

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Страхов С.Ю.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

Направление/специальность подготовки	11.03.01 Радиотехника
Специализация/профиль/программа подготовки	Радиоэлектронные системы
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
Кафедра-разработчик рабочей программы	И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
4	8	4	144	52	26	0	26	92	0	0	92	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

**11.03.01 Радиотехника**

год набора группы: 2025

Программу составили:

Кафедра И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ \_\_\_\_\_  
Безруков Александр Владимирович, к.т.н., старший научный сотрудник,  
доцент

Кафедра И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ \_\_\_\_\_  
Сотникова Наталья Викторовна, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Страхов С.Ю., д.т.н., проф. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**

Заведующий кафедрой Страхов С.Ю., д.т.н., проф. \_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1.1 — Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ

ПК-1.2 — Способен проводить программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов

ПК-1.3 — Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-1.1**

*знания:*

математическое описание дискретных систем и сигналов и методы их дискретного преобразования;

*умения:*

проводить математическое моделирование с помощью прикладных программ;

*навыки:*

реализовывать конкретные модели физических сигналов, проводить временной, спектральный анализ, расчет параметров фильтров по заданным требованиям с помощью прикладных программ.

### **ПК-1.2**

*знания:*

основные задачи и средства цифровой обработки сигналов;

*умения:*

реализовывать базовые алгоритмы обработки сигналов;

*навыки:*

разрабатывать алгоритмы, структурные и функциональные схемы цифровой обработки сигналов, обеспечивающие выполнение заданных требований.

### **ПК-1.3**

*знания:*

основные задачи и средства цифровой обработки сигналов;

*умения:*

реализовывать базовые алгоритмы цифровой обработки сигналов при разработке радиотехнических устройств, в том числе на базе микропроцессоров и микропроцессорных систем;

*навыки:*

иметь навык разработки радиотехнических устройств и моделирования их работы в современных пакетах прикладных программ.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ** является дисциплиной **части**, формируемой участниками образовательных отношений блока 1, программы подготовки по направлению *11.03.01 Радиотехника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА, СТАТИСТИЧЕСКАЯ РАДИОТЕХНИКА, РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕПИ И СИГНАЛЫ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ПК-1.1 — Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ
- ПК-1.2 — Способен проводить программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов
- ПК-1.3 — Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования
- ПК-1.5 — Способен разрабатывать и проектировать радиоэлектронные средства различного назначения
- ПК-1.6 — Способен создавать встраиваемые цифровые устройства и системы

