

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

**Направление подготовки/специальность: 11.03.01 Радиотехника**

**Наименование образовательной программы: Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**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	Остапенков П.С.
	Идентификатор	R6356f55c-OstapenkovPS-854af18

(подпись)

П.С.

Остапенков

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Сафин А.Р.
	Идентификатор	Rdaf18b6c-SafinAR-8ed43814

(подпись)

А.Р. Сафин

(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 использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

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

2. ПК-3 Способен выполнять физическое моделирование (проведение эксперимента) процессов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов в радиоэлектронных устройствах, включая выбор технических средств, обработку результатов и оценку погрешности экспериментальных данных

ИД-2 Умеет проводить физическое моделирование, осуществлять выбор технических средств для проведения эксперимента, обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных

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-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
	Срок КМ:	2	6	8	10	13	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	10	20	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 и параметрами цифровых систем.	Защита лабораторной работы №1 (Коллоквиум) Контрольная работа №2 "Способы описания дискретных систем" (Контрольная работа) Контрольная работа №3 "Моделирование цифровых КИХ фильтров" (Контрольная работа)
ПК-3	ИД-2 <sub>ПК-3</sub> Умеет проводить физическое моделирование, осуществлять выбор технических средств для проведения эксперимента, обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных	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:	Контрольная работа №1 "Дискретные сигналы и их спектры" (Контрольная работа) Защита лабораторной работы №2 (Коллоквиум) Защита лабораторной работы №3 (Коллоквиум)

		– проводить оценку и обработку результатов компьютерного моделирования дискретных сигналов.	
--	--	---	--

## 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 оценку и обработку результатов компьютерного моделирования 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. 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:**

<p>Знать: – общие принципы анализа и обработки дискретных сигналов в цифровых система</p>	<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 дискретизации</li> <li>5. Как изменяются выходные сигналы в зависимости от изменения характеристик элементов схемы</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-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:**

<p>Уметь: – проводить расчеты, связанные с анализом дискретных сигналов и параметрами цифровых систем.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Построить каноническую структурную схему по заданной передаточной функции</li> <li>2. Построить прямую структурную схему по заданной передаточной функции</li> <li>3. Записать разностное уравнение фильтра</li> <li>4. Рассчитать импульсную характеристику фильтра</li> <li>5. Оценить устойчивость фильтра</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-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-полусную 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-полусная характеристика с передаточной функцией фильтра? 4.Как зависит АЧХ фильтра от положения нулей и полюсов? 5.Как по нуль-полусной 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-5. 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  $M$  и построить примерную АЧХ.

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: – проводить расчеты, связанные с анализом дискретных сигналов и параметрами цифровых систем.	1. Записать передаточную функцию однородного КИХ фильтра 2. Спроектировать схему однородного КИХ фильтра 3. Изобразить примерный вид АЧХ для заданного количества обрабатываемых отсчетов 4. Изобразить схему каскадного соединения нескольких звеньев 5. Показать, как изменится АЧХ при каскадировании
---	--

**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: – 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.	<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

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

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

Figure 1 передаточная функция

## 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-3<sub>ОПК-1</sub> Применяет общеинженерные знания в инженерной деятельности для анализа и проектирования радиоэлектронных устройств и систем

### **Вопросы, задания**

1. 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?

2. 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  $w=0, 0,25$  и  $0,5$ .

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

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

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

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

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

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

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. 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. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-3 Умеет проводить физическое моделирование, осуществлять выбор технических средств для проведения эксперимента, обрабатывать результаты эксперимента, оценивать погрешности экспериментальных данных

### **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.

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

1. 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

2. Количество разностных уравнений для схемы цифрового фильтра равно:

Ответы:

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

Верный ответ: 2

### **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**

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