

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

**Направление подготовки/специальность: 11.04.01 Радиотехника**

**Наименование образовательной программы: Радиотехнические системы**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Системы цифровой обработки сигналов**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

А.А. Комаров

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

А.А.

Комаров

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

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

(подпись)

А.А.

Комаров

(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-2 Способен разрабатывать и модернизировать радиоэлектронные системы  
ИД-1 Разрабатывает структурные, функциональные и принципиальные схемы радиоэлектронных систем

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Защита лабораторной работы "Цифровая демодуляция/децимация сигналов, цифровая согласованная фильтрация" (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы «Моделирование алгоритмов цифровой обработки сигналов в радиолокаторе с синтезированной апертурой бокового обзора» (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы «Цифровая фильтрация активных и пассивных помех. Цифровое обнаружение сигналов с постоянным уровнем ложных тревог» (Лабораторная работа)
4. Защита расчетного задания (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа «Аналоговые и цифровые приёмники РЛС» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа «Дискретные преобразования сигналов. Свёртка» (Контрольная работа)
3. Контрольная работа «Цифровая вторичная обработка радиолокационной информации» (Контрольная работа)
4. Контрольная работа «Цифровая обработка сигналов в радиолокаторах с синтезированной апертурой антенны» (Контрольная работа)
5. Контрольная работа «Цифровые фильтры» (Контрольная работа)

## БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	14
Дискретные цифровые сигналы и системы (1 семестр)					
Дискретные цифровые сигналы и системы (1 семестр)		+			

Дискретные преобразования (1 семестр)				
Дискретные преобразования (1 семестр)		+		
Цифровая фильтрация (1 семестр)				
Цифровая фильтрация (1 семестр)			+	
Цифровая первичная обработка радиолокационной информации (1 семестр)				
Цифровая первичная обработка радиолокационной информации (1 семестр)				+
Вес КМ:	20	20	20	40

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9
	Срок КМ:	4	6	8	12	14
Цифровая вторичная обработка радиолокационной информации (2 семестр)						
Цифровая вторичная обработка радиолокационной информации (2 семестр)		+	+	+		
Цифровая обработка сигналов в радиолокаторах с синтезируемой апертурой антенны (2 семестр)						
Цифровая обработка сигналов в радиолокаторах с синтезируемой апертурой антенны (2 семестр)					+	+
Вес КМ:	10	25	25	15	25	

\$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-2	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Разрабатывает структурные, функциональные и принципиальные схемы радиоэлектронных систем	<p>Знать:</p> <p>принципы построения систем цифровой вторичной обработки радиолокационной информации</p> <p>методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов в радиолокаторах с синтезированной апертурой антенны</p> <p>принципы построения аналоговых и цифровых приёмников РЛС</p> <p>теорию дискретных и цифровых сигналов и систем</p> <p>Уметь:</p> <p>моделировать объекты и процессы с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая</p>	<p>Контрольная работа «Аналоговые и цифровые приёмники РЛС» (Контрольная работа)</p> <p>Контрольная работа «Дискретные преобразования сигналов. Свёртка» (Контрольная работа)</p> <p>Контрольная работа «Цифровые фильтры» (Контрольная работа)</p> <p>Защита расчетного задания (Расчетно-графическая работа)</p> <p>Контрольная работа «Цифровая вторичная обработка радиолокационной информации» (Контрольная работа)</p> <p>Защита лабораторной работы "Цифровая демодуляция/децимация сигналов, цифровая согласованная фильтрация" (Лабораторная работа)</p> <p>Защита лабораторной работы «Цифровая фильтрация активных и пассивных помех. Цифровое обнаружение сигналов с постоянным уровнем ложных тревог» (Лабораторная работа)</p> <p>Контрольная работа «Цифровая обработка сигналов в радиолокаторах с синтезированной апертурой антенны» (Контрольная работа)</p> <p>Защита лабораторной работы «Моделирование алгоритмов цифровой обработки сигналов в радиолокаторе с синтезированной апертурой бокового обзора» (Лабораторная работа)</p>

		стандартные пакеты прикладных программ разрабатывать и проектировать системы цифровой обработки сигналов современных радиотехнических систем с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ моделировать системы цифровой первичной обработки радиолокационной информации выполнять расчёт и проектирование цифровых фильтров по заданным требованиям	
--	--	--	--

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

2 семестр

### КМ-1. Контрольная работа «Аналоговые и цифровые приёмники РЛС»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

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

#### Краткое содержание задания:

Проверяется знание принципов построения систем цифровой обработки сигналов в радиотехнических системах и комплексах различного назначения

