическая теория измерения параметров радиолокационных сигналов				+	+	+
Виды и основные тактико-технические характеристики типовых РЛ комплексов						
Виды и основные тактико-технические характеристики типовых РЛ комплексов						+
Вес КМ:	10	20	20	10	20	20

\$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 _{ПК-1} Знает методы выполнения расчетов основных технических характеристик схем подсистем радиоэлектронных систем и комплексов	Знать: методы расчета основных характеристик радиолокационных систем и комплексов	Защита лабораторной работы №3 (Коллоквиум)
ПК-1	ИД-2 _{ПК-1} Умеет использовать методы математических расчетов характеристик радиотехнических устройств, систем и процессов для анализа и оптимизации их параметров	Уметь: выполнять математическое моделирование радиолокационных систем и комплексов на основе структурных схем; выполнять расчет основных показателей качества радиолокационных систем и комплексов	Контрольная работа "Зондирующие радиолокационные сигналы" (Контрольная работа) Защита расчётного задания (Расчетно-графическая работа)
ПК-1	ИД-3 _{ПК-1} Знает методы построения структурных схем радиоэлектронного устройства или системы, реализующих требуемые алгоритмы обработки	Знать: методы построения структурных схем радиолокационных систем и комплексов	Защита лабораторной работы №4 (Коллоквиум)
ПК-3	ИД-1 _{ПК-3} Знает методы	Знать:	Защита лабораторной работы №1 (Коллоквиум)

	физического моделирования процессов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов и проведения экспериментальных исследований	основные приемы обработки и представления экспериментальных данных	
ПК-3	ИД-2 _{ПК-3} Умеет выполнять физическое моделирование (проведение эксперимента), обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных	Уметь: реализовать программу экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов	Защита лабораторной работы №2 (Коллоквиум)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Защита лабораторной работы №1

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка выполнения подготовки к лабораторной работе. Устный опрос.

Краткое содержание задания:

Проверяется знание основных энергетических соотношений в радиолокации

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные приемы обработки и представления экспериментальных данных	<ol style="list-style-type: none">1.Что такое эффективная площадь рассеяния объекта (ЭПР)? Дайте определение и приведите формулу для её расчёта2.Запишите формулу для расчёта мощности принимаемого сигнала в активной РЛС и поясните влияние каждой составляющей на дальность действия РЛС.3.Что такое дальность действия РЛС. Приведите формулу для расчёта дальности действия РЛС4.Какими параметрами определяется дальность действия РЛС?5.Какими характеристиками объекта определяется мощность отражённого сигнала?6.Как форма объекта влияет на дальность его обнаружения?7.Каковы причины существования вторичного излучения при облучении различных объектов?8.Во сколько раз ЭПР металлического листа больше его геометрических размеров и почему?9.Почему диаграмма обратного рассеяния углового отражателя значительно шире, чем плоского листа?10.Каковы пути снижения ЭПР целей?11.Каковы пути повышения ЭПР целей?
---	---

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. Защита лабораторной работы №2

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка выполнения подготовки к лабораторной работе. Устный опрос.

Краткое содержание задания:

Проверяется понимание основных свойств и особенностей зондирующих радиолокационных сигналов

Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: реализовать программу экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Какие сигналы можно использовать в качестве зондирующих в радиолокации?2. Какие требования предъявляются к зондирующим радиолокационным сигналам?3. Какие ТТХ РЛС зависят от зондирующих сигналов?4. Классификация зондирующих сигналов5. Способы формирования сигналов6. Способы обработки сигналов7. Даны 3 сигнала:<ol style="list-style-type: none">1. Непрерывное монохроматическое излучение, частота f_0, нестабильность частоты $df=0$2. Простой радиоимпульс, длительность $t_0=1\text{мкс}$, период заполнения $T_0=0,001*t_0$3. Периодическая последовательность простых радиоимпульсов (как в п.2) с периодом повторения $T=1000*t_0$Изобразить, с указанием всех параметров: временная реализация, спектры, НДАФ8. Какие из сигналов возможно применять для обнаружения в радиолокации, какие нельзя и почему?9. Чем определяются разрешающие способности зондирующих сигналов?10. По какому критерию можно классифицировать сигналы?11. Определение согласованного фильтра (СФ). Требования, предъявляемые к согласованному фильтру, характеристики – частотная, импульсная. Определение коэффициента сжатия, выигрыш в отношении с/ш12. Изобразить сигнал на выходе СФ для входного сигнала: простой радиоимпульс и сигнал из ЛР (каждый из СФ согласован со своим сигналом)13. Для чего еще можно применять СФ и благодаря какой из его характеристик это возможно?
---	---

