

**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  
Цифровая обработка сигналов**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Архипова С.В.
	Идентификатор	Rd5bd572c-LakovshchikSV-2ca8e9f

(подпись)

С.В.

Архипова

(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. ОПК-1 способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики

ИД-3 Применяет общеинженерные знания в инженерной деятельности для анализа и проектирования радиоэлектронных устройств и систем

2. ОПК-3 способен к логическому мышлению, обобщению, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения, освоению работы на современном измерительном, диагностическом и технологическом оборудовании, используемом для решения различных научно-технических задач в области радиоэлектронной техники и информационно-коммуникационных технологий

ИД-1 Знает методы решения задач анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств с применением современных средств измерения и проектирования

3. ОПК-8 способен использовать современные программные и инструментальные средства компьютерного моделирования для решения различных исследовательских и профессиональных задач

ИД-1 Использует современные программные средства моделирования для решения различных задач профессиональной деятельности

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа №1 "Дискретные сигналы и их спектры" (Контрольная работа)

2. Контрольная работа №2 "Способы описания дискретных систем" (Контрольная работа)

3. Контрольная работа №3 "Моделирование цифровых КИХ фильтров" (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Защита лабораторной работы №1 (Коллоквиум)

2. Защита лабораторной работы №2 (Коллоквиум)

3. Защита лабораторной работы №3 (Коллоквиум)

## БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %						
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-6
	Срок КМ:	2	13	6	8	10	15

Дискретные сигналы и их спектры. Периодические и однородные последовательности.						
Дискретные сигналы и их спектры. Периодические и однородные последовательности.	+		+			
Дискретное преобразование Фурье.						
Дискретное преобразование Фурье.	+		+			
Цифровые фильтры, их классификация и структурные схемы.						
Цифровые фильтры, их классификация и структурные схемы.		+		+	+	
Проектирование цифровых фильтров. Метод обобщенного билинейного преобразования.						
Проектирование цифровых фильтров. Метод обобщенного билинейного преобразования.		+		+	+	
Однородные КИХ-фильтры. Метод разложения АЧХ в ряды Фурье						
Однородные КИХ-фильтры. Метод разложения АЧХ в ряды Фурье		+		+		+
Проектирование цифровых КИХ-фильтров методом «взвешивания»						
Проектирование цифровых КИХ-фильтров методом «взвешивания»		+		+		+
Вес КМ:	10	20	10	20	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
ОПК-1	ИД-3 <sub>ОПК-1</sub> Применяет общеинженерные знания в инженерной деятельности для анализа и проектирования радиоэлектронных устройств и систем	Знать: – общие принципы анализа и обработки дискретных сигналов в цифровых системах Уметь: – проводить расчеты, связанные с анализом дискретных сигналов	Контрольная работа №1 "Дискретные сигналы и их спектры" (Контрольная работа) Защита лабораторной работы №1 (Коллоквиум)
ОПК-3	ИД-1 <sub>ОПК-3</sub> Знает методы решения задач анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств с применением современных средств измерения и проектирования	Знать: – возможности по обработке результатов компьютерного математического моделирования сигналов по типовым методикам и базовым алгоритмам цифровой обработки сигналов, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ. Уметь: – проводить оценку и обработку результатов	Контрольная работа №2 "Способы описания дискретных систем" (Контрольная работа) Защита лабораторной работы №2 (Коллоквиум) Контрольная работа №3 "Моделирование цифровых КИХ фильтров" (Контрольная работа)

		компьютерного моделирования дискретных сигналов.	
ОПК-8	ИД-1 <sub>ОПК-8</sub> Использует современные программные средства моделирования для решения различных задач профессиональной деятельности	Знать: - принципы и методы проектирования цифровых систем Уметь: - проводить расчеты цифровых систем.	Контрольная работа №2 "Способы описания дискретных систем" (Контрольная работа) Контрольная работа №3 "Моделирование цифровых КИХ фильтров" (Контрольная работа) Защита лабораторной работы №3 (Коллоквиум)

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

### КМ-1. Контрольная работа №1 "Дискретные сигналы и их спектры"

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты получают индивидуальное задание с задачами, аналогичными рассмотренным на занятиях. Длительность работы - 30-40 минут.