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-1.1	ПК-1.2	ПК-1.3
4	8	<b>Раздел 1. Введение.</b> 1.1. Сравнение аналоговых и цифровых методов обработки сигналов. 1.2. Преимущества и недостатки цифровой обработки сигналов (ЦОС). Области применения и возможности ЦОС.	14	4	2	2	10	10	10	10
4	8	<b>Раздел 2. Дискретные сигналы.</b> 2.1. Дискретизация непрерывных сигналов. Дискретизация как частный случай модуляции. Аналитическое описание дискретизированных сигналов. Спектры дискретизированных сигналов. 2.2. Z-преобразование дискретизированных сигналов. Преобразование Лапласа дискретизированного сигнала. Представление дискретизированных сигналов в комплексной плоскости. Соотношение между плоскостью Р и плоскостью Z. Z-преобразование. Общие соотношения между сигналами и положениями полюсов. Обратное Z-преобразование. Свойства Z-преобразования.	13	6	2	4	7	10	10	10
4	8	<b>Раздел 3. Дискретные системы.</b> 3.1. Основные свойства дискретных систем. Составные элементы дискретных систем. Уравнение дискретной системы. Разностные уравнения и передаточные функции. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры (ЦФ). Полосы и нули передаточных функций. Устойчивость ЦФ. Частотная характеристика и ее связь с передаточной функцией и импульсной характеристикой. 3.2. Формы реализации ЦФ. Переход от передаточной функции к структуре фильтра. Каноническая и неканоническая формы реализации ЦФ. Последовательная, параллельная, биквадратная, каскадная формы реализации ЦФ.	21	8	4	4	13	10	10	10
4	8	<b>Раздел 4. Методы синтеза цифровых фильтров.</b> Раздел 4. Методы синтеза цифровых фильтров. 4.1. Синтез цифровых фильтров с конечной импульсной характеристикой (КИХ). Нерекурсивные ЦФ с линейной ФЧХ. Минимально-фазовые нерекурсивные фильтры. Основные этапы проектирования нерекурсивных фильтров. Формулировка задач аппроксимации, критерии. Методы решения задач аппроксимации. 4.2. Синтез цифровых фильтров с бесконечной импульсной характеристикой (БИХ). Основные принципы преобразования непрерывных фильтров в цифровые. Прямое Z-преобразование. Билинейное преобразование. Аппроксимация в процессе синтеза рекурсивного цифрового фильтра. Аналитические методы синтеза рекурсивных цифровых фильтров. Определение передаточной функции рекурсивного цифрового фильтра с помощью билинейного преобразования на ПЭВМ. 4.3. Эффекты квантования и шумы в ЦФ. Ошибки, связанные с конечной разрядностью АУ ЦФ. Ошибки округления и усечения коэффициентов передаточных функций ЦФ. Оценки шумов квантования выходного сигнала в ЦФ. Оценка диапазона изменения сигнала в ЦФ.	18	8	4	4	10	10	10	10
4	8	<b>Раздел 5. Преобразование сигналов в дискретных системах.</b> 5.1. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Общие сведения. Переход от обычного к дискретному преобразованию Фурье. Свойства ДПФ. Алгоритм вычисления ДПФ. Возможности применения алгоритма ДПФ для вычисления обратного ДПФ. Понятие о быстром преобразовании Фурье (БПФ). Свойства алгоритма БПФ с основанием 2 и прореживанием по времени. 5.2. Возможные применения алгоритмов БПФ. Дискретная свертка и ее вычисление. Круговая свертка. Линейная свертка. Методы быстрого вычисления свертки. Спектральный анализ с применением БПФ. Некоторые характеристики спектрального анализа. Особенности спектрального анализа случайных процессов. 5.3. Двумерная обработка сигналов. Понятие о двумерной цифровой обработке сигналов. Двумерные цифровые системы и сигналы. Двумерные разностные уравнения. Двумерное Z- преобразование. Двумерное ДПФ. Двумерные БИХ и КИХ фильтры.	18	8	4	4	10	10	10	10
4	8	<b>Раздел 6. Методы нелинейной цифровой обработки сигналов.</b> 6.1. Цифровые методы детектирования сигналов. Построение синхронных цифровых детекторов. Погрешность оценки амплитуды сигнала цифровым методом. Влияние шумов на оценку амплитуды сигнала. Построение фазовых цифровых детекторов. Погрешность оценки фазы сигнала цифровым методом. Влияние шумов на оценку фазы сигнала. 6.2. Преобразования спектра сигналов. Перенос спектра сигнала. Инверсия спектра сигнала. Восходящие и нисходящие дискретные системы. Экспандер и компрессор частоты дискретизации. 6.3. Гомоморфная обработка сигналов. Сущность гомоморфной обработки сигналов. Возможности применения гомоморфной обработки сигналов. Области применения и использования гомоморфной обработки.	10	4	4	0	6	20	20	20
4	8	<b>Раздел 7. Применение методов цифровой обработки сигналов.</b> 7.1. Применение ЦОС для анализа, синтеза и передачи звуковых сигналов. Влияние АЦП и ЦАП на качество звуковых сигналов. Обработка цифровых звуковых сигналов. Цифровая запись звуковых сигналов. Проблема передачи программ с помощью радиовещания. Влияние ошибок, возникающих при передаче на качество звука. 7.2. Применение ЦОС для анализа, синтеза и передачи речевых сигналов. Модель образования речи. Кратковременный спектральный анализ.	18	8	4	4	10	20	20	20

		Система анализа-синтеза речи, основанная на кратковременном спектральном анализе. Особенности анализа речи. Полосный вокодер. Формантный синтез речи. Системы речевого ответа для вычислительных машин. 7.3. Применение ЦОС в радиолокации. Реализация согласованного фильтра. Пример системы цифровой обработки сигналов радиолокатора. Цифровая обработка сигналов в системах СДЦ. Радиолокатор с синтезированной апертурой.							
4	8	<b>Раздел 8. Модуляция при передаче цифровой информации и многоскоростная обработка сигналов.</b> 8.1. Модуляция и демодуляция. Квадратурная модуляция. Способы модуляции при передаче цифровой информации: частотная, амплитудная, фазовая, квадратурная, широтно-импульсная манипуляция. 8.2. Системы интерполяции и децимации. Передискретизация.	32	6	2	4	26	10	10
<b>Всего за 8 семестр</b>			144	52	26	26	92	100	100
<b>Всего по дисциплине</b>			144	52	26	26	92	100	100

### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение.	Моделирование различных законов распределения случайных процессов. Визуализация и построение графиков.	2
2	Раздел 2. Дискретные сигналы.	Моделирование дискретного сигнала заданной формы, наложение на него шума, сформированного на практическом занятии 1. Выделение полезного сигнала с помощью метода накопления.	4
3	Раздел 3. Дискретные системы.	Построение АКФ и ВКФ по заданию. Применение ВКФ для поиска определенной части сигнала.	2
4		Выделение данных из файлов разных форматов с помощью фильтрации	1
5		Изучение эффектов возникающих при преобразовании аналогового сигнала в цифровую форму	1
6	Раздел 4. Методы синтеза цифровых фильтров.	Проектирование и исследование свойств КИХ и БИХ фильтров в пакете прикладных программ	4
7	Раздел 5. Преобразование сигналов в дискретных системах.	Исследование свойств спектра дискретизированного сигнала и влияние фильтрации	4
8	Раздел 7. Применение методов цифровой обработки сигналов.	Моделирование применения согласованного фильтра в задачах радиолокации	2
9		Реализация процедуры обработки радиосигнала линейным стационарным фильтром для выделения скрытой информации в цифровой форме	2
10	Раздел 8. Модуляция при передаче цифровой информации и многоскоростная обработка сигналов.	Моделирование радиосигнала с угловой модуляцией по заданному закону и параметрами по варианту. Осуществление передискретизации для следующего блока обработки с заданными параметрами.	4
<b>Всего за 8 семестр</b>			26