	<p>14. Как доплеровский сдвиг влияет на сжатый сигнал?</p> <p>15. Сравнить данные ЛЧМ сигналы, изобразить их характеристики:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $K_1=K_2, 2 \cdot t_{i1}=t_{i2}$ 2. $K_1=2 \cdot K_2, t_{i1}=2 \cdot t_{i2}$ 3. $K_1=K_2, t_{i1}=2 \cdot t_{i2}$ 4. $2 \cdot K_1=K_2, t_{i1}=2 \cdot t_{i2}$ 5. $2 \cdot K_1=K_2, t_{i1}=t_{i2}$ <p>Определить остальные параметры сигнала и разрешающие способности, сделать выводы</p> <p>16. Сравнить данные ФМн сигналы, изобразить их характеристики:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $N_1=31, N_2=63, t_0(1) = 2 \cdot t_0(2)$ 2. $N_1=31, N_2=13, 2 \cdot t_0(1) = t_0(2)$ 3. $t_0(1) = 2 \cdot t_0(2), N_1=N_2=63$ <p>Определить остальные параметры сигнала и разрешающие способности, сделать выводы</p> <p>17. Изобразить структурные схемы для активного и пассивного способа формирования сигналов из ЛР</p> <p>18. Оценить длительность входного видеоимпульса при пассивном формировании. На какой сигнал лучше заменить видеоимпульс, оценить параметры этого сигнала?</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. Защита лабораторной работы №3

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка выполнения подготовки к лабораторной работе. Устный опрос.

Краткое содержание задания:

Проверяется знание основных принципов построения специализированных процессоров обработки радиолокационных сигналов

Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: методы расчета основных характеристик радиолокационных систем и комплексов</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.Изобразить все характеристики “белого шума” с указанием всех параметров – закон распределения, временная реализация, спектр, АКФ. Мат. ожидание, дисперсия, и её практическое значение - закон «3 сигма». 2.Как практически в лаборатории определить дисперсию «белого шума» при наличии только осциллографа? 3.В каких координатах строятся характеристики обнаружения? 4.Что, фактически, показывает характеристика обнаружения, связь D,F? 5.Каковы потенциальные проблемы (с точки зрения требуемого отношения с/ш) при обнаружении одиночного импульса? 6.Какова величина при 0 по оси абсцисс и что за параметр? 7.В чем ПРИНЦИПИАЛЬНОЕ отличие пачки импульсов от одиночного импульса? Где это отличие можно увидеть (в тракте РЛС, характеристиках сигналов и т.д...)? 8.Для сигнала из ЛР – пачка простых РИ (параметры взять из ЛР) изобразить все его характеристики – временную реализацию, спектр сигнала, сечения АКФ, указать разрешающие способности 9.Записать алгоритм обнаружения пачки импульсов, указать на каких элементах схемы он реализован 10.Записать алгоритм обнаружения центра пачки импульсов, какова цель определения центра пачки, указать на каких элементах схемы он реализован 11.Чем обусловлена форма входного сигнала (X2), закон огибающей? 12.Чем определяется разрядность элементов D1, D2, D3, D4, D5? 13.Где выход обнаружителя цели и выход обнаружителя центра пачки? 14.Где вводится порог обнаружения, чему он равен и от чего зависит? 15.Чем определяется порог X3, что изменится при уменьшении (увеличении) порога и как изменятся D и F при этом? 16.Записать выражение для погрешности определения угловых координат 17.От чего (каких параметров) зависит погрешность определения угловых координат? 18.Пояснить причину (природу) возникновения слагаемых в выражении погрешности
--	--

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 "Зондирующие радиолокационные сигналы"

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам выдаются индивидуальные варианты с заданием

Краткое содержание задания:

Проверяется умение выполнять расчёт по подбору зондирующих сигналов по заданным ТТХ РЛС

Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: выполнять расчет основных показателей качества радиолокационных систем и комплексов</p>	<p>1. Даны 3 сигнала:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Непрерывное монохроматическое излучение, частота f_0, нестабильность частоты $df=0$2. Простой радиоимпульс, длительность $t_0=1\text{мкс}$, период заполнения $T_0=0,001*t_0$3. Периодическая последовательность простых радиоимпульсов (как в п.2) с периодом повторения $T=1000*t_0$ <p>Изобразить, с указанием всех параметров: временная реализация, спектры, НДАФ</p> <p>2. Сравнить данные ЛЧМ сигналы, изобразить их характеристики:</p> <ol style="list-style-type: none">1. $K_1=K_2$, $2*t_{i1}=t_{i2}$2. $K_1=2*K_2$, $t_{i1}=2*t_{i2}$3. $K_1=K_2$, $t_{i1}=2*t_{i2}$4. $2*K_1=K_2$, $t_{i1}=2*t_{i2}$5. $2*K_1=K_2$, $t_{i1}=t_{i2}$ <p>Определить остальные параметры сигнала и разрешающие способности, сделать выводы</p> <p>3. Сравнить данные ФМн сигналы, изобразить их характеристики:</p> <ol style="list-style-type: none">1. $N_1=31$, $N_2=63$, $t_0(1) = 2*t_0(2)$2. $N_1=31$, $N_2=13$, $2*t_0(1) = t_0(2)$3. $t_0(1) = 2*t_0(2)$, $N_1=N_2=63$ <p>Определить остальные параметры сигнала и разрешающие способности, сделать выводы</p> <p>4. Понятие выигрыша M в отношении с/ш. Вывод выражения. Расчёт. Сравнение с</p>
---	---

практическим результатом.

5. Методика определения выигрыша M с/ш. Экспериментальный результат. Сравнить с теоретическим.

6. Определение согласованного (оптимального) фильтра. Критерий оптимальности.

7. Сравните по потенциальной точности измерения дальности и разрешающей способности РЛС, излучающие следующие зондирующие сигналы: а) простой прямоугольный радиоимпульс $t_{и} = 1 \text{ мкс}$, $D_{\text{Фпрм}} = 3 \text{ МГц}$; б) импульсный сигнал с ЛЧМ $t_{и} = 100 \text{ мкс}$, $D_{\text{Фс}} = 1 \text{ МГц}$; в) импульсный сигнал с ФМ $t_{и} = 127 \text{ мкс}$, $t_{о} = 1 \text{ мкс}$, $D_{\text{Фпрм}} = 3 \text{ МГц}$. Мощности излучаемых сигналов и чувствительность приемных устройств считать одинаковыми. Определить требования к точности целеуказания по скорости, если возможен прием, как когерентных, так и некогерентных пачек импульсных сигналов $m = 33$, $T = 300 \text{ мкс}$, $\lambda = 0,1 \text{ м}$.

8. Сравните по потенциальной точности измерения дальности и разрешающей способности РЛС, излучающие следующие зондирующие сигналы: а) простой прямоугольный радиоимпульс $t_{и} = 0,2 \text{ мкс}$, $D_{\text{Фпрм}} = 10 \text{ МГц}$; б) импульсный сигнал с ЛЧМ $t_{и} = 25 \text{ мкс}$, $D_{\text{Фс}} = 5 \text{ МГц}$; в) импульсный сигнал с ФМ $t_{и} = 25,4 \text{ мкс}$, $t_{о} = 0,2 \text{ мкс}$, $D_{\text{Фпрм}} = 10 \text{ МГц}$. Мощности излучаемых сигналов и чувствительность приемных устройств считать одинаковыми. Определить требования к точности целеуказания по скорости, если возможен прием, как когерентных, так и некогерентных пачек импульсных сигналов $m = 20$, $T = 400 \text{ мкс}$, $\lambda = 0,1 \text{ м}$.

9. Выберите наиболее оптимальный с точки зрения технической реализации вариант обнаружителя пачки некогерентных импульсных сигналов с ЛЧМ: $\Delta f = 3 \text{ МГц}$, $t_{и} = 50 \text{ мкс}$, $m = 30$, $T_{п} = 0,8 \text{ мс}$, $l = 10 \text{ см}$, $dA = 1 \text{ м}$. Определите параметры схемы обработки и отношение сигнал/шум на входе и выходе схемы, если число дальномерных каналов равно 100; азимутальная зона обзора 30° ; $D = 0,8$; $F = 10^{-4}$, отраженный сигнал с флуктуирующими амплитудой и фазой.