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: принципы построения аналоговых и цифровых приёмников РЛС	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Изобразите и кратко поясните структурные схемы: типичной РЛС наземного базирования; типичную последовательность операций при цифровой обработке сигналов (ЦОС) в РЛС общего назначения. Приведите пример последовательности операций при ЦОС во временном масштабе.</li><li>2.На рисунке ниже изображен спектр аналогового сигнала. Найдите минимальную частоту дискретизации, позволяющую избежать наложения. Предположите, что сигнал дискретизируется с частотой 16 кГц, и изобразите спектр дискретного сигнала в диапазоне <math>\pm 16</math> кГц</li><li>3.В системе ЦОС РЛС используется 14-битовый АЦП в биполярном режиме с входным диапазоном <math>\pm 1</math> В. Какова максимальная ошибка квантования? Рассчитайте теоретическое максимальное отношение сигнал/шум квантования (в децибелах) для этой системы.</li><li>4.Изобразите структурные схемы типичных приемников РЛС и кратко поясните функциональное назначение каждого из компонентов, входящих в их состав. В чем заключаются основные функции приемника РЛС?</li><li>5.К аналоговой части системы ЦОС выдвигаются такие требования: полоса частот, представляющая практический интерес, 0–4 кГц, максимально допустимая неравномерность в полосе пропускания <math>\leq 0,5</math> дБ; затухание в полосе подавления <math>\geq 50</math> дБ. Найдите минимальный порядок фильтра защиты от наложения спектров с характеристикой типа Баттерворта и подходящую частоту дискретизации для удовлетворения этим требованиям.</li><li>6.На рисунке ниже изображен спектр узкополосного сигнала. Получите и изобразите спектр дискретного</li></ol>
---	---

	<p>сигнала в диапазоне <math>\pm F_s/2</math> для каждого из следующих трех случаев: 1) <math>f_L/(f_H-f_L)=3</math>; 2) <math>f_L/(f_H-f_L)=4</math>; 3) <math>f_L/(f_H-f_L)=4,5</math>. Пусть ширина полосы сигнала <math>(f_H-f_L)=5</math> кГц, и в каждом случае сигнал дискретизируется с минимальной по Найквисту частотой.</p> <p>7.Изобразите структурные схемы нескольких типов приемников РЛС, назовите радиолокационные приложения в которых используется тот или иной тип приемника РЛС, перечислите достоинства и недостатки каждого из типов приемников РЛС.</p> <p>8.Аналоговый вход системы ЦОС оцифровывается с помощью 14-битового АЦП в биполярном режиме. Удвоенная амплитуда входного сигнала лежит в диапазоне <math>\pm 10</math> В, полоса частот сигнала – от 0 до 10 кГц. Оцените: а) минимальное затухание <math>A_{\min}</math> в полосе подавления фильтра защиты от наложения спектров; б) минимальную частоту дискретизации <math>F_s</math>, поддерживающую искажение от наложения в полосе пропускания ниже уровня шума квантования (предположите, что для защиты от наложения спектров используется фильтр Баттерворта шестого порядка).</p> <p>9.Найдите минимальную теоретическую частоту дискретизации <math>F_s</math>, позволяющую избежать наложения, для полосового сигнала с частотными компонентами в диапазоне <math>20 \text{ МГц} &lt; f &lt; 30 \text{ МГц}</math>. Обоснуйте свой ответ и объясните, почему минимальной теоретической частотой дискретизации нельзя воспользоваться на практике.</p> <p>10.Изобразите структурные схемы аналоговых когерентных и некогерентных демодуляторов радиосигналов, кратко поясните назначение каждого из компонентов, входящих в их состав, назовите радиолокационные приложения в которых используется тот или иной тип демодуляторов РЛС.</p> <p>11.Полоса частот аналогового входного сигнала системы ЦОС перед оцифровкой была ограничена до 30 Гц с помощью аналогового фильтра Баттерворта третьего порядка. При условии, что обусловленное дискретизацией искажение от наложения составляет меньше 1% от уровня сигнала в полосе пропускания, найдите минимальную частоту дискретизации <math>F_s</math>, необходимую для этой системы.</p> <p>12.Синусоидальный сигнал с удвоенной амплитудой 5 В оцифровывается с помощью 16-битового АЦП. Предположив, что квантование линейно, найдите: а) величину шага квантования; б) среднеквадратическое отношение сигнал-шум квантования. Укажите все сделанные предположения.</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-2. Контрольная работа «Дискретные преобразования сигналов. Свёртка»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