#### Краткое содержание задания:

Для дискретной последовательности  $x(nT)=\{1; 1; 1; 1\}$  записать Z-форму, рассчитать спектральную плотность и построить примерные графики

#### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: – проводить расчеты, связанные с анализом дискретных сигналов	1. Рассчитать спектр дискретного сигнала 2. Построить графики спектральной плотности дискретного сигнала 3. Записать Z-форму заданной дискретной последовательности
--	---

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*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: 60*

*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 №3 "Моделирование цифровых КИХ фильтров"

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты получают индивидуальное задание с задачами, аналогичными рассмотренным на занятиях. Длительность работы - 20 минут.

#### Краткое содержание задания:

1. Записать в нерекурсивной форме передаточную функцию однородного КИХ фильтра, обрабатывающего одновременно указанное в задании  $N$  - количество отсчетов.
2. Изобразить структурную схему

3. Построить примерную АЧХ.
4. Соединить последовательно указанное в задании количество таких звеньев М и построить примерную АЧХ.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: – проводить оценку и обработку результатов компьютерного моделирования дискретных сигналов.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Спроектировать схему однородного КИХ фильтра</li> <li>2.Изобразить примерный вид АЧХ для заданного количества обрабатываемых отсчетов</li> <li>3.Изобразить схему каскадного соединения нескольких звеньев</li> </ol>
Уметь: - проводить расчеты цифровых систем.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Записать передаточную функцию однородного КИХ фильтра</li> <li>2.Показать, как изменится АЧХ при каскадировании</li> </ol>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*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: 60*

*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 №1**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** После выполнения работы студенты предоставляют отчет, содержащий домашнюю подготовку, выполненную работу и выводы. Со студентами проводится краткая беседа по теме выполненной работы

**Краткое содержание задания:**

1. Изобразите сигнал на входе системы и на выходе дискретизатора
2. Изобразите, как изменится спектр сигнала, если длительность дискретизирующего импульса увеличить в 2 раза
3. Постройте амплитудный спектр дискретного сигнала, полученного в результате дискретизации заданного аналогового сигнала

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: – общие принципы анализа и обработки дискретных сигналов в цифровых системах	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Каково назначение элементов схемы</li> <li>2.Как изменяются выходные сигналы в зависимости от изменения параметров входных сигналов</li> <li>3.Какова форма сигналов на выходах каждого из элементов схемы</li> <li>4.Как связана форма спектра сигнала с частотой</li> </ol>
---	--



	дискретизации 5. Как изменяются выходные сигналы в зависимости от изменения характеристик элементов схемы
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*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: 60*

*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 №2 "Способы описания дискретных систем"**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студенты получают индивидуальное задание с задачами, аналогичными рассмотренным на занятиях. Длительность работы - 20 минут.

**Краткое содержание задания:**

По приведенной передаточной функции построить схемы фильтра и записать разностные уравнения

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: – проводить оценку и обработку результатов компьютерного моделирования дискретных сигналов.	1. Записать разностное уравнение фильтра 2. Оценить устойчивость фильтра
Уметь: - проводить расчеты цифровых систем.	1. Построить каноническую структурную схему по заданной передаточной функции 2. Построить прямую структурную схему по заданной передаточной функции 3. Рассчитать импульсную характеристику фильтра

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*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: 60*

*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 лабораторной работы №2**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** После выполнения работы студенты предоставляют отчет, содержащий домашнюю подготовку, выполненную работу и выводы. Со студентами проводится краткая беседа по теме выполненной работы

#### **Краткое содержание задания:**

1. Изобразите каноническую структурную схему и запишите разностные уравнения фильтра, передаточная функция которого имеет вид:
2. Изобразите прямую структурную схему и запишите отсчеты импульсной характеристики фильтра, передаточная функция которого имеет вид:
3. По координатам особых точек передаточной функции фильтра постройте нуль-полюсную диаграмму и примерный вид АЧХ

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: – возможности по обработке результатов компьютерного математического моделирования сигналов по типовым методикам и базовым алгоритмам цифровой обработки сигналов, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ.	1. Как связана структурная схема и разностные уравнения фильтра? 2. Какие типы структурных схем бывают? 3. Как связана нуль-полюсная характеристика с передаточной функцией фильтра? 4. Как зависит АЧХ фильтра от положения нулей и полюсов? 5. Как по нуль-полюсной диаграмме определить устойчивость фильтра?
---	--

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 70

*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:* 60

*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 №3

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** После выполнения работы студенты предоставляют отчет, содержащий домашнюю подготовку, выполненную работу и выводы. Со студентами проводится краткая беседа по теме выполненной работы

### Краткое содержание задания:

1. Какие методы используются при синтезе передаточной функции цифрового БИХ-фильтра?
2. Что такое "оконная" функция? Что дает применение "оконной" функции? В каких случаях целесообразно применение "оконной" функции?
3. Чем отличаются АЧХ полосового фильтра при использовании симметричной и антисимметричной ДИХ?

