

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
Сечненко П.В.
«13» 12 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль) / специализация: **Сети и системы космической связи**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**
Кафедра: **радиотехнических систем (РТС)**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2024 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 5 семестр | Всего | Единицы |
|------------------------------------|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия | 26 | 26 | часов |
| Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 | часов |
| Самостоятельная работа | 84 | 84 | часов |
| Общая трудоемкость | 144 | 144 | часов |
| (включая промежуточную аттестацию) | 4 | 4 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр |
|--------------------------------|---------|
| Зачет с оценкой | 5 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сечненко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 13.12.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Изложить основные подходы и способы обработки дискретных и оцифрованных сигналов для радиотехнических приложений.

1.2. Задачи дисциплины

1. Изложить основы и особенности дискретизации аналоговых сигналов.
2. Раскрыть и описать метод спектрального анализа дискретных сигналов.
3. Познакомить с основами фильтрации и преобразования дискретных сигналов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.02.07.

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 | | |
| - | - | - |
| Профессиональные компетенции | | |
| ПК-2. Способен выполнять расчет и проектирование элементов и устройств инфокоммуникационных систем в соответствии с техническим заданием, в том числе с использованием средств автоматизации проектирования | ПК-2.1. Знает типовые методы расчёта и проектирования элементов и устройств инфокоммуникационных систем | Знает особенности дискретизации аналоговых сигналов, способы спектрального анализа дискретных сигналов, а также методы расчёта и проектирования цифровых фильтров по заданным характеристикам для радиотехнических приложений. |
| | ПК-2.2. Умеет рассчитывать и проектировать элементы и устройства инфокоммуникационных систем в соответствии с техническим заданием | На основе предложенных методов умеет рассчитывать и проектировать цифровые фильтры по заданным характеристикам, а также выполнять спектральный анализ дискретных сигналов для радиотехнических приложений. |
| | ПК-2.3. Владеет навыкам расчёта и проектирования элементов и устройств инфокоммуникационных систем | Самостоятельно анализирует требования к цифровым фильтрам и применяет методы их расчёта и проектирования, а также выявляет эффекты и особенности результатов спектрального анализа дискретных сигналов для радиотехнических приложений. |

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов,

**выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем
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 |
|---|-------------|-----------|
| | | 5 семестр |
| Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего | 60 | 60 |
| Лекционные занятия | 26 | 26 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 |
| Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего | 84 | 84 |
| Подготовка к зачету с оценкой | 56 | 56 |
| Подготовка к тестированию | 10 | 10 |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 18 | 18 |
| 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 | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|--------------|---------------|-----------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| 5 семестр | | | | | | |
| 1 Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы | 6 | 8 | - | 12 | 26 | ПК-2 |
| 2 Спектральный анализ дискретных сигналов | 6 | 4 | - | 14 | 24 | ПК-2 |
| 3 Дискретные системы в цифровой обработке сигналов | 6 | 6 | 6 | 22 | 40 | ПК-2 |
| 4 Преобразование частоты дискретных сигналов | 4 | - | 6 | 22 | 32 | ПК-2 |
| 5 Эффекты квантования при обработке цифровых сигналов | 4 | - | 4 | 14 | 22 | ПК-2 |
| Итого за семестр | 26 | 18 | 16 | 84 | 144 | |
| Итого | 26 | 18 | 16 | 84 | 144 | |

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|------------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------|
| 5 семестр | | | |

| | | | |
|---|--|---|------|
| 1 Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы | <p>1.1. Понятие об аналоговых, дискретных и цифровых сигналах. Спектр дискретного сигнала.</p> <p>1.2. Дискретизация гармонического сигнала. Теорема Котельникова. Алиасинг.</p> <p>1.3. Дискретизация низкочастотного сигнала. Выбор частоты дискретизации низкочастотного сигнала. Зоны Найквиста. Причины возникновения и меры снижения алиасинга при дискретизации низкочастотных сигналов.</p> <p>1.4. Дискретизация полосового сигнала. Выбор частоты дискретизации полосового сигнала. Оптимальная частота дискретизации полосового сигнала. Причины возникновения и меры снижения алиасинга при дискретизации полосовых сигналов. Инверсия спектра.</p> <p>1.5. Аналитический сигнал. Квадратурные составляющие аналитического сигнала. Формирование квадратур сигнала. Квадратурная дискретизация сигнала. Преобразование Гильберта.</p> <p>1.6. Огибающая, энергия и мощность дискретного сигнала.</p> | 6 | ПК-2 |
| | Итого | 6 | |
| 2 Спектральный анализ дискретных сигналов | <p>2.1. Понятие о дискретном преобразовании Фурье (ДПФ). Свойства ДПФ. Взаимосвязь ДПФ и спектра дискретного сигнала. ДПФ как линейное преобразование сигнала в матричном виде. Улучшение сигнал/шум после ДПФ.</p> <p>2.2. Эффект растекания (утечки) спектра в результате ДПФ. Гребешковые искажения в результате ДПФ.</p> <p>2.3. Весовые (оконные) функции для снижения эффекта растекания (утечки) спектра после ДПФ.</p> <p>2.4. Разрешающая способность ДПФ. Способ повышения разрешающей способности ДПФ.</p> <p>2.5. Понятие о быстром преобразовании Фурье (БПФ). БПФ с прореживанием по времени. БПФ с прореживанием по частоте. Операция «бабочка» при БПФ.</p> | 6 | ПК-2 |
| | Итого | 6 | |