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 1	10
2	Раздел 2. Дискретные сигналы.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 2	7
3	Раздел 3. Дискретные системы.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 3	13
4	Раздел 4. Методы синтеза цифровых фильтров.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 4 с использованием рекомендуемой литературы	10
5	Раздел 5. Преобразование сигналов в дискретных системах.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 5 с	10

		использованием рекомендуемой литературы	
6	Раздел 6. Методы нелинейной цифровой обработки сигналов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 6 с использованием рекомендуемой литературы	6
7	Раздел 7. Применение методов цифровой обработки сигналов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 7 с использованием рекомендуемой литературы	10
8	Раздел 8. Модуляция при передаче цифровой информации и многоскоростная обработка сигналов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 8 с использованием рекомендуемой литературы	26
<b>Всего за 8 семестр</b>			<b>92</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8	ИПЗ	ИПЗ	ИПЗ	ИПЗ	ДР	Контр.Р., ИПЗ	Тест, ИПЗ	ИПЗ	ДР	Контр.Р., ИПЗ	Тест, ИПЗ	Вопр. Экз, ИПЗ	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- Тест – тест;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание;
- контрольная работа;
- тест;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.



## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. В. Безруков. . Основы цифровой обработки сигналов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, эл. рес.
2. О. С. Вадутов. . Электроника. Математические основы обработки сигналов. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
3. С. Н. Воробьев. . Цифровая обработка сигналов. М.: Академия, 2013, 28 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. А. Б. Сергиенко. . Цифровая обработка сигналов. М.: Питер, 2006, 3 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Информационно-измерительные и управляющие системы;
2. Радиотехника – XXI век.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
3. <http://library.voenmeh.ru/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Mathcad Education - University Edition Term;
2. Matlab 2015a SP1;
3. NI Multisim - академическая версия.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

1. Проектор;
2. Интерактивная доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор;
2. Интерактивная доска;
3. Mathcad Education - University Edition Term;
4. Matlab 2015a SP1;
5. NI Multisim - академическая версия.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению **11.03.01 Радиотехника**. Дисциплина реализуется на факультете **И Информационных и управляющих систем** БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой **И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-1.1 Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ;

ПК-1.2 Способен проводить программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов;

ПК-1.3 Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с цифровой обработкой сигналов при приеме и передаче информации, рассматриваются особенности и преимущества цифрового представления сигналов, изучение алгоритмов цифровых преобразований, реализация цифровой обработки

в телекоммуникационных, информационно-измерительных и радиофизических системах и ее применение в различных областях науки, техники и производства.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекционные занятия, практические занятия, самостоятельная работа студента, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в виде контрольных работ, рубежный контроль в форме успешного написания одной контрольной работы и итоговый контроль в форме экзамена.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание;
- контрольная работа;
- тест;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**26 ч.**), практические занятия (**26 ч.**), самостоятельная работа студента (**92 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 52 ч. аудиторных занятий, и 92 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Введение.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 1	О. С. Вадутов. . Электроника. Математические основы обработки сигналов: Москва: Юрайт, 2020 (1.1-1.2)	10
Итого по разделу 1		10
<b>Раздел 2. Дискретные сигналы.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 2	О. С. Вадутов. . Электроника. Математические основы обработки сигналов: Москва: Юрайт, 2020 (2.2)	7
Итого по разделу 2		7
<b>Раздел 3. Дискретные системы.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 3	С. Н. Воробьев. . Цифровая обработка сигналов: М.: Академия, 2013 (4.1-4.5)	13
Итого по разделу 3		13
<b>Раздел 4. Методы синтеза цифровых фильтров.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 4 с использованием рекомендуемой литературы	С. Н. Воробьев. . Цифровая обработка сигналов: М.: Академия, 2013 (9.1-9.2) А. Б. Сергиенко. . Цифровая обработка сигналов: М.: Питер, 2006 (1-10)	10
Итого по разделу 4		10
<b>Раздел 5. Преобразование сигналов в дискретных системах.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 5 с использованием рекомендуемой литературы	А. Б. Сергиенко. . Цифровая обработка сигналов: М.: Питер, 2006 (1-10) О. С. Вадутов. . Электроника. Математические основы обработки сигналов: Москва: Юрайт, 2020 (3.1-3.5)	10
Итого по разделу 5		10
<b>Раздел 6. Методы нелинейной цифровой обработки сигналов.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 6 с использованием рекомендуемой литературы	А. В. Безруков. . Основы цифровой обработки сигналов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (4-6)	6
Итого по разделу 6		6
<b>Раздел 7. Применение методов цифровой обработки сигналов.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 7 с использованием рекомендуемой литературы	Г.-Г. Штарк. . Применение вейвлетов для ЦОС: М.: Техносфера, 2007 (1-3)	10
Итого по разделу 7		10
<b>Раздел 8. Модуляция при передаче цифровой информации и многоскоростная обработка</b>		

сигналов.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 8 с использованием рекомендуемой литературы	А. Б. Сергиенко. . Цифровая обработка сигналов: М.: Питер, 2006 (8-10)	26
Итого по разделу 8		26

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- тест;
- индивидуальное практическое задание;
- контрольная работа;
- вопросы к экзамену;
- экзамен.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Тест

Если студент не писал контрольную работу или написал ее с оценкой «неудовлетворительно», то для получения допуска к экзамену ему предлагается пройти тест из 10 вопросов. Тест считается пройденным успешно, если студент правильно ответил на 7 и более вопросов.