### Контрольные вопросы/задания:

Знать: - принципы и методы проектирования цифровых систем	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Чем различаются КИХ и БИХ фильтры?</li><li>2. Что такое "оконная" функция?</li><li>3. Чем отличаются АЧХ полосового фильтра при использовании симметричной и антисимметричной ДИХ?</li><li>4. Плюсы и минусы метода обобщенного билинейного преобразования</li><li>5. Плюсы и минусы использования оконных функций</li></ol>
---	---

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*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: 60*

*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

7 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

## Пример билета

Пример билета

1. Запишите заданную дискретную последовательность в виде взвешенной суммы  $\delta$ -импульсов и в виде  $Z$ -формы. Запишите выражение для спектральной плотности этой последовательности. По заданным параметрам  $p$  и  $M$  найдите  $Z$ -форму периодической последовательности и ее спектральную плотность. Дополните последовательность четырьмя нулями и рассчитайте ее дискретный спектр. Постройте эти значения на графике.

$$x(nT) = \{-1, -2, -2, -1\}; p=6; M=2$$

2. Изобразите прямую и канонические структурные схемы, реализующие заданную передаточную функцию. Составьте соответствующие разностные уравнения. Рассчитайте первые 5 отсчетов комплексной импульсной характеристики. Найдите выражения для АЧХ и ФЧХ.

$$H(z) = \frac{1 + 1 - z^{-2}}{1 + 2z^{-1} + z^{-2}}$$

## Процедура проведения

Студент получает билет с индивидуальным заданием, включающим в себя две задачи. В течение 60 минут он решает задачи, после чего проводится беседа по решению этих задач.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-3опк-1 Применяет общеинженерные знания в инженерной деятельности для анализа и проектирования радиоэлектронных устройств и систем

### **Вопросы, задания**

1. Запишите заданную дискретную последовательность в виде взвешенной суммы  $\delta$ -импульсов и в виде  $Z$ -формы.
2. По заданным параметрам  $p$  и  $M$  найдите  $Z$ -форму периодической последовательности и ее спектральную плотность.
3. Дополните последовательность четырьмя нулями и рассчитайте ее дискретный спектр. Постройте эти значения на графике.

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

1. Как определяется детерминированный сигнал?

Ответы:

1. Значение этого сигнала в любой момент времени определяется точно. 2. В любой момент времени этот сигнал представляет собой случайную величину, которая принимает конкретное значение с некоторой вероятностью. 3. В любой момент времени этот сигнал представляет собой не случайную величину, которая принимает конкретное

значение с некоторой вероятностью. 4. Значение этого сигнала нельзя определить точно в любой момент времени.

Верный ответ: 1

2. Импульсная характеристика это:

Ответы:

1. Отклик на воздействие в виде функции Хевисайда. 2. Отклик на воздействие дельта-функции. 3. Отклик на воздействие в виде прямоугольного импульса. 4. Передаточная функция.

Верный ответ: 2

3. Модуль спектральной плотности периодической последовательности:

Ответы:

1. Равен сумме модулей спектральных плотностей одного периода и множителя повторения
2. Равен модулю спектральной плотности, возведенному в степень количества повторений
3. Равен произведению модулей спектральных плотностей одного периода и множителя повторения
4. Равен модулю спектральной плотности, возведенному в степень периода повторения

Верный ответ: 3

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ОПК-3</sub> Знает методы решения задач анализа и расчета характеристик радиоэлектронных систем и устройств с применением современных средств измерения и проектирования

### Вопросы, задания

1. Найдите передаточную функцию цифрового ФВЧ с полосой пропускания 1 кГц методом обобщенного билинейного преобразования (частота дискретизации 10 кГц). НЧ-прототип Баррерворта 1 порядка. Запишите выражения для АЧХ и ФЧХ. Найдите значения АЧХ при  $\omega=0, 0,25$  и  $0,5$ .

2. Запишите в нерекурсивной и рекурсивной форме передаточную функцию однородного КИХ-фильтра, обрабатывающего одновременно 4 отсчета. Изобразите соответствующие структурные схемы и составьте разностные уравнения. Запишите выражения для АЧХ и ФЧХ. Найдите импульсную характеристику. Изобразите примерный вид АЧХ. Как изменится АЧХ при последовательном соединении двух таких фильтров?

3. Запишите выражение для спектральной плотности этой последовательности.

