**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР

Документ подписан электронной подписью
Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c
Владелец: Сенченко Павел Васильевич
Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.01 Радиотехника**
Направленность (профиль) / специализация: **Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов**
Форма обучения: **заочная (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий)**
Факультет: **Факультет дистанционного обучения (ФДО)**
Кафедра: **Кафедра радиоэлектроники и систем связи (РСС)**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 6 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лабораторные занятия | 8 | 8 | часов |
| Самостоятельная работа | 120 | 120 | часов |
| Самостоятельная работа под руководством преподавателя | 8 | 8 | часов |
| Контрольные работы | 4 | 4 | часов |
| Подготовка и сдача зачета | 4 | 4 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 144 | 144 | часов |
| | | 4 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр | Количество |
|---|---|---|
| Зачет | 6 | |
| Контрольные работы | 6 | 2 |

Томск

Согласована на портале № 77699

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Изучение основ фундаментальной теории цифровой обработки сигналов (ЦОС) в части базовых методов и алгоритмов ЦОС, инвариантных относительно физической природы сигнала, и включающих в себя: математическое описание (математические модели) линейных дискретных систем (ЛДС) и дискретных сигналов, включая дискретное и быстрое преобразование Фурье (ДПФ и БПФ).

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучить основные этапы проектирования цифровых фильтров (ЦФ).
2. Освоить синтез и анализ ЦФ и их математическое описание в виде структур.
3. Провести оценку шумов квантования в ЦФ с фиксированной точкой (ФТ).
4. Освоить принципы построения многоскоростных систем ЦОС.
5. Изучить современные средства компьютерного моделирования базовых методов и алгоритмов ЦОС.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль направления подготовки (spicial hard skills - SHS).
Индекс дисциплины: Б1.О.03.10.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| **Универсальные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 77699

| | | |
|---|---|---|
| ОПК-3. Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности | ОПК-3.1. Знает принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления информации, а также методы и средства обеспечения информационной безопасности | Знает методы обработки, анализа и представления цифровых сигналов |
| | ОПК-3.2. Умеет работать с источниками информации и базами данных, а также решать задачи обработки данных с помощью современных средств автоматизации | Умеет работать с цифровыми сигналами посредством ПО GNU Octave |
| | ОПК-3.3. Владеет практическими навыками поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате необходимой информации и обеспечения информационной безопасности при решении задач в области профессиональной деятельности | Владеет навыками работы в GNU Octave, позволяющими выполнять обработку, хранение, анализ цифровых сигналов |
| **Профессиональные компетенции** | | |
| ПК-1. Способен выполнять математическое и компьютерное моделирование объектов и процессов по типовым методикам для решения профессиональных задач | ПК-1.1. Знает приемы математического и компьютерного моделирования объектов и процессов по типовым методикам | Знает основные методы формирования и обработки сигналов в цифровом виде, включающие: цифровую фильтрацию, цифровую модуляцию, дискретизацию, интерполяцию, преобразование частоты |
| | ПК-1.2. Умеет выполнять математическое и компьютерное моделирование объектов и процессов по типовым методикам для решения профессиональных задач | Умеет выполнять процедуры формирования и обработки цифрового сигнала посредством ПО GNU Octave и ПО MATLAB |
| | ПК-1.3. Владеет приемами математического и компьютерного моделирования объектов и процессов по типовым методикам для решения профессиональных задач | Владеет навыками моделирования радиоэлектронных средств и их составных частей посредством ПО Octave и MATLAB |