#### Индивидуальное практическое задание

Результаты выполнения практического задания оцениваются - зачтено/незачтено и количество баллов сообразно ответам защищающегося и технологической карте. Студент должен решить поставленную задачу и объяснить этапы решения.

Для допуска к экзамену необходимо выполнить все индивидуальные практические задания

#### Контрольная работа

Результаты выполнения каждой контрольной работы оцениваются по четырехбалльной шкале («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно»).

Контрольная работа №1 включает в себя задачу и два теоретических вопроса. Для получения оценки «удовлетворительно» необходимо правильно решить одну задачу. Более высокая оценка формируется с учетом ответов на теоретические вопросы.

Контрольная работа №2 включает в себя задачу и два теоретических вопроса. Для получения оценки «удовлетворительно» необходимо правильно решить одну задачу. Более высокая оценка формируется с учетом ответов на теоретические вопросы.

Перечень вопросов к контрольной работе №1

1. Сравнение аналоговых и цифровых методов обработки сигналов.
2. Преимущества и недостатки цифровой обработки сигналов. Области применения и возможности ЦОС.
3. Дискретизация непрерывных сигналов.
4. Аналитическое описание дискретизированных сигналов.
5. Спектры дискретизированных сигналов.
6. Z-преобразование дискретизированных сигналов.
7. Преобразование Лапласа дискретизированного сигнала.
8. Представление дискретизированных сигналов в комплексной плоскости.
9. Соотношение между плоскостью Р и плоскостью Z.
10. Z-преобразование.
11. Общие соотношения между сигналами и положениями полюсов.
12. Обратное Z-преобразование.
13. Свойства Z-преобразования.
14. Составные элементы дискретных систем. Уравнение дискретной системы.
15. Разностные уравнения и передаточные функции.
16. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры.
17. Полюсы и нули передаточных функций.

18. Устойчивость цифровых фильтров. Частотная характеристика и ее связь с передаточной функцией и импульсной характеристикой.
19. Переход от передаточной функции к структуре фильтра.
20. Каноническая и неканоническая формы реализации цифровых фильтров.
21. Последовательная, параллельная, биквадратная, каскадная формы реализации ЦФ.
22. Нерекурсивные ЦФ с линейной ФЧХ.
23. Минимально-фазовые нерекурсивные фильтры.
24. Основные этапы проектирования нерекурсивных фильтров.
25. Формулировка задач аппроксимации, критерии. Методы решения задач аппроксимации.
26. Основные принципы преобразования непрерывных фильтров в цифровые.
27. Прямое Z-преобразование.
28. Билинейное преобразование.
29. Аппроксимация в процессе синтеза рекурсивного цифрового фильтра.
30. Аналитические методы синтеза рекурсивных цифровых фильтров.
31. Определение передаточной функции рекурсивного цифрового фильтра с помощью билинейного преобразования на ПЭВМ.

Перечень вопросов к контрольной работе №2

1. Ошибки, связанные с конечной разрядностью АУ ЦФ.
2. Ошибки округления и усечения коэффициентов передаточных функций ЦФ.
3. Оценки шумов квантования выходного сигнала в ЦФ.
4. Оценка диапазона изменения сигнала в ЦФ.
5. Переход от обычного к дискретному преобразованию Фурье.
6. Свойства ДПФ. Алгоритм вычисления ДПФ.
7. Возможности применения алгоритма ДПФ для вычисления ОДПФ.
8. Понятие о быстром преобразовании Фурье. Свойства алгоритма БПФ с основанием 2 и прореживанием по времени.
9. Дискретная свертка и ее вычисление.
10. Круговая свертка. Линейная свертка.
11. Методы быстрого вычисления свертки.
12. Спектральный анализ с применением БПФ. некоторые характеристики спектрального анализа.
- Особенности спектрального анализа случайных процессов.
13. Двумерная обработка сигналов. Понятие о двумерной цифровой обработке сигналов.
14. Двумерные цифровые системы и сигналы.
15. Двумерные разностные уравнения.
16. Двумерное Z-преобразование.
17. Двумерное ДПФ.
18. Двумерные БИХ и КИХ фильтры.
19. Цифровые методы детектирования сигналов.
20. Построение синхронных цифровых детекторов.
21. Погрешность оценки амплитуды сигнала цифровым методом.
22. Влияние шумов на оценку амплитуды сигнала.
23. Построение фазовых цифровых детекторов.
24. Погрешность оценки фазы сигнала цифровым методом.
25. Влияние шумов на оценку фазы сигнала.
26. Перенос спектра сигнала. Инверсия спектра сигнала.
27. Восходящие и нисходящие дискретные системы.
28. Экспандер и компрессор частоты дискретизации.
29. Сущность гомоморфной обработки сигналов.
30. Влияние АЦП и ЦАП на качество звуковых сигналов.
31. Обработка цифровых звуковых сигналов.
32. Цифровая запись звуковых сигналов.
33. Реализация согласованного фильтра.
34. Пример системы цифровой обработки сигналов радиолокатора.
35. Цифровая обработка сигналов в системах СДЦ.
36. Радиолокатор с синтезированной апертурой.