4. Запишите в нерекурсивной и рекурсивной форме передаточную функцию однородного КИХ-фильтра, обрабатывающего одновременно 3 отсчета. Изобразите соответствующие структурные схемы и составьте разностные уравнения. Запишите выражения для АЧХ и ФЧХ. Найдите импульсную характеристику. Изобразите примерный вид АЧХ. Как изменится АЧХ при последовательном соединении трех таких фильтров?

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Какая из представленных формул является формулой прямого преобразования Фурье?

$$1. \underline{S}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)e^{-j\omega t} dt$$

$$2. S(\omega) = \int_0^T s(t)s(t-\tau) dt$$

$$3. \underline{S}(\omega) = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} s(t)e^{-j\omega t} dt$$

$$4. \underline{S}(\omega) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(t)}{t-\tau} dt$$

Ответы:

1, 2, 3, 4

Верный ответ: 1

2. Линейная система устойчива, если

Ответы:

1. Если при нулевом сигнале выходной сигнал равен 1 при любых начальных условиях.
2. Если при нулевом сигнале выходной сигнал возрастает при любых начальных условиях.
3. Если при нулевом сигнале выходной сигнал затухает при любых начальных условиях.
4. Если при нулевом сигнале выходной сигнал стремится к бесконечности при любых начальных условиях.

Верный ответ: 3

3. Какой из вариантов вывода идеи быстрого преобразования Фурье является ложным?

Ответы:

1. БПФ не является приближенным алгоритмом.
2. Применение БПФ имеет смысл, если число элементов в анализируемой последовательности является степенью числа 2.
3. Алгоритм БПФ не предназначен для одновременного расчёта всех спектральных отсчётов  $X(n)$ .
4. Алгоритм БПФ предназначен для одновременного расчёта всех спектральных отсчётов  $X(n)$ .

Верный ответ: 3

4. Количество разностных уравнений для схемы цифрового фильтра равно:

Ответы:

1. 1. Количеству элементов задержки
2. 2. Количеству сумматоров
3. 3. Порядку числителя выражения для передаточной функции
4. 4. Порядку фильтра

Верный ответ: 2

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ОПК-8</sub> Использует современные программные средства моделирования для решения различных задач профессиональной деятельности

### Вопросы, задания

1. Найдите передаточную функцию цифрового ФНЧ с полосой пропускания 2 кГц методом обобщенного билинейного преобразования (частота дискретизации 20 кГц).

НЧ-прототип Баттерворта 2 порядка. Запишите выражения для АЧХ и ФЧХ. Найдите значения АЧХ при  $\omega=0, 0,25$  и  $0,5$ .

2. Найдите передаточную функцию цифрового ПФ с граничными частотами 2 кГц и 4 кГц методом обобщенного билинейного преобразования (частота дискретизации 20 кГц).

НЧ-прототип Баттерворта 1 порядка. Запишите выражения для АЧХ и ФЧХ. Найдите значения АЧХ при  $\omega=0, 0,25$  и  $0,5$ .

3. Найдите передаточную функцию цифрового РФ с граничными частотами 1 кГц и 5 кГц методом обобщенного билинейного преобразования (частота дискретизации 50 кГц).

НЧ-прототип Баттерворта 2 порядка. Запишите выражения для АЧХ и ФЧХ. Найдите значения АЧХ при  $\omega=0, 0,25$  и  $0,5$ .

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Запишите выражение для передаточной функции цифрового ФНЧ с полосой пропускания 1 кГц методом обобщенного билинейного преобразования (частота дискретизации 10 кГц). НЧ-прототип Баттерворта 1 порядка.

Ответы:

$$1. T(z) = \frac{0.245 - 0.245z^{-1}}{1 + 0.51z^{-1}}$$

$$2. T(z) = \frac{1 + z^{-1}}{4.078 - 2.078z^{-1}}$$

$$3. T(z) = \frac{1 - z^{-1}}{4.078 + 2.078z^{-1}}$$

$$4. T(z) = \frac{0.245 + 0.245z^{-1}}{1 - 0.51z^{-1}}$$

Верный ответ: 4

2. КИХ фильтры:

Ответы:

1. Всегда рекурсивные
2. Всегда нерекурсивные
3. Могут быть представлены как в рекурсивном, так и в нерекурсивном виде.

Верный ответ: 3

3. БИХ фильтры:

Ответы:

1. Всегда рекурсивные
2. Всегда нерекурсивные
3. Могут быть представлены как в рекурсивном, так и в нерекурсивном виде.

Верный ответ: 1

## II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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: 60

*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***