**4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем**

Согласована на портале № 77699

**и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 6 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 20 | 20 |
| Лабораторные занятия | 8 | 8 |
| Самостоятельная работа под руководством преподавателя | 8 | 8 |
| Контрольные работы | 4 | 4 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 120 | 120 |
| Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 67 | 67 |
| Подготовка к контрольной работе | 23 | 23 |
| Подготовка к лабораторной работе | 16 | 16 |
| Написание отчета по лабораторной работе | 14 | 14 |
| **Подготовка и сдача зачета** | 4 | 4 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 144 | 144 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 4 | 4 |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лаб. раб. | Контр. раб. | СРП, ч. | Сам. раб., ч | Всего часов (без промежуточной аттестации) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | | | | |
| 1 Анализ цифровых фильтров | - | 4 | 1 | 18 | 23 | ОПК-3, ПК-1 |
| 2 Синтез цифровых фильтров | - | | 1 | 22 | 23 | ОПК-3, ПК-1 |
| 3 Цифровая обработка изображений | 8 | | 2 | 49 | 59 | ОПК-3, ПК-1 |
| 4 Специализированные устройства для цифровой фильтрации сигналов | - | | 2 | 15 | 17 | ОПК-3, ПК-1 |
| 5 Цифровое сжатие видеосигналов | - | | 2 | 16 | 18 | ОПК-3, ПК-1 |
| Итого за семестр | 8 | 4 | 8 | 120 | 140 | |
| Итого | 8 | 4 | 8 | 120 | 140 | |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины | СРП, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|

Согласована на портале № 77699

| 6 семестр | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Анализ цифровых фильтров | Цифровые цепи и сигналы. Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Z-преобразование. Алгоритмы функционирования и формы реализации линейных цифровых фильтров. Характеристики ЛЦФ с постоянными параметрами. Нелинейные эффекты в цифровых фильтрах | 1 | ОПК-3, ПК-1 |
| | Итого | 1 | |
| 2 Синтез цифровых фильтров | Синтез цифровых устройств для обработки одномерных данных. Синтез ЦФ по методу инвариантного преобразования импульсной характеристики. Синтез цифровых фильтров методом отображения дифференциалов. Синтез цифровых фильтров методом билинейного преобразования. Метод синтеза ЦФ с использованием Z-форм. Частотные преобразования, применяемые при синтезе цифровых фильтров. Прямой синтез ЦФ. Методы синтеза фильтров с КИХ | 1 | ОПК-3, ПК-1 |
| | Итого | 1 | |
| 3 Цифровая обработка изображений | Представление и преобразование двумерных сигналов. Двумерные линейные фильтры. Рекурсивная обработка изображений. Нелинейная обработка изображений. Двумерная децимация данных | 2 | ОПК-3, ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Специализированные устройства для цифровой фильтрации сигналов | Аппаратурное построение КИХ-фильтра прямой формы. Параллелизм при построении КИХ-фильтров прямой формы. Каскадная форма КИХ-фильтра. Прямая форма КИХ-фильтра с высоким уровнем параллелизма. Прямая форма построения БИХ-фильтров. Каскадная форма БИХ-фильтров | 2 | ОПК-3, ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Цифровое сжатие видеосигналов | Пространственная и временная избыточность. Дискретное косинусное преобразование. Взвешивание. Кодирование с переменной длиной слова. Внутрикадровое кодирование. Межкадровое кодирование. Компенсация движения. I-видеокадры. Стандарты MPEG | 2 | ОПК-3, ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 8 | |
| Итого | | 8 | |

### 5.3. Контрольные работы

Виды контрольных работ и часы на контрольные работы приведены в таблице 5.3.

Согласована на портале № 77699

Таблица 5.3 – Контрольные работы

| № п.п. | Виды контрольных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | |
| 1 | Контрольная работа | 2 | ОПК-3, ПК-1 |
| 2 | Контрольная работа | 2 | ОПК-3, ПК-1 |
| Итого за семестр | | 4 | |
| Итого | | 4 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | |
| 3 Цифровая обработка изображений | Цифровая обработка двумерных сигналов | 4 | ОПК-3, ПК-1 |
| | Цифровая линейная фильтрация изображений. Цифровые методы коррекции изображений | 4 | ОПК-3, ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| Итого за семестр | | 8 | |
| Итого | | 8 | |

### 5.5.Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа)

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| **6 семестр** | | | | |
| 1 Анализ цифровых фильтров | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 14 | ОПК-3, ПК-1 | Зачёт, Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 4 | ОПК-3, ПК-1 | Контрольная работа |
| | Итого | 18 | | |
| 2 Синтез цифровых фильтров | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 17 | ОПК-3, ПК-1 | Зачёт, Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 5 | ОПК-3, ПК-1 | Контрольная работа |
| | Итого | 22 | | |