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

**Краткое содержание задания:**

теории дискретных и цифровых сигналов и систем

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: теорию дискретных и цифровых сигналов и систем</p>	<p>1. Дискретный фильтр задан разностным уравнением <math>y(n) - 0.75y(n-1) + 0.125y(n-2) = 2x(n-1)</math> Вычислите: 1) функцию передачи дискретного фильтра; 2) определите нули и полюсы функции передачи, изобразите нуль-полюсную диаграмму; 3) определите, устойчив ли фильтр; 4) вычислите импульсную характеристику фильтра</p> <p>2. Импульсная характеристика дискретного фильтра равна <math>h = \{7, 0, 8, 9\}</math> последовательность на входе фильтра <math>x = \{6, 1, 2, 16, 14\}</math>. Вычислите реакцию фильтра на входную последовательность с помощью круговой свёртки.</p> <p>3. Дискретный фильтр задан разностным уравнением <math>y(n) - 5y(n-1) + 6y(n-2) = 2x(n-1)</math> Вычислите: 1) функцию передачи дискретного фильтра; 2) определите нули и полюсы функции передачи, изобразите нуль-полюсную диаграмму; 3) определите, устойчив ли фильтр; 4) вычислите импульсную характеристику фильтра</p> <p>4. Импульсная характеристика дискретного фильтра равна <math>h = \{17, 6, 12, 16\}</math> последовательность на входе фильтра <math>x = \{19, 4, 11, 6, 9\}</math>. Вычислите реакцию фильтра на входную последовательность с помощью круговой свёртки.</p> <p>5. Дискретный фильтр задан разностным уравнением</p>
--	---

	<p><math>y(n) - 0.5y(n-1) = x(n) + 2x(n-1) + x(n-2)</math>  Вычислите:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) функцию передачи дискретного фильтра;</li> <li>2) определите нули и полюсы функции передачи, изобразите нуль-полюсную диаграмму;</li> <li>3) определите, устойчив ли фильтр;</li> <li>4) вычислите импульсную характеристику фильтра</li> </ol> <p>6. Импульсная характеристика дискретного фильтра равна <math>h = \{20, 22, 13, 3\}</math>  последовательность на входе фильтра <math>x = \{11, 20, 2, 42, 44\}</math>.  Вычислите реакцию фильтра на входную последовательность с помощью круговой свёртки.</p> <p>7. Дискретный фильтр задан разностным уравнением  <math>y(n) - 0.88y(n-1) + 0.12y(n-2) = 0.34x(n-1)</math>  Вычислите:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) функцию передачи дискретного фильтра;</li> <li>2) определите нули и полюсы функции передачи, изобразите нуль-полюсную диаграмму;</li> <li>3) определите, устойчив ли фильтр;</li> <li>4) вычислите импульсную характеристику фильтра</li> </ol> <p>8. Импульсная характеристика дискретного фильтра равна <math>h = \{3, 6, 19, 6\}</math>  последовательность на входе фильтра <math>x = \{23, 23, 16, 42, 17\}</math>.  Вычислите реакцию фильтра на входную последовательность с помощью круговой свёртки.</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 «Цифровые фильтры»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

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

**Краткое содержание задания:**

Проверить умение моделировать объекты и процессы с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: выполнять расчёт и проектирование цифровых фильтров по заданным требованиям

1. Дайте определение цифровому фильтру. Перечислите основные преимущества и недостатки цифровых фильтров. Перечислите и дайте определение типам цифровых фильтров. Приведите структурные схемы, разностные уравнения и передаточные функции каждого из типов цифровых фильтров.

2.

Используя метод взвешивания, получите коэффициенты цифрового КИХ-фильтра нижних частот согласно такой спецификации:

затухание в полосе подавления	50 дБ
частота среза	3,4 кГц
ширина перехода	0,6 кГц
частота дискретизации	8 кГц

В ответе укажите использованную весовую функцию и аргументы в пользу такого выбора.

3. Сформулируйте относительные преимущества использования фильтров с конечной и бесконечной импульсными характеристиками и рекомендации по выбору между ними при обработке сигналов в РЛС.

4. Цифровой 4-точечный КИХ-фильтр с линейной фазовой характеристикой описывается следующими частотными выборками:

1 при  $k=0$ ,

0.5 при  $k = 1,3$

0 при  $k = 2$ .

а) изобразите диаграмму нулей и полюсов данного фильтра;

б) изобразите частотную характеристику фильтра;

в) определите четыре коэффициента фильтра.

Коэффициенты должны быть действительными.

5. Перечислите и поясните основные этапы при разработке цифрового фильтра. Из чего состоит спецификация требований к цифровому фильтру?

Какие существуют методы вычисления коэффициентов цифровых фильтров?

6. Требуется 4-точечный КИХ-фильтр с линейной фазовой характеристикой, реализованный по принципу частотной выборки, который характеризуется следующими выборками:

1 при  $k=0$ ,

0 при  $k = 1,2,3$ .

а) определите число полюсов и нулей передаточной функции фильтра;

б) изобразите диаграмму нулей и полюсов фильтра;

в) определите четыре коэффициента фильтра.