10. Найти количество импульсов в пачке и результирующую флуктуационную погрешность измерения азимутальной угловой координаты (по центру пачки) в обзорной РЛС, если сигнал обнаруживается с вероятностью $D = 0,8$; $F = 4 \cdot 10^{-3}$, размер антенны $dA = 5 \text{ м}$; $l = 0,05 \text{ м}$; $t_{и} = 1 \text{ мкс}$; $R_{\text{max}} = 125 \text{ км}$; зона обзора 20° ; скорость сканирования ДНА $W_{СК} = 20^\circ/\text{с}$; время сглаживания в следящей системе 2с. Изобразите структурную схему следящей системы с квазиоптимальным дискриминатором, схемой

	<p>поиска и обнаружения.</p> <p>11.Обзорная РЛС излучает импульсные сигналы с ФМн: $t_0=0,3\text{мкс}$, $N=13$, $l=0,1\text{м}$, $T_{\text{п}}=0,7\text{мс}$.</p> <p>Определить:</p> <p>а) число принятых импульсных сигналов, если диаметр антенны 2м, скорость сканирования луча $W=50\text{град/сек}$; б) параметры многоканального некогерентного обнаружителя пачки из m импульсов, если $R_{\text{мин}}=50\text{км}$, $R_{\text{макс}}=80\text{км}$; ДНА сканирует по азимуту в зоне обзора 30°; в) определить $\Delta l/N_0$, если $D=0,7$; $F=10^{-4}$, сигнал флуктуирует; г) параметры многоканального цифрового измерителя дальности. Определите требуемое число разрядов счетчика дальности.</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-5. Защита расчётного задания

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студентам выдаются индивидуальные варианты с заданием

Краткое содержание задания:

Проверяется умение выполнять математическое моделирование радиолокационных систем и комплексов на основе структурных схем

Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: выполнять математическое моделирование радиолокационных систем и комплексов на основе структурных схем;</p>	<p>1.Изобразить функциональную схему дальномерной РЛС с непрерывным ЛЧМ сигналом. Рассчитайте параметры сигнала, если $R_{\text{макс}}=30\text{км}$, $DR=50\text{м}$. Определить параметры анализатора спектра и результирующую флуктуационную погрешность измерения дальности, если отношение сигнал/шум на входе $P_c/P_{\text{ш}}=0,2$; ширина полосы пропускания УПЧ равна 1МГц, $l=0,86\text{см}$, $dA=1,6\text{м}$. Оценить максимальную скорость азимутального обзора.</p>
---	--

2. Изобразите структурную схему квазиоптимального цифрового обнаружителя пачки бинарно-квантованных, флуктуирующих импульсов ($T_{и}=1\text{мкс}$, $T_{п}=1\text{мс}$, $l=3\text{см}$, $dA=3\text{м}$, $WCK=15^\circ/\text{с}$). Зона обзора по азимуту равна 30° . Определите параметры устройства. Оцените величину порогового отношения с/ш при заданных $D=0,7$; $F=10-3$.

3. Рассчитать и сравнить требуемую стабильность передатчика беззапросной и запросной систем измерения скорости ИСЗ, если требуемая точность измерения скорости цели $sv/V=0,5*10^{-5}$, скорость движения цели по орбите равна $7,5\text{км/с}$. Изобразить схемы беззапросной и запросной систем.

4. Рассчитать требуемую полосу фильтра анализатора спектра, применяемого в системе измерения скорости цели (частоты Доплера), если $l=0,05\text{м}$, объект летит по орбите высотой 600 км . ДНА наземной РЛС шириной 15° и ориентирована вертикально вверх. Изобразить схему запросной РЛС измерения скорости с активным ответом, оценить требования к стабильности частоты задающего генератора.

5. Выберите наиболее оптимальный с точки зрения технической реализации вариант обнаружителя пачки некогерентных импульсных сигналов с ЛЧМ: $\Delta f=3\text{МГц}$, $t_{и}=50\text{мкс}$, $m=30$, $T_{п}=0,8\text{мс}$, $l=10\text{см}$, $dA=1\text{м}$. Определите параметры схемы обработки и отношение сигнал/шум на входе и выходе схемы, если число дальномерных каналов равно 100 ; азимутальная зона обзора 30° ; $D=0,8$; $F=10-4$, отраженный сигнал с флуктуирующими амплитудой и фазой.