Согласована на портале № 77699

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 3 Цифровая обработка изображений | Подготовка к лабораторной работе | 16 | ОПК-3, ПК-1 | Лабораторная работа |
| | Написание отчета по лабораторной работе | 14 | ОПК-3, ПК-1 | Отчет по лабораторной работе |
| | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 14 | ОПК-3, ПК-1 | Зачёт, Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 5 | ОПК-3, ПК-1 | Контрольная работа |
| | Итого | 49 | | |
| 4 Специализированные устройства для цифровой фильтрации сигналов | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 10 | ОПК-3, ПК-1 | Зачёт, Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 5 | ОПК-3, ПК-1 | Контрольная работа |
| | Итого | 15 | | |
| 5 Цифровое сжатие видеосигналов | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 12 | ОПК-3, ПК-1 | Зачёт, Тестирование |
| | Подготовка к контрольной работе | 4 | ОПК-3, ПК-1 | Контрольная работа |
| | Итого | 16 | | |
| Итого за семестр | | 120 | | |
| | Подготовка и сдача зачета | 4 | | Зачет |
| Итого | | 124 | | |

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лаб. раб. | Конт.Раб. | СРП | Сам. раб. | |
| ОПК-3 | + | + | + | + | Зачёт, Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование |
| ПК-1 | + | + | + | + | Зачёт, Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Согласована на портале № 77699

Рейтинговая система не используется

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Курячий М.И. Цифровая обработка сигналов.: Учебное пособие / Курячий М.И. - Томск: ТМЦ ДО, 2002. - 175 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Белов, Л. А. Радиоэлектроника. Формирование стабильных частот и сигналов : учебник для вузов / Л. А. Белов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 268 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/493222.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Курячий М.И. Цифровая обработка сигналов.: Лабораторный практикум / Курячий М.И. - Томск: ТМЦ ДО, 2002. - 79 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library.
2. Курячий М.И. Цифровая обработка сигналов.: Учебно-методическое пособие / Курячий М.И. - Томск: ТМЦ ДО, 2002. - 73 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library.

#### 7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

### 7.4. Иное учебно-методическое обеспечение

1. Курячий М.И. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс]: электронный курс / М.И. Курячий. - Томск, ТУСУР, ФДО, 2018. (доступ из личного кабинета студента) .

### 7.5. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.
2. ЭБС «Юрайт»: электронная библиотечная система «Юрайт» – это виртуальный читальный зал учебников и учебных пособий от авторов из ведущих вузов России по экономическим, юридическим, гуманитарным, инженерно-техническим и естественно-научным направлениям и специальностям (https://urait.ru) .
3. Университетская информационная система Россия: университетская информационная система Россия – тематическая электронная библиотека и база для исследований и учебных курсов в области экономики, управления, социологии, лингвистики, философии, филологии, международных отношений и других гуманитарных наук (uisrussia.msu.ru).

Согласована на портале № 77699

4. Архив журналов РАН: Российская академия наук и издательство «Наука» приняли решение открыть свободный доступ к архивам журналов РАН, включая номера журналов за 2017 год, выпуск которых по контракту с РАН осуществляло издательство «Наука». Бесплатный доступ к электронным версиям журналов РАН будет предоставляться на платформе elibrary.ru и libnauka.ru (электронная библиотека издательства «Наука»). Всего журналов в референтной группе 149 (Доступ свободный).

## 8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

### 8.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, для самостоятельной работы студентов

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Веб-камера - 6 шт.;
- Наушники с микрофоном - 6 шт.;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- Google Chrome;
- Kaspersky Endpoint Security для Windows;
- LibreOffice;
- Microsoft Windows;

### 8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 8.3. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

Согласована на портале № 77699

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|---|---|---|---|
| 1 Анализ цифровых фильтров | ОПК-3, ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Синтез цифровых фильтров | ОПК-3, ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 3 Цифровая обработка изображений | ОПК-3, ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ |

Согласована на портале № 77699

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Специализированные устройства для цифровой фильтрации сигналов | ОПК-3, ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 5 Цифровое сжатие видеосигналов | ОПК-3, ПК-1 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Контрольная работа | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка | Баллы за ОМ | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения | | |
|---|---|---|---|---|
| | | знать | уметь | владеть |
| 2 (неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов | отсутствие знаний или фрагментарные знания | отсутствие умений или частично освоенное умение | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков |
| 3 (удовлетворительно) | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков |
| 4 (хорошо) | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично) | ≥ 90% от максимальной суммы баллов | сформированные систематические знания | сформированное умение | успешное и систематическое применение навыков |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка | Формулировка требований к степени компетенции |
|---|---|

Согласована на портале № 77699

| | |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3 (удовлетворительно) | Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения. |
| 5 (отлично) | Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины. |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Что такое время преобразования (tпреобр) для АЦП?
   а) интервал времени от начала преобразования до его конца;
   б) интервал времени от установившегося аналогового значения до преобразованного аналогового значения;
   в) интервал времени от задания аналогового скачка до значения установившегося цифрового кода;
   г) интервал времени от задания цифрового скачка до значения установившегося цифрового кода.
2. В АЦП происходит:
   а) квантование по уровню, дискретизация по времени, кодирование двоичным кодом;
   б) только квантование по уровню;
   в) только дискретизация по времени;
   г) только дискретизация по времени и кодирование двоичным кодом.
3. Оператор цифровой системы имеет вид: y(nT)=n*n*x(nT-T). К какому типу относится данная система?
   а) нелинейная;
   б) физически нереализуемая;
   в) стационарная;
   г) нестационарная.
4. Оператор цифровой системы имеет вид: y(nT)=nT*x*x(nT-T). К какому типу относится данная система?
   а) линейная;
   б) физически нереализуемая;
   в) стационарная;
   г) нелинейная.
5. Система называется стационарной или инвариантной во времени, если:
   а) её параметры не изменяются во времени;
   б) в ней выполняется принцип суперпозиции;
   в) в ней текущий отчет сигнала формируется из предыдущих отчетов и текущего отчета входного сигнала;
   г) нет правильного ответа.

Согласована на портале № 77699

6. Что называется линейной цифровой системой?
   а) система, у которой выходной отклик y(nT) ограничен при каждом ограниченном входном воздействии;
   б) система, в которой текущий отсчет выходного сигнала формируется из предыдущих отчетов входного и выходного сигнала;
   в) система, в которой выполняется принцип суперпозиции;
   г) физически – реализуемая система.
7. Название фильтра при bj не равно 0.
   а) рекурсивный фильтр;
   b) фильтр инвариантный во времени;
   c) фильтр с КИХ;
   d) нерекурсивный фильтр.
8. Какой из фильтров является всегда рекурсивным?
   а) КИХ-фильтр;
   б) БИХ–фильтр;
   в) КИХ-фильтр и БИХ - фильтр;
   г) Правильного ответа нет.
9. Шумы, возникающие в цифровых фильтрах, обусловлены:
   а) не точным заданием значений нулей системной функции;
   б) не точным заданием значений полюсов системной функции;
   в) округлением результатов арифметических операций;
   г) изменением напряжения питания.
10. В каком из методов синтеза ЦФ используется замена операторов p в степени -N своим выражением для каждого N:
    а) методе билинейного Z-преобразования;
    б) методе инвариантного преобразования импульсной характеристики;
    в) методе отображения дифференциалов;
    г) методе Z-форм.
11. Какого типа синтеза ЦФ нет?
    а) Синтеза по методу инвариантного преобразования ИХ;
    б) Синтеза по методу отображения интегралов;
    в) Синтеза по методу отображения дифференциалов;
    г) Синтеза с использованием Z-форм.
12. В методе инвариантного преобразования импульсной характеристики частота дискретизации выбирается исходя из:
    а) допустимого перекрытия “хвостов” АЧХ;
    б) допустимого перекрытия ФЧХ;
    в) теоремы Котельникова (теоремы отсчетов);
    г) условия требуемой неравномерности АЧХ.
13. Какова форма окна Бартлетта в методе временных окон?
    а) треугольная;
    б) прямоугольная;
    в) квадратная;
    г) гауссоидальная.
14. Какова форма окна Дирихле в методе временных окон?
    а) треугольная;
    б) прямоугольная;
    в) квадратная;
    г) гауссоидальная.
15. Временные окна необходимы:
    а) для уменьшения изрезанности АЧХ в точке w = 0;
    б) для уменьшения изрезанности АЧХ в точке w = 2p/T;
    в) для уменьшения изрезанности АЧХ в близи крутых склонов;
    г) для уменьшения изрезанности АЧХ в точке w = p/T.
16. Наименьшая изрезанность АЧХ получается при использовании временного окна:
    а) Дирихле;
    б) Бартлетта;

