

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

Страхов С. Ю.  
(подпись) ФИО  
«17» 01 2022

### 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: 2021

Программу составил:

Кафедра И4 РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
Безруков Александр Владимирович, к.т.н., 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. Оценочные средства и методики их применения
- Приложение 4. Лист изменений, вносимых в рабочую программу

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-1.1 — способность выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ
ПСК-1.2 — способность реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов
ПСК-1.3 — способность 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:

### **ПСК-1.1**

*знания:*

на уровне представлений:

- студент должен усвоить, что развитие микроэлектроники приводит к неуклонному расширению степени внедрения методов цифровой обработки сигналов в радиотехнические устройства и системы.

При этом, переход от аналоговых методов обработки к цифровым, с одной стороны, позволяет реализовать некоторые процедуры обработки недоступные аналоговым методам, а с другой, накладывает ряд ограничений на обрабатываемые сигналы

на уровне воспроизведения:

- сведения по математическому описанию дискретных систем и сигналов и методам их дискретного преобразования;

*умения:*

- разрабатывать математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, обеспечивающие выполнение заданных требований

*практические:*

- выполнение математического моделирования с помощью прикладных программ;;

*навыки:*

расчет указанных практических умений с помощью прикладных программ.

### **ПСК-1.2**

*знания:*

- студент должен усвоить, что развитие микроэлектроники приводит к неуклонному расширению степени внедрения методов цифровой обработки сигналов в радиотехнические устройства и системы.

При этом, переход от аналоговых методов обработки к цифровым, с одной стороны, позволяет реализовать некоторые процедуры обработки недоступные аналоговым методам, а с другой, накладывает ряд ограничений на обрабатываемые сигналы

на уровне воспроизведения:

- сведения по математическому описанию дискретных систем и сигналов и методам их дискретного преобразования;;

*умения:*

*теоретические:*

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

*практические:*

- расчет характеристик и параметров, необходимых для разработки алгоритмов, структурных и функциональных схем;;

*навыки:*

расчет указанных практических умений с помощью прикладных программ и современных САПР.

### **ПСК-1.3**

*знания:*

на уровне представлений:

- студент должен усвоить, что развитие микроэлектроники приводит к неуклонному расширению степени внедрения методов цифровой обработки сигналов в радиотехнические устройства и системы.

При этом, переход от аналоговых методов обработки к цифровым, с одной стороны, позволяет реализовать некоторые процедуры обработки недоступные аналоговым методам, а с другой, накладывает ряд ограничений на обрабатываемые сигналы

на уровне воспроизведения:

- сведения по математическому описанию дискретных систем и сигналов и методам их дискретного преобразования;
- умения:
- теоретические:
- студент должен уметь рассчитывать и проектировать детали, узлы и устройства радиотехнических систем в соответствии с требованиями, представленными в ТЗ
- практические:
- нахождение прямого и обратного Z - преобразования сигналов и передаточных функций дискретных систем
  - расчет коэффициентов передаточных функций КИХ и БИХ фильтров по заданным характеристикам
  - вычисление быстрой свертки
  - вычисление прямого и обратного ДПФ;
- навыки:
- расчет указанных практических умений с помощью прикладных программ.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ** является дисциплиной **вариативной части блока 1** программы подготовки по направлению *11.03.01 Радиотехника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА, СТАТИСТИЧЕСКАЯ РАДИОТЕХНИКА**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-2 — Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных
- ОПК-4 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ПСК-1.1 — Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ
- ПСК-1.2 — Способен реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов
- ПСК-1.3 — Способен выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования
- ПСК-1.4 — Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам

### 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	Формирование компетencies, %		
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПСК-1.1	ПСК-1.2	ПСК-1.3
4	8	Раздел 1. Введение. 1.1 Сравнение аналоговых и цифровых методов обработки сигналов. 1.2 Преимущества и недостатки цифровой обработки сигналов. Области применения и возможности ЦОС.	21	8	2	6	13	20	20	20
4	8	Раздел 2. Дискретные сигналы. 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 P и плоскостью Z. Z - преобразование. Общие соотношения между сигналами и положениями полюсов. Обратное Z - преобразование. Свойства Z - преобразования.	17	4	4	0	13	20	20	20
4	8	Раздел 3. Дискретные системы. 3.1. Основные свойства дискретных систем. Составные элементы дискретных систем. Уравнение дискретной системы. Разностные уравнения и передаточные функции. Рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры. Полюсы и нули передаточных функций. Устойчивость цифровых фильтров. Частотная характеристика и ее связь с передаточной функцией и импульсной характеристикой. 3.2. Формы реализации цифровых фильтров. Переход от передаточной функции к структуре фильтра. Каноническая и неканоническая формы реализации цифровых фильтров. Последовательная, параллельная, биквадратная, каскадная формы реализации ЦФ.	29	16	4	12	13	20	20	20
4	8	Раздел 4. Методы синтеза цифровых фильтров. Раздел 4. Методы синтеза цифровых фильтров. 4.1. Синтез цифровых фильтров с конечной импульсной характеристикой. Нереккурсивные ЦФ с линейной ФЧХ. Минимально-фазовые нереккурсивные фильтры. Основные этапы проектирования нереккурсивных фильтров. Формулировка задач аппроксимации, критерии. Методы решения задач аппроксимации. 4.2. Синтез цифровых фильтров с бесконечной импульсной характеристикой. 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 ЦЭВМ. 4.3. Эффекты квантования и шумов в ЦФ. Ошибки, связанные с конечной разрядностью АУ ЦФ. Ошибки округления и учета коэффициентов передаточных функций ЦФ. Оценка шумов квантования входного сигнала в ЦФ. Оценка диапазона изменений сигнала в ЦФ.	25	12	4	8	13	10	10	10
4	8	Раздел 5. Преобразование сигналов в дискретных системах. 5.1. Дискретное преобразование Фурье. Общие сведения. Переход от обычного к дискретному преобразованию Фурье. Свойства ДПФ. Алгоритмы вычисления ДПФ. Возможности применения алгоритма ДПФ для вычисления ОДПФ. Понятие о быстром преобразовании Фурье. 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 ВЧХ и КЧХ фильтры.	17	4	4	0	13	10	10	10
4	8	Раздел 6. Методы нелинейной цифровой обработки сигналов. 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.	17	4	4	0	13	10	10	10
4	8	Раздел 7. Применение методов цифровой обработки сигналов. 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	4	4	0	14	10	10	10