6. На самолете, который летит на постоянной высоте со скоростью $V=150\text{м/с}$, установлен радиолокатор, предназначенный для измерения скорости полета по сигналу, отраженному от поверхности земли. Однолучевая РЛС работает с квазинепрерывным радиосигналом, размер бортовой антенны не должен превышать $dA=0,5\text{м}$. Исходя из требований максимальной точности измерения скорости, выбрать: длину волны, ширину и ориентацию луча ДНА. Оценить ширину спектра отраженного сигнала. Пояснить методику определения угла сноса при однолучевой и многолучевой ДИСС.

7. Найдите разрешающую способность и потенциальную точность измерения скорости движения цели когерентной РЛС, если сигнал обнаруживается с вероятностью $D=0,8$; $F=10-3$; $t_{и}=0,4\text{мкс}$; размер антенны $dA=3\text{м}$; $l=2,6\text{см}$; ДНА сканирует по азимуту в зоне обзора 40° , скорость сканирования $WCK=200^\circ/\text{с}$. Максимальная дальность действия 75 км . Возможный диапазон вариаций скорости движения цели 100м/с . Изобразите

структурную схему системы автосопровождения по скорости с ФАПЧ.

8. Изобразить схему импульсного дальномера с многоканальным цифровым измерителем дальности. Определить требуемое число разрядов счетчика дальности, если $R_{\max}=300\text{км}$, $DFC=0,5\text{МГц}$. Какова погрешность измерения на максимальной дальности из-за нестабильности генератора счетных импульсов 10^{-5} , какова среднеквадратичная погрешность за счет дискретности?

9. Найти отношение сигнал/шум, реализуемое в самолетном РВ с ЧМ, измеряемый диапазон высот от 30 м до 720 м над взволнованной морской поверхностью с коэффициентом шероховатости 0,1 рад², коэффициент отражения Френеля 0,7. Размер бортовой антенны 12 см, $l=2$ см, параметры зондирующего ЛЧМ сигнала: $\Delta f=50\text{МГц}$, период модуляции и время осреднения в измерителе T и $T_{\text{оср}}$ выбрать. Пиковая мощность передатчика 50 Вт, фактор шума приемника 1,5 дБ. Оценить погрешности измерения высоты.

10. Найдите количество импульсов в пачке и результирующую флуктуационную погрешность измерения угловой координаты (по центру пачки) в обзорной РЛС, если сигнал обнаруживается с вероятностью $D=0,8$; $F=10^{-4}$, размер антенны $d_A=3\text{м}$; $l=3\text{см}$; $t_{\text{И}}=2\text{мкс}$; зона обзора по азимуту 30° ; скорость сканирования ДНА $WCK=30^\circ/\text{с}$; время сглаживания в следящей системе 2 с; $R_{\max}=80\text{км}$. Изобразите структурную схему следящей системы с квазиоптимальным дискриминатором, схемой поиска и обнаружения.

11. Изобразите схему ЧМ дальномера с непрерывным ЛЧМ сигналом, дальность действия $R_{\max}=9\text{км}$, разрешающая способность 300 м. Выберите период модуляции T_m , девиацию частоты в сигнале DFC , полосу фильтра параллельного анализатора спектра $DF_{\text{ф}}$ и количество фильтров пф. Оценить шаговую ошибку дальномера. Оценить максимальную скорость азимутального обзора, если $l=2,0\text{см}$, $d_A=2\text{м}$. Пояснить методику расчета требуемой развязки между антеннами ПРД и ПРМ.

12. Как изменится дальность действия, разрешающая способность и точность измерения дальности, скорости и азимутальной угловой координаты (по центру пачки), если в приемнике вместо когерентной обработки пачки использовать некогерентную? Параметры сигнала: $t_{\text{И}}=1\text{мкс}$, $m=16$; размер осесимметричной антенны $d_A=3\text{м}$, $l=10\text{см}$; зона обзора по азимуту 30° ; $R_{\max}=120\text{км}$; диапазон скоростей цели от 500 до 800 км/час; заданная помехоустойчивость: $D=0,8$; $F=10^{-3}$.