	<p>Коэффициенты должны быть действительными.</p> <p>7.Перечислите и изобразите структуры цифровых фильтров с конечной и бесконечной импульсными характеристиками. Какие из структур наиболее часто используются при разработке цифровых фильтров и почему?</p> <p>8.Требуется цифровой полосовой БИХ-фильтр со следующими параметрами</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>полоса пропускания</td> <td>8–10 кГц</td> </tr> <tr> <td>частота дискретизации</td> <td>32 кГц</td> </tr> <tr> <td>порядок фильтра</td> <td>4,</td> </tr> <tr> <td>тип характеристики фильтра</td> <td>Баттерворт</td> </tr> </table> <p>Выбрав аналоговый фильтр-прототип нижних частот, определите:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) функцию передачи цифрового фильтра <math>H(z)</math>, используя подходящее преобразование частоты и билинейное <math>z</math>-преобразование;</li> <li>2) изобразите диаграммы нулей и полюсов полученного цифрового полосового фильтра запишите разностное уравнение полученного цифрового фильтра</li> </ol>	полоса пропускания	8–10 кГц	частота дискретизации	32 кГц	порядок фильтра	4,	тип характеристики фильтра	Баттерворт
полоса пропускания	8–10 кГц								
частота дискретизации	32 кГц								
порядок фильтра	4,								
тип характеристики фильтра	Баттерворт								

**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. Защита расчетного задания**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

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

**Краткое содержание задания:**

Проверяется умение цифровой обработки сигналов современных радиотехнических систем с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: моделировать системы цифровой первичной обработки радиолокационной информации</p>	<p>1. Выполните компьютерное моделирование когерентного и некогерентного накопления сигналов с флуктуирующей амплитудой и случайной фазой. Проанализируйте как влияет число накоплений и уровень шума на обнаружение сигнала при когерентном и некогерентном накоплениях.</p> <p>Сигнал</p> $u(t) = Ae^{-0.03t^2} \sin(t + \varphi)$ <p>где <math>A</math> – нормально распределённая случайная величина с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией;</p> <p><math>\varphi</math> – равномерно распределённая случайная величина в диапазоне <math>[-\pi, \pi]</math>.</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*

**3 семестр**

**КМ-5. Контрольная работа «Цифровая вторичная обработка радиолокационной информации»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

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

**Краткое содержание задания:**

Проверяется знание теории дискретных и цифровых сигналов и систем

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: принципы построения систем цифровой вторичной обработки радиолокационной информации</p>	<p>1. Рассчитать и сравнить при оптимальном сглаживании точность оценки координаты <math>Y^*n</math> при наличии и отсутствии независимых измерений скорости при <math>\sigma_y = 150\text{м}</math>, <math>\sigma_{2v} = 200\text{м/с}</math>.</p> <p>2. Перечислить и провести анализ способов повышения точности оценки параметров и координат воздушных целей радиолокации при <math>R_{\max}</math>, <math>R_{\min}</math> и объектовой ситуации в зоне обзора.</p>
---	--

	<p>3. Расчет СКО ошибок оценки скорости и ускорения <math>v^*y</math> и <math>a^*y</math> для модели 2.</p> <p>4. Используя алгоритм последовательного сглаживания при равнооточных измерениях, найти алгоритмы оценки сглаженного <math>y^*n</math> и экстраполированного <math>y^*nэ</math> значений для модели траектории 1 при СКО <math>\sigma_y = 50</math> м</p> <p>5. Расчет СКО оценки параметров и координат при оптимальном сглаживании <math>\sigma^*yn</math> и экстраполяции <math>\sigma^*n+1</math>, для модели 1.</p> <p>6. Определить условия, при которых ошибка экстраполяции дальности <math>\sigma_y+2</math> не будет превышать 70 м, если <math>\sigma_y = 50</math> м, дальность цели 200 км, модель цели 1, независимые измерения скорости отсутствуют.</p> <p>7. Определить условия, при которых ошибка экстраполяции дальности <math>\sigma_y+3</math> не будет превышать 70 м, если <math>\sigma_y = 50</math> м, дальность цели 100 км, модель цели 1, независимые измерения скорости отсутствуют.</p> <p>8. Используя алгоритм оптимального сглаживания и экстраполяции при <math>\sigma_y=100</math> м, <math>n=4</math>, найти оценки сглаженного <math>y^*n</math> и экстраполированного <math>y^*nэ</math>.</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-6. Защита лабораторной работы "Цифровая демодуляция/децимация сигналов, цифровая согласованная фильтрация"**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

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

**Краткое содержание задания:**

Проверяется умение моделировать объекты и процессы с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ.

### Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: моделировать объекты и процессы с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Понять и отобразить в графическом редакторе полную функциональную схему устройства, реализованную в приведенном коде MATLAB.</li><li>2. Последовательно по коду самостоятельно разобраться с встречающимися функциями (в том числе и встроенными), к каждой из которых в отчете отобразить краткое функциональное назначение.</li><li>3. Каждому студенту произвольно задать параметры моделирования, а именно: частоту дискретизации АЦП <math>f_s</math> от 80 МГц до 125 МГц; видеочастоту <math>f_{sv}</math> (после децимации) от 2 до 10 МГц; <i>при этом <math>f_s</math> должна быть больше чем <math>f_{sv}</math> в целое число раз</i>; базу зондирующего сигнала <math>pulse\_base</math> от 256 до 512; полосу зондирующего сигнала <math>pulse\_bw</math> от 1 МГц до 5 МГц; <i>при этом должно сохраняться строгое соотношение <math>f_{sv} &gt; 2 pulse\_bw</math></i>; частоту гетеродина <math>f_g</math> от 20 до 40 МГц; промежуточную частоту <math>f_c</math> (от 20 до 40 МГц); <i>при этом <math>f_c</math> должна отличаться от <math>f_g</math> на 0,1 МГц</i>; остальные параметры моделирования оставить без изменений.</li><li>4. Исследовать влияние конечной разрядности устройства демодуляции.<ol style="list-style-type: none"><li>1 для этого при обращении к функции <math>get\_dem</math> варьировать параметр, отвечающий за число бит в умножителях при реализации квадратурного демодулятора от 4 до 14;</li><li>2 самостоятельно разобраться с встроенной функцией <math>sfdr</math>;</li><li>3 обратиться с вышеуказанной функции при вариации параметра в 3.1 и зафиксировать соответствующие значения <math>sfdr</math>;</li></ol></li><li>5. Переключить флаг <math>mono</math> в 0; промежуточную частоту <math>f_c</math> задать равной частоте гетеродина <math>f_g</math> с принятыми ранее значениями и зафиксировать все наблюдаемые эпюры.</li><li>6. Изменить значение <math>velocity</math> на произвольное в разумных пределах (скорость полета гражданской или военной авиации); зафиксировать все наблюдаемые эпюры.</li><li>7. Написать краткий отчет о проделанной работе с выводами и поясняющими рисунками.</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: 60

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

### **КМ-7. Защита лабораторной работы «Цифровая фильтрация активных и пассивных помех. Цифровое обнаружение сигналов с постоянным уровнем ложных тревог»**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

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

#### **Краткое содержание задания:**

Проверяется умение разрабатывать и проектировать системы цифровой обработки сигналов современных радиотехнических систем с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ

#### **Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: моделировать объекты и процессы с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Понять и отобразить в графическом редакторе полную функциональную схему устройства, реализованную в приведенном коде MATLAB (для моделирования используются функции из <i>Radar Toolbox</i>).</li><li>2. Последовательно по коду самостоятельно разобраться с встречающимися функциями (в том числе и встроенными), к каждой из которых в отчете отобразить краткое функциональное назначение.</li><li>3. Каждой бригаде, состоящей из 2-х человек произвольно задать параметры моделирования, а именно: ширина спектра зондирующего сигнала: от 1,5 МГц до 30 МГц; зона обзора по азимуту: от (-20, 20) до (-60, 60); зона обзора по углу места: от (-10, 10) до (-30, 30); количество целей: от 2 до 5; ЭПР целей: -20 dBsm до 30 dBsm; вектор скорости движения целей в разумных пределах, характерных для самолётов разных классов; остальные параметры моделирования оставить без изменений.</li><li>4. Написать краткий отчет о проделанной работе с выводами и поясняющими рисунками.</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-8. Контрольная работа «Цифровая обработка сигналов в радиолокаторах с синтезированной апертурой антенны»**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

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

#### **Краткое содержание задания:**

Проверяется знание принципы построения систем цифровой обработки сигналов в радиотехнических системах и комплексах различного назначения

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов в радиолокаторах с синтезированной апертурой антенны	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Какие применяются виды обзора лоцируемой поверхности с помощью РСА?</li><li>2.Как определяется потенциальная разрешающая способность РСА по азимутальному направлению на лоцируемой поверхности?</li><li>3. Как определяется потенциальная разрешающая способность РСА по дальности?</li><li>4.Что такое фокусированный и нефокусированный режим работы РСА?</li><li>5.Как оценить удельную эффективную поверхность рассеяния для РСА?</li><li>6.Из каких соображений выбирается длина волны излучения РСА?</li><li>7.Поясните расчёт частоты повторения зондирующих импульсов при заданной полосе обзора по дальности на лоцируемой поверхности для РСА самолётного и космического базирования.</li><li>8.Как рассчитать требуемую мощность передатчика при реализации потенциальной разрешающей способности РСА?</li><li>9.Каковы требования к корреляционным шумам зондирующих сигналов РСА?</li><li>10.Дайте сравнительную оценку систем РСА с наземной и полной бортовой обработкой.</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-9. Защита лабораторной работы «Моделирование алгоритмов цифровой обработки сигналов в радиолокаторе с синтезированной апертурой бокового обзора»**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждому студенту выдается задание