Согласована на портале № 77699

в) Хэмминга;
г) Ханна.

17. Вычислители первых и вторых разностей не пропускают постоянную составляющую, потому что они являются:
    а) цифровыми интеграторами;
    б) цифровыми дифференциаторами;
    в) накапливающими сумматорами;
    г) полосовыми фильтрами.
18. Цифровой интегратор (накапливающий сумматор) условно устойчивый фильтр, потому что:
    а) сумма отсчетов импульсной характеристики равна бесконечности;
    б) сумма отсчетов импульсной характеристики конечна;
    в) дисперсия выходного шума конечна;
    г) отклик на единичный импульс неограниченно возрастает.
19. Цифровой сглаживающий фильтр – это фильтр:
    а) нижних частот;
    б) верхних частот;
    в) полосовой фильтр;
    г) режекторный фильтр.
20. Какое утверждение верно:
    а) Амплитудно-частотная характеристика цифрового фильтра четна, фазочастотная – нечетна;
    б) Амплитудно-частотная характеристика цифрового фильтра четна, фазочастотная – четна;
    в) Амплитудно-частотная характеристика цифрового фильтра нечетна, фазочастотная – четна;
    г) Амплитудно-частотная характеристика цифрового фильтра нечетна, фазочастотная – нечетна.

### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета

1. Оператор цифровой системы имеет вид: y(nT)=nT*x(nT+T). К какому типу относится данная система?
    а) линейная;
    б) физически нереализуемая;
    в) стационарная;
    г) нелинейная.
2. Оператор цифровой системы имеет вид: y(nT)=(nT)(nT)*x(nT+T). К какому типу относится данная система?
    а) нелинейная и нестационарная;
    б) физически нереализуемая и нестационарная;
    в) стационарная;
    г) физически реализуемая.
3. Указать физически реализуемую систему:
    а) y(nT)=x(nT-T)-y(nT+2T);
    б) y(nT)=x(nT-T)+y(nT-2T);
    в) y(nT)=x(nT+T)+y(nT+2T);
    г) y(nT)=x(nT+T)-y(nT-2T).
4. f(nT)=Ku(nT). Найти Z-образ.
    а) z/(z-1);
    б) K/(z-1);
    в) Kz/(z-1);
    г) z-A/Kz.
5. f(nT)=Ku(nT-T). Найти Z-образ.
    а) z/(z-1);
    б) K/(z-1);
    в) Kz/(z-1);
    г) z-A/Kz.

Согласована на портале № 77699

6. Дана импульсная характеристика: h(nT)={1, n=0; -1, n=1; 0, n>1; какое из разностных уравнений соответствует ей?
   а) y(nT)=x(nT)+x(nT-T);
   б) y(nT)=x(nT)-x(nT-T);
   в) y(nT)=-x(nT)-x(nT-T);
   г) y(nT)=-x(nT)+x(nT-T).
7. Какому фильтру соответствует разностное уравнение: y(nT)=x(nT)+E[Ky(nT-T)], n≥0.
   а) ЦФ с округлением данных;
   б) ЦФ с округлением остатков от выполнения арифметических операций;
   в) ЦФ с усечением данных;
   г) ЦФ с усечением остатков от выполнения арифметических операций.
8. Какому фильтру соответствует разностное уравнение: y(nT)=x(nT)+E[Ky(nT-T)+0,5], n≥0.
   а) ЦФ с округлением данных;
   б) ЦФ с округлением остатков от выполнения арифметических операций;
   в) ЦФ с усечением данных;
   г) ЦФ с усечением остатков от выполнения арифметических операций.
9. Значение АЧХ сглаживающего фильтра с H(z)=z/(z-K) на нулевой частоте равно:
   а) A(0)=1;
   б) A(0)=0;
   в) A(0)=1/(1-K);
   г) A(0)=K.
10. Универсальная базовая ячейка (УБЯ) в режиме дифференцирования имеет коэффициент передачи по постоянной составляющей:
   а) Hu(1)=1;
   б) Hu(1)=0;
   в) Hu(1)=1/A;
   г) Hu(1)=A.