	<p>13.Изобразите схему ЧМ дальномера с непрерывным ЛЧМ сигналом, дальность действия $R_{\max}=12\text{км}$, разрешающая способность 200м. Выберите период модуляции T_m, девиацию частоты в сигнале DFC, полосу фильтра параллельного анализатора спектра $DF\phi$ и количество фильтров пф. Оценить шаговую ошибку дальномера. Оценить максимальную скорость азимутального обзора, если $l=3,0\text{см}$, $dA=1,5\text{м}$. Пояснить методику расчета требуемой развязки между антеннами ПРД и ПРМ.</p> <p>14.РЛС обнаружения работает в режиме кругового азимутального обзора и излучает когерентные импульсные сигналы $t_i = 1 \text{ мкс}$, $T_p = 1 \text{ мс}$. Скорость обзора по угловым координатам $W_{\text{ск}} = 100 \text{ град/с}$, длина волны излучения $l = 0,1 \text{ м}$, зеркальная антенна $DA = 1 \text{ м}$. Составьте структурную схему приемного тракта обнаружителя: а) в случае когерентного приема, б) в случае некогерентного приема. Диапазон рабочих скоростей цели $VR = 0,3...0,6 \text{ км/с}$, диапазон рабочих дальностей $R_{\max}..... R_{\min} = 0,5 \text{ с}T_p / 2$. Определить $\Delta 1 / N_0$ пор для случаев а) и б), если заданное значение вероятности правильного обнаружения $D = 0,8$ при $F = 10-2$, амплитуда сигнала не флуктуирует</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-6. Защита лабораторной работы №4

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка выполнения подготовки к лабораторной работе. Устный опрос.

Краткое содержание задания:

Проверяется знание методов построения структурных схем радиолокационных систем и комплексов

Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: методы построения структурных схем радиолокационных систем и комплексов</p>	<ol style="list-style-type: none">1.Изобразить обобщенную структурную схему следящей системы. Указать названия блоков2.Каковы особенности используемого в работе зондирующего сигнала. Изобразить временное сечение АКФ с указанием характерных точек.3.Дискриминатор. Определение, назначение, параметры. Дискриминационная характеристика. Реализация дискриминатора в ЛР, функциональная схема, её особенности.4.Влияние крутизны дискриминатора на остальные характеристики следящей системы.5.Шумовая ошибка. Источник возникновения, характеристики, способ борьбы.6.Влияние шума на дискриминационную характеристику и на точность автосопровождения.7.Динамическая ошибка. Источник возникновения, способ борьбы. Влияние динамической ошибки на остальные параметры системы.8.Какой элемент схемы и какая из его характеристик «виноваты» в наличии динамической ошибки9.Переходная характеристика. Определение, факторы влияющие на вид и параметры характеристики. Изобразить несколько типовых ПХ при вариации параметров системы10.Устойчивость следящих систем. Чем определяется, влияние параметров следящих систем на устойчивость11.Как изменится структурная схема СП при изменении вида сигнала (ЛЧМ, ФМн) и его параметров (T_p, t_i, D_{fc}, m).12.Как изменятся характеристики обнаружения в двухуровневом обнаружителе при изменении порога X_0 или K_0 при прочих равных условиях.13.Оптимальный алгоритм обнаружения когерентной (КГ) и некогерентной (НКГ) пачки импульсов. Структурные схемы. Сравнить.14.Оптимальный алгоритм обнаружения и оценки центра НКГ пачки. Структурные схемы. В чём заключается их сходство и различия.
---	--

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

8 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Двумерная автокорреляционная функция сигнала (ДАФ). Влияние ДАФ на тактические характеристики РЛС. Экспериментальное исследование ДАФ. Выбор зондирующего сигнала в многоканальной (с разрешением по дальности и скорости) РЛС обнаружения.
1. 2. Многомерный корреляционный интеграл. Понятие пространственно-временной функции корреляции. Частные корреляционные функции по параметрам.
3. Сравните основные тактико-технические характеристики РЛС обнаружения и измерения дальности. РЛС излучают следующие зондирующие сигналы: а) простой прямоугольный радиоимпульс $t_{и} = 1\text{мкс}$, $DF_{прм} = 3\text{МГц}$; б) импульсный сигнал с ЛЧМ $t_{и} = 100\text{мкс}$, $DF_{с} = 1\text{МГц}$; в) импульсный сигнал с ФМ $t_{и} = 255\text{мкс}$, $t_{о} = 1\text{мкс}$, $DF_{прм} = 5\text{МГц}$. Мощности принимаемых сигналов считать одинаковыми. Изобразите сечения ДАФ по времени и по частоте и топографическое сечение ДАФ этих сигналов. Определить требования к точности целеуказания по скорости.

Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме по билетам. В билете два теоретических вопроса и задача.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-1} Знает методы выполнения расчетов основных технических характеристик схем подсистем радиоэлектронных систем и комплексов

Вопросы, задания

- 1.
1. Многомерный корреляционный интеграл. Понятие пространственно-временной функции корреляции. Частные корреляционные функции по параметрам.
2. Выберите наиболее оптимальный с точки зрения технической реализации вариант обнаружителя пачки некогерентных импульсных сигналов с ЛЧМ: $\Delta f = 3\text{МГц}$, $t_{и} = 50\text{мкс}$, $m = 30$, $T_{п} = 0,8\text{мс}$. Определите параметры схемы обработки и отношение сигнала к шуму на входе и выходе схемы, если число дальномерных каналов равно 1000, $D = 0,8$; $F = 10^{-4}$, сигнал флуктуирующий.
3. Сравнение корреляционных, фильтровых и корреляционно-фильтровых методов обработки сигналов сложной формы.
4. Реализация квазиоптимальных цифровых обнаружителей. Выбор порогов. Расчет потерь в отношении сигнал/шум. Многоканальные цифровые обнаружители.

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

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. Реализация согласованного фильтра в случае помехи с неравномерным спектром. Схемы построения оптимальной фильтрации сигналов на фоне пассивных помех.
2. Сравните основные тактико-технические характеристики РЛС обнаружения и измерения дальности. РЛС излучают следующие зондирующие сигналы: а) простой прямоугольный радиоимпульс $t_{\text{и}} = 1 \text{ мкс}$, $Df_{\text{прм}} = 3 \text{ МГц}$; б) импульсный сигнал с ЛЧМ $t_{\text{и}} = 100 \text{ мкс}$, $Df_{\text{с}} = 1 \text{ МГц}$; в) импульсный сигнал с ФМ $t_{\text{и}} = 255 \text{ мкс}$, $t_0 = 1 \text{ мкс}$, $Df_{\text{прм}} = 5 \text{ МГц}$. Мощности принимаемых сигналов считать одинаковыми. Изобразите сечения ДАФ по времени и по частоте и топографическое сечение ДАФ этих сигналов. Определить требования к точности целеуказания по скорости.
3. Постановка задачи обнаружения сигналов на фоне шумов приемника РЛС. Модели сигналов. Синтез устройств оптимального обнаружения, отношение правдоподобия. Характеристики обнаружения для различных моделей одиночных сигналов.
4. Чем отличаются методы оптимальной обработки радиосигналов на фоне шума корреляционный и фильтровой? Какой метод лучше и почему? Какие они реализуют алгоритмы обработки?
5. Определите параметры непрерывного периодического ФМн сигнала t_0 , N , $T_{\text{п}}$ и время когерентного накопления, если требуется обеспечить $DR = 75 \text{ м}$, $DV_{\text{г}} = 30 \text{ м/с}$, $R_{\text{одн}} = 150 \text{ км}$ при $l = 0,1 \text{ м}$. Изобразить функциональную схему формирователя ФМн сигнала.

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

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

Вопросы, задания

1. Найти результирующую флуктуационную погрешность измерения угловой координаты в обзорной РЛС, если сигнал обнаруживается с вероятностью $D=0,8$; $F=10-3$, размер антенны $dA=5\text{м}$; $l=0,1\text{м}$; зона обзора 40° ; скорость сканирования $WCK=20^\circ/\text{с}$; $tИ=1\text{мкс}$; $ТП=1\text{мс}$. Изобразить структурную схему следящей системы с оптимальным дискриминатором, схемой поиска и обнаружения.
2. В чем заключается оптимальная фильтрация на основе ФАР?
3. Радиолокационные станции и комплексы управления воздушным движением. Радиолокационные станции обнаружения, наведения и целеуказания целей на средних и больших высотах.
4. Изобразить схему импульсного дальномера с многоканальным цифровым измерителем дальности. Определить требуемое число разрядов счетчика дальности, если $R_{\text{макс}}=300\text{км}$, $DFC=0,5\text{МГц}$. Какова погрешность измерения на максимальной дальности из-за нестабильности генератора счетных импульсов 10-5, какова среднеквадратичная погрешность за счет дискретности?
5. Потенциальная точность измерения дальности. Выбор оптимальной формы зондирующего сигнала, Построение оптимального измерителя дальности.