#### **Краткое содержание задания:**

Проверяется умение моделировать объекты и процессы с целью анализа и оптимизации их параметров с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: разрабатывать и проектировать системы цифровой обработки сигналов современных радиотехнических систем с использованием имеющихся средств исследований, включая стандартные пакеты прикладных программ	<ol style="list-style-type: none"><li>1.1. Рассчитать (добавить код MATLAB):<ul style="list-style-type: none"><li>· скважность сигнала,</li><li>· максимальное время синтеза РСА,</li><li>· максимальный период повторения,</li><li>· минимальный период повторения</li></ul></li><li>· разрешение по азимуту,</li><li>· разрешение по дальности,</li></ol> <ol style="list-style-type: none"><li>2. Оценить влияние полосы сигнала на качество выходного изображения</li><li>3. Оценить влияние скорости носителя РСА на качество выходного изображения</li><li>4. Оценить влияние периода повторения импульсов на качество выходного изображения</li><li>5. Оценить влияние времени синтеза на качество выходного изображения</li><li>6. Оценить влияние продольного размера антенны на качество выходного изображения</li><li>7. Оценить влияние длительность импульса на качество выходного изображения</li><li>8. Оценить влияние уровня шума на качество выходного изображения</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: 60*

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

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 2 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

1. Изобразите и кратко поясните структурные схемы: типичной РЛС наземного базирования; типичную последовательность операций при цифровой обработке сигналов (ЦОС) в РЛС общего назначения. Приведите пример последовательности операций при ЦОС во временном масштабе.
2. В системе ЦОС РЛС используется 14-битовый АЦП в биполярном режиме с входным диапазоном  $\pm 1$  В. Какова максимальная ошибка квантования? Рассчитайте теоретическое максимальное отношение сигнал/шум квантования (в децибелах) для этой системы.

### 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-2</sub> Разрабатывает структурные, функциональные и принципиальные схемы радиоэлектронных систем

### Вопросы, задания

1. Изобразите структурные схемы типичных приемников РЛС и кратко поясните функциональное назначение каждого из компонентов, входящих в их состав. В чем заключаются основные функции приемника РЛС?
2. К аналоговой части системы ЦОС выдвигаются такие требования: полоса частот, представляющая практический интерес, 0–4 кГц, максимально допустимая неравномерность в полосе пропускания  $\leq 0,5$  дБ; затухание в полосе подавления  $\geq 50$  дБ. Найдите минимальный порядок фильтра защиты от наложения спектров с характеристикой типа Баттерворта и подходящую частоту дискретизации для удовлетворения этим требованиям.
3. Изобразите структурные схемы нескольких типов приемников РЛС, назовите радиолокационные приложения в которых используется тот или иной тип приемника РЛС, перечислите достоинства и недостатки каждого из типов приемников РЛС.
4. Аналоговый вход системы ЦОС оцифровывается с помощью 14-битового АЦП в биполярном режиме. Удвоенная амплитуда входного сигнала лежит в диапазоне  $\pm 10$  В, полоса частот сигнала – от 0 до 10 кГц. Оцените: а) минимальное затухание  $A_{\min}$  в полосе подавления фильтра защиты от наложения спектров; б) минимальную частоту дискретизации  $F_s$ , поддерживающую искажение от наложения в полосе пропускания ниже уровня шума квантования (предположите, что для защиты от наложения спектров используется фильтр Баттерворта шестого порядка).
5. Найдите минимальную теоретическую частоту дискретизации  $F_s$ , позволяющую избежать наложения, для полосового сигнала с частотными компонентами в диапазоне  $20 \text{ МГц} < f < 30 \text{ МГц}$ . Обоснуйте свой ответ и объясните, почему минимальной теоретической частотой дискретизации нельзя воспользоваться на практике.
6. Изобразите структурные схемы аналоговых когерентных и некогерентных демодуляторов радиосигналов, кратко поясните назначение каждого из компонентов,

входящих в их состав, назовите радиолокационные приложения в которых используется тот или иной тип демодуляторов РЛС.

7.Перечислите факторы, главным образом влияющих на динамический диапазон приемника РЛС. Поясните для чего в схеме приемника РЛС нужны элементы автоматической и временной авторегулировки усиления. Чем определяются нижний и верхний предел динамического диапазона аналоговых и цифровых приемников РЛС?

8.Полоса частот аналогового входного сигнала системы ЦОС перед оцифровкой была ограничена до 30 Гц с помощью аналогового фильтра Баттерворта третьего порядка. При условии, что обусловленное дискретизацией искажение от наложения составляет меньше 1% от уровня сигнала в полосе пропускания, найдите минимальную частоту дискретизации  $F_s$ , необходимую для этой системы.