**Вопросы к экзамену**

1. Сравнение аналоговых и цифровых методов обработки сигналов.
2. Преимущества и недостатки цифровой обработки сигналов. Области применения и возможности ЦОС.
3. Дискретизация непрерывных сигналов.
4. Аналитическое описание дискретизированных сигналов.

5. Спектры дискретизированных сигналов.
6. Z-преобразование дискретизированных сигналов.
7. Преобразование Лапласа дискретизированного сигнала.
8. Представление дискретизированных сигналов в комплексной плоскости.
9. Соотношение между плоскостью  $P$  и плоскостью  $Z$ .
10. Z-преобразование.
11. Общие соотношения между сигналами и положениями полюсов.
12. Обратное Z-преобразование.
13. Свойства Z-преобразования.
14. Составные элементы дискретных систем. Уравнение дискретной системы.
15. Разностные уравнения и передаточные функции.
16. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры.
17. Полюсы и нули передаточных функций.
18. Устойчивость цифровых фильтров. Частотная характеристика и ее связь с передаточной функцией и импульсной характеристикой.
19. Переход от передаточной функции к структуре фильтра.
20. Каноническая и неканоническая формы реализации цифровых фильтров.
21. Последовательная, параллельная, биквадратная, каскадная формы реализации ЦФ.
22. Нерекурсивные ЦФ с линейной ФЧХ.
23. Минимально-фазовые нерекурсивные фильтры.
24. Основные этапы проектирования нерекурсивных фильтров.
25. Формулировка задач аппроксимации, критерии. Методы решения задач аппроксимации.
26. Основные принципы преобразования непрерывных фильтров в цифровые.
27. Прямое Z-преобразование.
28. Билинейное преобразование.
29. Аппроксимация в процессе синтеза рекурсивного цифрового фильтра.
30. Аналитические методы синтеза рекурсивных цифровых фильтров.
31. Определение передаточной функции рекурсивного цифрового фильтра с помощью билинейного преобразования на ПЭВМ.
32. Ошибки, связанные с конечной разрядностью АУ ЦФ.
33. Ошибки округления и усечения коэффициентов передаточных функций ЦФ.
34. Оценки шумов квантования выходного сигнала в ЦФ.
35. Оценка диапазона изменения сигнала в ЦФ.
36. Переход от обычного к дискретному преобразованию Фурье.
37. Свойства ДПФ. Алгоритм вычисления ДПФ.
38. Возможности применения алгоритма ДПФ для вычисления ОДПФ.
39. Понятие о быстром преобразовании Фурье. Свойства алгоритма БПФ с основанием 2 и прореживанием по времени.
40. Дискретная свертка и ее вычисление.
41. Круговая свертка. Линейная свертка.
42. Методы быстрого вычисления свертки.
43. Спектральный анализ с применением БПФ. некоторые характеристики спектрального анализа. Особенности спектрального анализа случайных процессов.
44. Двумерная обработка сигналов. Понятие о двумерной цифровой обработке сигналов.
45. Двумерные цифровые системы и сигналы.
46. Двумерные разностные уравнения.
47. Двумерное Z-преобразование.
48. Двумерное ДПФ.
49. Двумерные БИХ и КИХ фильтры.
50. Цифровые методы детектирования сигналов.
51. Построение синхронных цифровых детекторов.
52. Погрешность оценки амплитуды сигнала цифровым методом.
53. Влияние шумов на оценку амплитуды сигнала.
54. Построение фазовых цифровых детекторов.
55. Погрешность оценки фазы сигнала цифровым методом.
56. Влияние шумов на оценку фазы сигнала.
57. Перенос спектра сигнала. Инверсия спектра сигнала.
58. Восходящие и нисходящие дискретные системы.
59. Экспандер и компрессор частоты дискретизации.
60. Сущность гомоморфной обработки сигналов.
61. Влияние АЦП и ЦАП на качество звуковых сигналов.
62. Обработка цифровых звуковых сигналов.
63. Цифровая запись звуковых сигналов.



- 64. Реализация согласованного фильтра.
- 65. Пример системы цифровой обработки сигналов радиолокатора.
- 66. Цифровая обработка сигналов в системах СДЦ.
- 67. Радиолокатор с синтезированной апертурой.

#### **Экзамен**

На экзамене студенту предлагается 2 вопроса. При развернутом ответе на два вопроса студент получает "отлично", при неполном ответе на два вопроса - "хорошо", при полном ответе на один вопрос - "удовлетворительно".