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

4. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-3} Знает методы физического моделирования процессов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов и проведения экспериментальных исследований

Вопросы, задания

1. Чем отличаются методы оптимальной обработки радиосигналов на фоне шума корреляционный и фильтровой? Какой метод лучше и почему? Какие они реализуют алгоритмы обработки?
2. Поясните, как ширина спектра и интервал корреляции помехи влияют на коэффициент подавления помехи в системе СДЦ. Как изменится коэффициент подавления при увеличении в два раза: а) скорости ветра, б) длины волны передатчика, в) периода повторения импульсов излучения РЛС? Изобразить функциональную схему импульсной когерентной РЛС с системой СДЦ.
3. Достоинства и недостатки ФАР по сравнению с антеннами со сплошным раскрытием
4. Принципы построения оптимальных и квазиоптимальных измерителей переменных параметров. Реализация дискриминатора и экстраполятора. Шумовые и динамические погрешности следящих измерителей.

5. Рассчитать дальность действия когерентной РЛС обнаружения летательных аппаратов с ЭПР не менее 5 м² и диапазоном возможных скоростей от 300 до 800 км/час, если задана помехоустойчивость $D=0,75$; $F=10^{-2}$; средняя мощность ПРД $P_{cp}=1,1$ кВт; КПД АФУ 0,9; фактор шума ПРМ $F=2$ дБ; $l=5,3$ см; $dA=1,5$ м; время обзора сектора $20^\circ \times 20^\circ$ по азимуту и углу места не должно превышать 2 с (вид обзора строчный), требуемая разрешающая способность РЛС по дальности $DR=50$ м, количество анализируемых каналов по дальности 100, потери на трассе 3 дБ. Оценить количество импульсов в пачке и разрешающую способность по скорости DV .

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

5. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-3 Умеет выполнять физическое моделирование (проведение эксперимента), обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных

Вопросы, задания

1. Двумерная автокорреляционная функция сигнала (ДАФ). Влияние ДАФ на тактические характеристики РЛС. Экспериментальное исследование ДАФ. Выбор зондирующего сигнала в многоканальной (с разрешением по дальности и скорости) РЛС обнаружения

2. Модели радиолокационных сигналов и помех. Основное уравнение радиолокации. Основное уравнение радиолокации. Влияние параметров передатчика, приемника и антенны на дальность действия РЛС. Особенности распространения радиоволн при РЛ наблюдении.

3. Сравнительная характеристика РЛС, работающих с ЛЧМ и ФМн импульсными сигналами, разрешающая способность по R и V , техническая реализация устройств формирования и обработки.

4. Обзорная РЛС излучает импульсные сигналы с ФМн: $t_0=2$ мкс, $N=13$, $l=0,1$ м, $T_p=1,3$ мс. Определить:

а) число принятых импульсных сигналов, если диаметр антенны $D_a=2$ м, скорость сканирования луча $W=50$ град/сек;

б) параметры многоканального некогерентного обнаружителя пачки из m импульсов, если $R_{min}=60$ км, $R_{max}=160$ км;

в) определить $\Delta 1/N_0$, если $D=0,6$; $F=10^{-4}$, сигнал флуктуирует.

5. Назначение блока череспериодной компенсации (ЧПК). Частотные и скоростные характеристики одно- и двухкратной систем ЧПК. Борьба со "слепыми" скоростями.

Материалы для проверки остаточных знаний

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

Ответы:

1) Увеличится 2) Уменьшится 3) Не изменится

Верный ответ: 1) Увеличится

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

Ответы:

1) Увеличится 2) Уменьшится 3) Не изменится

Верный ответ: 2) Уменьшится

3. 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.