9.Синусоидальный сигнал с удвоенной амплитудой 5 В оцифровывается с помощью 16-битового АЦП. Предположив, что квантование линейно, найдите: а) величину шага квантования; б) среднеквадратическое отношение сигнал-шум квантования. Укажите все сделанные предположения.

10.Изобразите типичную конфигурацию аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и кратко поясните функциональное назначение элементов, входящих в ее состав.

Перечислите и дайте определение основным характеристикам современных АЦП.

11.Аналоговый вход системы ЦОС оцифровывается с частотой 100 кГц при однородном квантовании. Предполагая, что на вход подается синусоидальный сигнал с удвоенной амплитудой  $\pm 5$  В, найдите минимальное число битов АЦП, позволяющее достигать отношения сигнал-шум квантования не менее 90 дБ. Перечислите все сделанные предположения.

12.Перечислите факторы, главным образом ограничивающими максимальное значение отношения сигнал/шум (ОСШ) в аналого-цифровых преобразователях (АЦП). Приведите пример влияния джиттера тактового сигнала на ОСШ в АЦП с формулами и поясняющими рисунками.

13.Исходя из каких соображений выбирается размер шага квантования в аналого-цифровых преобразователях (АЦП). Поясните для чего в аналоговой схеме приемника РЛС используется устройство шумовой автоматической регулировки усиления (ШАРУ).

14.Перечислите и дайте определение основным характеристикам современных АЦП. Выведите формулу, определяющую теоретический предел отношения сигнала к шуму квантования в аналого-цифровых преобразователях (АЦП). Покажите, что теоретический динамический диапазон на выходе АЦП увеличивается на 6 дБ при каждом увеличении разрядности АЦП на 1 бит.

15.В системе ЦОС для оцифровки аналогового входного сигнала с частотными компонентами в диапазоне 0 – 4 кГц используется метод выборки с запасом по частоте и 8-битовый биполярный преобразователь, работающий на частоте Найквиста. Оцените эффективную разрешающую способность (в битах) преобразователя, если частота дискретизации равна 400 кГц. Покажите, как вы получили этот ответ.

Прокомментируйте практические проблемы, возникающие в связи с этим методом.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1.Сколько возможных значений может принимать логическая переменная

Ответы:

1)Два 2) Три 3) Бесконечное

Верный ответ: 1)Два

2.Сколько возможных значений может принимать логическая функция трёх логических переменных

Ответы:

1)Три 2) Шесть 3) Восемь

Верный ответ: 3) Восемь

3.Одноразрядный полный сумматор - это

Ответы:

1) Комбинационное устройство 2) Последовательностное устройство 3) Процессор  
Верный ответ: 1) Комбинационное устройство

4.Параллельный регистр - это

Ответы:

1) Устройство, подсчитывающее число входных тактовых импульсов 2) Устройство записи и хранения многоразрядных двоичных чисел 3) Устройство записи и суммирования многоразрядных двоичных чисел

Верный ответ: 2) Устройство записи и хранения многоразрядных двоичных чисел

5.Дискретизация сигналов определяется теоремой

Ответы:

1)Котельникова; 2) Маркова; 3) Ляпунова

Верный ответ: 1)Котельникова;

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения задания:* 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 задания:* 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 задания:* 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 зачетной составляющих.

### **3 семестр**

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### **Пример билета**

1. Алгоритмы обнаружения траекторий, требования к ним и принципы выбора, оптимизация. Схема процесса. Расчет стробов. Общая функциональная схема и ее взаимодействие.
2. Статистическая модель движения цели и ее характеристики.
3. Задача. Определить условия, при которых ошибка экстраполяции дальности  $\sigma_{y+3}$  не будет превышать 70 м, если  $\sigma_y = 50$  м, дальность цели 100 км, модель цели 1, независимые измерения скорости отсутствуют.

### **Процедура проведения**

Каждому студенту выдаётся билет. Билет содержит два теоретических вопроса и задачу

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-2 Разрабатывает структурные, функциональные и принципиальные схемы радиоэлектронных систем