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %			НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-1.1	ПК-1.2	ПК-1.3	
4	8	Раздел 1. Введение.	14	4	2	2	10	10	10	10	Тест, Индивидуальное практическое задание
4	8	Раздел 2. Дискретные сигналы.	13	6	2	4	7	10	10	10	Тест, Индивидуальное практическое задание
4	8	Раздел 3. Дискретные системы.	21	8	4	4	13	10	10	10	Тест, Индивидуальное практическое задание
4	8	Раздел 4. Методы синтеза цифровых фильтров.	18	8	4	4	10	10	10	10	Контрольная работа, Тест, Индивидуальное практическое задание
4	8	Раздел 5. Преобразование сигналов в дискретных системах.	18	8	4	4	10	10	10	10	Тест, Индивидуальное практическое задание
4	8	Раздел 6. Методы нелинейной цифровой обработки сигналов.	10	4	4	0	6	20	20	20	Тест, Индивидуальное практическое задание
4	8	Раздел 7. Применение методов цифровой обработки сигналов.	18	8	4	4	10	20	20	20	Контрольная работа, Тест, Вопросы к экзамену, Индивидуальное практическое задание
4	8	Раздел 8. Модуляция при передаче цифровой информации и многоскоростная обработка сигналов.	32	6	2	4	26	10	10	10	Индивидуальное практическое задание, Тест
Всего за 8 семестр			144	52	26	26	92	100	100	100	
Всего по дисциплине			144	52	26	26	92	100	100	100	

## Оценочные материалы по дисциплине ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

**ПК-1.1 - Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ**

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Какими преимуществами не обладает метод билинейного z-преобразования по сравнению с методом стандартного z-преобразования при синтезе БИХ-фильтров?

1. Пригодность для синтеза фильтров с линейной фазо-частотной характеристикой.
2. Пригодность для синтеза фильтров с произвольной частотной характеристикой (корректирующих фильтров).
3. Повышенная точность воспроизведения ИХ во всем частотном диапазоне.
4. Не требуется увеличение частоты дискретизации для уменьшения ошибок наложения и поэтому пригоден для избирательных фильтров с крутыми фронтами.

№ 2 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность выполнения этапов цифровой обработки сигналов.

1. Воспроизведение сигнала на конечном устройстве
2. Преобразование дискретного сигнала в цифровой сигнал (квантование).
3. Формирование результирующего сигнала из цифрового.
4. Формирование дискретного сигнала из аналогового.

№ 3 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

На каких типах операций с отсчетами сигнала основан алгоритм вычисления реакции по разностным уравнениям?

1. Задержка сигнала на период дискретизации.
2. Свертка.
3. Умножение на константу.
4. Алгебраическое сложение.

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие условия являются необходимыми для безыскаженной передачи сигнала?

1. Постоянство АЧХ фильтра в пределах заданной полосы частот.
2. Антисимметрия коэффициентов ПФ ЦФ.
3. Конечность импульсной характеристики ЦФ (КИХ ЦФ).
4. Линейная зависимость ФЧХ фильтра в пределах заданной полосы частот.

№ 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Что является причиной происхождения собственных шумов цифрового фильтра?

№ 6 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие определений:

1. Амплитудно-частотная характеристика
2. Импульсная характеристика
3. Переходная характеристика

- А. Отклик системы на дельта функцию при нулевых начальных условиях
- Б. Частотная зависимость амплитуды реакции к амплитуде дискретного гармонического воздействия в установившемся режиме
- В. Частотная зависимость комплексной амплитуды реакции к комплексной амплитуде дискретного гармонического воздействия в установившемся режиме
- Г. Выходная реакция на функцию Бесселя при нулевых начальных условиях
- Д. Реакция на цифровой единичный скачок при нулевых начальных условиях
- Е. Выходная реакция на единичный импульс при ненулевых начальных условиях

№ 7 Прочитайте текст и установите соответствие

1. Нуль передаточной функции (ПФ)

2. Квантование

3. Полюс ПФ

А. Значение  $z$ , при котором ПФ достигает минимального значения

Б. Значение  $z$ , при котором числитель ПФ принимает нулевое значение

В. Значение  $z$ , при котором знаменатель ПФ принимает нулевое значение

Г. Преобразование аналоговых отсчетов сигнала в цифровые

Д. Значение  $z$ , при котором ПФ достигает максимального значения

Е. Округление значений аналоговых отсчетов сигнала

№ 8 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите правильную последовательность этапов методики синтеза КИХ-фильтров на основе окон:

1. Вычисление импульсной характеристики фильтра.

2. Расчет импульсной характеристики с учетом взвешивания оконной функцией.

3. Выбор окна и длины фильтра (его порядка).

4. Проверка выполнения заданных требований

5. Задание требований к фильтру.

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Каким преимуществом не обладает цифровая система обработки по сравнению с аналоговой?

1. Отсутствие проблемы согласования нагрузок.

2. Малые габариты и потребление.

3. Высокая точность преобразования.

4. Высокая стабильность характеристик.

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Импульсная характеристика это

1. Реакция на единичный импульс при ненулевых начальных условиях.

2. Реакция на цифровой единичный скачок при нулевых начальных условиях.

3. Выходная реакция на функцию Бесселя второго порядка.