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.									
Всего за 8 семестр		144	52	26	26	92	100	100	100
Всего по дисциплине		144	52	26	26	92	100	100	100

### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение.	Определение характеристик формирующего фильтра для моделирования случайных процессов с заданными характеристиками	6
2	Раздел 3. Дискретные системы.	Расчет рекурсивного фильтра с заданными характеристиками	6
3		Определение реализационных характеристик фильтра БИХ с учетом эффектов конечной разрядности	6
4	Раздел 4. Методы синтеза цифровых фильтров.	Определение характеристик (СПМ и КФ) случайного процесса на выходе фильтра БИХ	8
Всего за 8 семестр			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	13
2	Раздел 2. Дискретные сигналы.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 2	13
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	13
5	Раздел 5. Преобразование сигналов в дискретных системах.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 5 с использованием рекомендуемой литературы	13
6	Раздел 6. Методы нелинейной цифровой обработки сигналов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 6 с использованием рекомендуемой литературы	13
7	Раздел 7. Применение методов цифровой обработки сигналов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 7 с использованием рекомендуемой литературы	14
Всего за 8 семестр			92

## 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Условные обозначения:

- ЗДЧ – задачи;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- Тест – тест;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.



**Текущая аттестация** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- задачи;
- контрольная работа;
- тест;
- вопросы к экзамену.

**Рубежная аттестация** студентов производится по итогам половины семестра в следующих формах:

- задачи;
- контрольная работа;
- тест.

**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.

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

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

### 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 **вариативной части 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*:

ПСК-1.1 способность выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ;  
ПСК-1.2 способность реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов;  
ПСК-1.3 способность 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 принципами работы полупроводниковых приборов различного назначения.

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**:

**Текущая аттестация** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- задачи;
- контрольная работа;
- тест;
- вопросы к экзамену.

**Рубежная аттестация** студентов производится по итогам половины семестра в следующих формах:

- задачи;
- контрольная работа;
- тест.

**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)	13
Итого по разделу 1		13
<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)	13
Итого по разделу 2		13
<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)	13
Итого по разделу 4		13
<b>Раздел 5. Преобразование сигналов в дискретных системах.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц раздела 5 с использованием рекомендуемой литературы	О. С. Вадутов. Электроника. Математические основы обработки сигналов: Москва: Юрайт, 2020 (3.1-3.5) А. Б. Сергиенко. Цифровая обработка сигналов: М.: Питер, 2006 (1-10)	13
Итого по разделу 5		13
<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)	13
Итого по разделу 6		13
<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)	14
Итого по разделу 7		14

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- задачи;
- тест;
- контрольная работа;
- вопросы к экзамену;
- экзамен.

### Критерии оценивания

#### Задачи

Результаты выполнения каждой задачи оценивается - зачтено/незачтено. Студент должен решить задачу и объяснить этапы решения

#### 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.

#### 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 дискретизируемых 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.

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		ПСК-1.1	ПСК-1.2	ПСК-1.3	
4	8	Раздел 1. Введение.	21	8	2	6	13	20	20	20	Задачи, Тест
4	8	Раздел 2. Дискретные сигналы.	17	4	4	0	13	20	20	20	Задачи, Тест
4	8	Раздел 3. Дискретные системы.	29	16	4	12	13	20	20	20	Задачи, Тест
4	8	Раздел 4. Методы синтеза цифровых фильтров.	25	12	4	8	13	10	10	10	Контрольная работа, Задачи, Тест
4	8	Раздел 5. Преобразование сигналов в дискретных системах.	17	4	4	0	13	10	10	10	Тест, Задачи
4	8	Раздел 6. Методы нелинейной цифровой обработки сигналов.	17	4	4	0	13	10	10	10	Задачи, Тест
4	8	Раздел 7. Применение методов цифровой обработки сигналов.	18	4	4	0	14	10	10	10	Контрольная работа, Тест, Задачи, Вопросы к экзамену
Всего за 8 семестр			144	52	26	26	92	100	100	100	
Всего по дисциплине			144	52	26	26	92	100	100	100	