### **Вопросы, задания**

- 1.1. Статистические характеристики помех.
2. Постановка задачи оценки параметров и координат цели, метод максимального правдоподобия для оценки мат. ожидания полиномиальной функции.
3. Задача. Определить условия, при которых ошибка экстраполяции дальности  $\sigma_{y+2}$  не будет превышать 70 м, если  $\sigma_y = 50$  м, дальность цели 200 км, модель цели 1, независимые измерения скорости отсутствуют.
- 2.1. Получить систему уравнений правдоподобия в общем виде, условия и допуски, для модели 1.
2. Оптимальное последовательное сглаживание координаты и скорости ее изменения для модели 1. Уравнения правдоподобия алгоритма.
3. Задача. Расчет СКО оценки параметров и координат при оптимальном сглаживании  $\sigma^{*n}$  и экстраполяции  $\sigma^{*n+1}$ , для модели 1.
- 3.1. Решить систему уравнений правдоподобия для нахождения оценок сглаженного  $y^{*n}$  и экстраполированного  $y^{*n+k}$  значений координат для модели 2 порядка.
2. Особенности использования метода средневзвешенных при оценке скорости цели на основе моделей 1 и 2.
3. Задача. Используя алгоритм последовательного сглаживания при равноточных измерениях, найти алгоритмы оценки сглаженного  $y^{*n}$  и экстраполированного  $y^{*n+k}$  значений для модели траектории 1 при СКО  $\sigma_y = 50$  м.
- 4.1. Система уравнений правдоподобия для модели, заданной гипотезой 2. Нахождения оценок сглаженного  $y^{*n}$  и экстраполированных значений  $y^{*n+k}$
2. Алгоритм автонастройки системы вторичной обработки для работы с моделями 1 и 2. Функциональная схема устройства.
3. Задача. Расчет СКО ошибок оценки скорости и ускорения  $v^*y$  и  $a^*y$  для модели 2.
- 5.1. Точностные характеристики метода максимального правдоподобия, ошибки оценки параметров и координат при оптимальном сглаживании, дисперсия оценки приращения координаты  $\Delta\sigma_{2y}$  при гипотезе 1.
2. Аналого-цифровые преобразователи. Принцип дискретизации аналоговых сигналов, погрешность квантования АЦП.
3. Задача. Перечислить и провести анализ способов повышения точности оценки параметров и координат воздушных целей радиолокации при  $R_{max}$ ,  $R_{min}$  и объектовой ситуации в зоне обзора.
- 6.1. Оптимальная оценка параметров и координат при наличии независимых измерений скорости, функция правдоподобия и ее логарифм, система уравнений правдоподобия в оптимизированном виде для модели 1.
2. Алгоритм быстрой свертки, применения и оптимизация.
3. Задача. Используя алгоритм оптимального сглаживания и экстраполяции при  $\sigma_y = 100$  м,  $n = 4$ , найти оценки сглаженного  $y^{*n}$  и экстраполированного  $y^{*n+k}$ .
- 7.1. Сглаживание параметров траектории по методу средневзвешенных. Понятия: вес и средне взвешенное значение при неравноточных измерениях, подвиды алгоритма. Вычисление усредненной оценки скорости, вычисления при равноточных измерениях. Влияние маневра цели.
2. Быстрая секционная свертка и ее модификации.
3. Задача. Выполнить сравнительный анализ точности вычисления скорости методом средневзвешенных и оптимальным методом.

- 8.1. Точностные характеристики метода средневзвешенных, анализ вычислений при равнооточных измерениях скорости, сглаженной и экстраполированной координат и их СКО.
2. СИС фильтры Хогенауэра. Фильтр интегратор и гребенчатый фильтр.
3. Задача. Оценить ошибки при экспоненциальном сглаживании и оптимизировать коэффициент сглаживания  $\zeta$ .
- 9.1. Ошибки при экспоненциальном сглаживании и выбор оптимального значения  $\zeta$ , расчет случайных и динамических составляющих ошибок экстраполяции параметров курса.
2. Дискретизация низкочастотных сигналов, полосовых сигналов, инверсия спектра при полосовой дискретизации.
3. Задача. На основе алгоритма оптимального сглаживания для модели 1 рассчитать дисперсии оценок:  $\sigma^*_{yn}$ ,  $\sigma^*_{yn+p}$ ,  $\sigma^*_{yn+1}$ ,  $\sigma^*_{uy}$ ,  $\sigma_y=100$  м.,  $n=4$ .
- 10.1. Система уравнений правдоподобия при равных периодах, равнооточных и независимых отсчетов, для моделей 1 и 2.
2. Влияние вида модели на точностные характеристики метода средневзвешенных, случайные и динамические ошибки, критерии обнаружения маневра по скорости и курсу.
3. Задача. Решить систему уравнений П.1 для получения оценки параметров траектории:  $Y^*n$ ,  $u^*vn$ ,  $u^*n+p$  для модели 1.

### 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
6. Как изменится разрешающая способность РЛС по азимута при увеличении размеров антенны  
 Ответы:  
 1) Увеличится 2) Уменьшится 3) Не изменится  
 Верный ответ: 1) Увеличится
7. 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

8. 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

9. ЭПР цели показывает как цель

Ответы:

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

Верный ответ: 3) отражает волны

10. 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

## ***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. В приложение к диплому выносится оценка за 3 семестр.