4. Отклик системы на дельта-функцию при нулевых начальных условиях.
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Переходная характеристика это
1. Выходная реакция на функцию Бесселя нулевого порядка.
  2. Отклик системы на дельта-функцию при нулевых начальных условиях.
  3. Реакция на единичный импульс при ненулевых начальных условиях.
  4. Реакция на цифровой единичный скачок при нулевых начальных условиях.
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Каким преимуществом не обладает каноническая структура линейной дискретной системы по сравнению с прямой формой.
1. Упрощает схему за счёт уменьшения числа элементов задержки.
  2. Упрощает схему за счет уменьшения числа элементов умножения на константу.
  3. Уменьшает шумы квантования.
  4. Упрощает схему за счет уменьшения (упрощения) элементов суммирования.
- ПК-1.2 - Способен проводить программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов**

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Какими преимуществами не обладает метод билинейного z-преобразования по сравнению с методом стандартного z-преобразования при синтезе БИХ-фильтров?
1. Пригодность для синтеза фильтров с произвольной частотной характеристикой (корректирующих фильтров).
  2. Пригодность для синтеза фильтров с линейной фазо-частотной характеристикой.
  3. Не требуется увеличение частоты дискретизации для уменьшения ошибок наложения и поэтому пригоден для избирательных фильтров с крутыми фронтами.
  4. Повышенная точность воспроизведения ИХ во всем частотном диапазоне.
- № 2 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите последовательность выполнения этапов цифровой обработки сигналов.
1. Формирование дискретного сигнала из аналогового.
  2. Формирование результирующего сигнала из цифрового.
  3. Воспроизведение сигнала на конечном устройстве
  4. Преобразование дискретного сигнала в цифровой сигнал (квантование).
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Импульсная характеристика это
1. Реакция на единичный импульс при ненулевых начальных условиях.
  2. Отклик системы на дельта-функцию при нулевых начальных условиях.
  3. Выходная реакция на функцию Бесселя первого порядка.
  4. Реакция на цифровой единичный скачок при нулевых начальных условиях.

- № 4 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Какие качества присущи чебышевской мере близости в задачах аппроксимации частотной характеристики цифрового фильтра?
- № 5 Прочитайте текст и установите соответствие  
Установите соответствие определений:
1. Импульсная характеристика
  2. Амплитудно-частотная характеристика
  3. Фазочастотная характеристика
- А. Частотная зависимость фазы реакции к фазе дискретного гармонического воздействия в установившемся режиме
- Б. Отклик системы на дельта функцию при нулевых начальных условиях
- В. Выходная реакция на функцию Бесселя при нулевых начальных условиях
- Г. Частотная зависимость амплитуды реакции к амплитуде дискретного гармонического воздействия в установившемся режиме
- Д. Частотная зависимость разности фаз реакции и дискретного гармонического воздействия в установившемся режиме
- Е. Частотная зависимость комплексной амплитуды реакции к комплексной амплитуде дискретного гармонического воздействия в установившемся режиме
- № 6 Прочитайте текст и установите соответствие
1. Нуль передаточной функции (ПФ)
  2. Дискретизация
  3. Квантование
- А. Взятие мгновенных значений сигнала с заданным периодом
- Б. Значение  $z$ , при котором ПФ достигает минимального значения
- В. Значение  $z$ , при котором числитель ПФ принимает нулевое значение
- Г. Значение  $z$ , при котором знаменатель ПФ принимает нулевое значение
- Д. Преобразование аналоговых отсчетов сигнала в цифровые
- Е. Прореживание отсчетов по времени
- № 7 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите последовательность выполнения этапов оптимального синтеза цифрового фильтра.
1. Формулировка задачи, выполняемой фильтром (ФНЧ, ФВЧ, РФ, ПФ) и оценка возможности ее решения.
  2. Выбор критерия близости (качества).
  3. Математическое описание оптимизируемой (целевой) функции.
  4. Установление ограничений, определяющих условие решения задачи и их математическое описание.
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Частотной характеристикой  $H(\exp(j\omega))$  называется:

1. Частотная зависимость отношения амплитуды реакции к амплитуде дискретного гармонического воздействия в установившемся режиме.
2. Частотная зависимость отношения реакции к дискретному гармоническому воздействию в установившемся режиме.
3. Частотный спектр реакции при произвольном входном воздействии.
4. Частотная зависимость разности фаз реакции и дискретного гармонического воздействия в установившемся режиме.

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Переходная характеристика это

1. Реакция на цифровой единичный скачок при нулевых начальных условиях.
2. Реакция на единичный импульс при ненулевых начальных условиях.
3. Выходная реакция на функцию Бесселя первого порядка.
4. Отклик системы на дельта-функцию при нулевых начальных условиях.

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Каким преимуществом не обладает каноническая структура линейной дискретной системы по сравнению с прямой формой.

1. Упрощает схему за счет уменьшения (упрощения) элементов суммирования.
2. Упрощает схему за счет уменьшения числа элементов умножения на константу.
3. Упрощает схему за счёт уменьшения числа элементов задержки.
4. Уменьшает шумы квантования.

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Линейная дискретная система (ЛДС) требует проверки на устойчивость, если:

1. Импульсная характеристика ЛДС имеет характер затухающей функции времени.
2. ЛДС имеет нулевые начальные условия.
3. ЛДС является рекурсивной.
4. Во всех случаях проверка на устойчивость не требуется.