### 9.1.3. Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы

Цифровая обработка сигналов.

1. Для обработки сигнала в виде пяти одинаковых отсчетов (дискретизированный прямоугольный импульс) используется согласованный цифровой фильтр, импульсная характеристика которого совпадает по форме с сигналом. Определить системную функцию фильтра и алгоритмы фильтрации в рекурсивной и нерекурсивной формах реализации. Найти сигнал на выходе
   фильтра (первые 10 отсчетов).
2. Найти Z-преобразование серии из N равных отсчетов, равных a.
3. При подаче на вход цифрового фильтра единичного импульса на
   выходе получается последовательность {1; 1/2; 1/4; …; 1/2n; …}. Найти импульсную характеристику и системную функцию фильтра. Записать алгоритм цифровой фильтрации и изобразить схему фильтр.
4. Найти дискретную свертку двух дискретизированных прямоугольных импульсов, заданных пятью отсчетами.
5. Оцените область устойчивости цифрового фильтра второго порядка в зависимости от значений коэффициентов b1 и b2 и разбейте ее на под-области для апериодических и колебательных систем. Область устойчивости оценить: 1 – по характеристическому уравнению; 2 – по критерию Рауса-Гурвица.
6. Нарисуйте структурную схему цифрового фильтра при канонической форме реализации, и последующие пункты задания выполняйте используя эту форму реализации.
7. Определите выходные дисперсии шумов округления, вносимых при умножении на коэффициенты фильтра b1и b2.
8. Определите суммарную дисперсию шумов квантования и округления на выходе цифрового фильтра.
9. При предположении, что один из умножителей на b1 (b2) выполняет операции с сохранением остатка, вычислите выходную дисперсию шумов округления.
10. Сделайте выводы и объяснения процессов формирования ошибок и их представления в виде шумов в цифровом фильтре.

Согласована на портале № 77699

### 9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Цифровая обработка двумерных сигналов
2. Цифровая линейная фильтрация изображений. Цифровые методы коррекции изображений

## 9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе по дисциплине.

## 9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

Согласована на портале № 77699

### 9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;

– в форме электронного документа;

– методом чтения ассистентом задания вслух;

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;

– набор ответов на компьютере;

– набор ответов с использованием услуг ассистента;

– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 77699

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТУ
протокол № 23 от «15» 2 2023 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. РСС | А.В. Фатеев | Согласовано, 595be322-a579-4ae5-8d93-e5f4ee9ceb7d |
| Заведующий обеспечивающей каф. ТУ | Т.Р. Газизов | Согласовано, dccabe2f-73cc-455a-90f8-2fcc230a841e |
| Декан ФДО | И.П. Черкашина | Согласовано, 4580bdea-d7a1-4d22-bda1-21376d739cfc |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Старший преподаватель, каф. РСС | Ю.В. Зеленецкая | Согласовано, 1f099a64-e28d-4307-a5f6-d9d92630e045 |
| Старший преподаватель, каф. ТУ | А.В. Бусыгина | Согласовано, 7d0bdef1-6f57-4269-9fbe-4beb03053805 |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Старший научный сотрудник, каф. каф.ТУ | А.В. Каменский | Разработано, cf21ff24-2b27-4f68-bb7f-8fe19f923784 |
| Ассистент, каф. ТЭО | Ю.Л. Замятина | Разработано, 1663c03a-62e7-4092-902a-95591a9d4047 |

Согласована на портале № 77699