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие условия являются необходимыми для безыскажённой передачи сигнала?

1. Постоянство АЧХ фильтра в пределах заданной полосы частот.
2. Симметрия коэффициентов передаточной функции (ПФ) ЦФ  $B_k = B_{m-k}$ ,  $m$  - порядок фильтра.
3. Линейная зависимость ФЧХ фильтра в пределах заданной полосы частот.
4. Конечность импульсной характеристики ЦФ (КИХ ЦФ).

**ПК-1.3 - Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования**

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Какими преимуществами не обладает метод билинейного z-преобразования по сравнению с

методом стандартного z-преобразования при синтезе БИХ-фильтров?

1. Не требуется увеличение частоты дискретизации для уменьшения ошибок наложения и поэтому пригоден для избирательных фильтров с крутыми фронтами.
2. Пригодность для синтеза фильтров с произвольной частотной характеристикой (корректирующих фильтров).
3. Пригодность для синтеза фильтров с линейной фазо-частотной характеристикой.
4. Повышенная точность воспроизведения ИХ во всем частотном диапазоне.

№ 2 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите правильную последовательность этапов методики синтеза КИХ-фильтров на основе окон:

1. Расчет импульсной характеристики с учетом взвешивания оконной функцией.
2. Задание требований к фильтру.
3. Проверка выполнения заданных требований
4. Вычисление импульсной характеристики фильтра.
5. Выбор окна и длины фильтра (его порядка).

№ 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Преимущество аналоговой системы обработки по сравнению с цифровой.

1. Высокая точность преобразования.
2. Отсутствие проблемы согласования нагрузок.
3. Высокая стабильность характеристик.
4. Малые габариты и потребление.

№ 4 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Как можно представить передаточную функцию нерекурсивной линейной дискретной системы (ЛДС)?

№ 5 Прочитайте текст и установите соответствие

Сигнал  $x(t) = \sin(2\pi \times 100 \times t)$  дискретизируется с частотой  $f_d = 1/T$ . Определите соответствие частоты дискретизации и представленной формой записи дискретного сигнала.

1.  $f_d = 200 \text{ Гц}$
2.  $f_d = 400 \text{ Гц}$
3.  $f_d = 800 \text{ Гц}$
4.  $f_d = 1600 \text{ Гц}$

А.  $x[n] = \sin(\pi n/8)$

Б.  $x[n] = \sin(\pi n/4)$

В.  $x[n] = \sin(\pi n/2)$

Г.  $x[n] = \sin(\pi n)$

Д.  $x[n] = \sin(\pi n/16)$

№ 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Импульсная характеристика это

1. Реакция на единичный импульс при ненулевых начальных условиях.



2. Реакция на цифровой единичный скачок при нулевых начальных условиях.
  3. Отклик системы на дельта-функцию при нулевых начальных условиях.
  4. Выходная реакция на функцию Бесселя нулевого порядка.
- № 7 Прочитайте текст и установите соответствие
1. Квантование
  2. Полюс передаточной функции (ПФ)
  3. Дискретизация
  - А. Значение  $z$ , при котором ПФ достигает минимального значения
  - Б. Прореживание отсчетов по времени
  - В. Значение  $z$ , при котором знаменатель ПФ принимает нулевое значение
  - Г. Взятие мгновенных значений сигнала с заданным периодом
  - Д. Значение  $z$ , при котором ПФ достигает максимального значения
  - Е. Преобразование аналоговых отсчетов сигнала в цифровые
- № 8 Прочитайте текст и установите последовательность  
Установите последовательность выполнения этапов цифровой обработки сигналов.
1. Формирование результирующего сигнала из цифрового.
  2. Воспроизведение сигнала на конечном устройстве
  3. Преобразование дискретного сигнала в цифровой сигнал (квантование).
  4. Формирование дискретного сигнала из аналогового.
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Переходная характеристика это
1. Реакция на единичный импульс при ненулевых начальных условиях.
  2. Выходная реакция на функцию Бесселя второго порядка.
  3. Реакция на цифровой единичный скачок при нулевых начальных условиях.
  4. Отклик системы на дельта-функцию при нулевых начальных условиях.
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Каким преимуществом не обладает каноническая структура линейной дискретной системы по сравнению с прямой формой.
1. Упрощает схему за счет уменьшения (упрощения) элементов суммирования.
  2. Уменьшает шумы квантования.
  3. Упрощает схему за счет уменьшения числа элементов умножения на константу.
  4. Упрощает схему за счёт уменьшения числа элементов задержки.
- № 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
На каких типах операций с отсчетами сигнала основан алгоритм вычисления реакции по разностным уравнениям?
1. Задержка сигнала на период дискретизации.

2. Свертка.

3. Интегрирование.

4. Алгебраическое сложение.

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие условия являются необходимыми для безыскажённой передачи сигнала?

1. Симметрия коэффициентов передаточной функции (ПФ) ЦФ  $B_k = B_{m-k}$ ,  $m$  - порядок фильтра.
2. Конечность импульсной характеристики ЦФ (КИХ ЦФ).
3. Линейная зависимость ФЧХ фильтра в пределах заданной полосы частот.
4. Постоянство АЧХ фильтра в пределах заданной полосы частот.