| | | | |
|---|--|----|------|
| 3 Дискретные системы в цифровой обработке сигналов | <p>3.1. Понятие о дискретной системе. Линейные и нелинейные дискретные системы. Свойства линейных дискретных систем. Линейные дискретные системы с памятью по входному и выходному сигналу (нерекурсивные и рекурсивные линейные дискретные системы).</p> <p>3.2. Описание дискретных линейных систем. Применение z-преобразования. Устойчивость. Дискретная свёртка. Свёртка как линейное преобразование сигнала в матричном виде. Групповое время запаздывания.</p> <p>3.3. Структурные схемы КИХ- и БИХ-фильтров. Формы реализации дискретных фильтров. Сравнение КИХ- и БИХ- фильтров.</p> <p>3.4. Идеальный дифференцирующий дискретный фильтр. Преобразование Гильберта как дискретный фильтр.</p> <p>3.5. Взаимосвязь ДПФ и дискретной фильтрации. АЧХ фильтра отсчёта ДПФ. Алгоритм Герцеля. Фильтрация дискретного сигнала с помощью ДПФ.</p> <p>3.6. Подходы к проектированию дискретных фильтров.</p> | 6 | ПК-2 |
| | Итого | 6 | |
| 4 Преобразование частоты дискретных сигналов | <p>4.1. Понятие об изменении частоты дискретизации дискретных сигналов.</p> <p>4.2. Прореживание. Интерполяция. Передискретизация.</p> <p>4.3. СИС-фильтры.</p> <p>4.4. Преобразование частоты дискретных сигналов.</p> | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Эффекты квантования при обработке цифровых сигналов | <p>5.1. Основные эффекты при квантовании в цифровых системах.</p> <p>5.2. Эффекты квантования в цифровых фильтрах.</p> <p>5.3. Переполнение разрядной сетки вычислителя. Предельные циклы.</p> <p>5.4. Квантование дискретных сигналов. Шум квантования дискретных сигналов.</p> | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 26 | |
| Итого | | 26 | |

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.
Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|--|---|-----------------|-------------------------|
| 5 семестр | | | |
| 1 Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы | Знакомство с пакетом прикладных программ. Формирование дискретных сигналов. | 4 | ПК-2 |
| | Дискретное представление сигналов. | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 8 | |
| 2 Спектральный анализ дискретных сигналов | Дискретное преобразование Фурье для спектрального анализа дискретных сигналов | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Дискретные системы в цифровой обработке сигналов | Линейная фильтрация дискретных сигналов | 4 | ПК-2 |
| | Синтез дискретных систем | 2 | ПК-2 |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 18 | |

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 |
|---|--|-----------------|-------------------------|
| 5 семестр | | | |
| 3 Дискретные системы в цифровой обработке сигналов | Синтез дискретных систем. | 6 | ПК-2 |
| | Итого | 6 | |
| 4 Преобразование частоты дискретных сигналов | Изменение частоты дискретизации сигналов в многоскоростных системах. | 6 | ПК-2 |
| | Итого | 6 | |
| 5 Эффекты квантования при обработке цифровых сигналов | Эффекты квантования при обработке дискретных сигналов. | 4 | ПК-2 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 16 | |
| Итого | | 16 | |

5.5. 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 |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|----------------|
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|----------------|

| 5 семестр | | | | |
|---|--|----|------|---------------------|
| 1 Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы | Подготовка к зачету с оценкой | 10 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 12 | | |
| 2 Спектральный анализ дискретных сигналов | Подготовка к зачету с оценкой | 12 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 14 | | |
| 3 Дискретные системы в цифровой обработке сигналов | Подготовка к зачету с оценкой | 12 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-2 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 8 | ПК-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 22 | | |
| 4 Преобразование частоты дискретных сигналов | Подготовка к зачету с оценкой | 12 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-2 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 8 | ПК-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 22 | | |
| 5 Эффекты квантования при обработке цифровых сигналов | Подготовка к зачету с оценкой | 10 | ПК-2 | Зачёт с оценкой |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-2 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 2 | ПК-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 14 | | |
| Итого за семестр | | 84 | | |
| Итого | | 84 | | |

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

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

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

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности | | | | Формы контроля |
|-------------------------|---------------------------|------------|-----------|-----------|--|
| | Лек. зан. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ПК-2 | + | + | + | + | Зачёт с оценкой, Лабораторная работа, Тестирование |

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|--------------------------|--|---|---|------------------|
| 5 семестр | | | | |
| Зачёт с оценкой | 10 | 10 | 15 | 35 |
| Лабораторная работа | 0 | 20 | 20 | 40 |
| Тестирование | 5 | 10 | 10 | 25 |
| Итого максимум за период | 15 | 40 | 45 | 100 |
| Нарастающим итогом | 15 | 55 | 100 | 100 |

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

| Баллы на дату текущего контроля | Оценка |
|---|--------|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 5 |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 4 |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 3 |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК | 2 |

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|--------------------------------------|--|-------------------------|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 – 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 – 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 – 84 | C (хорошо) |
| | 70 – 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 – 69 | E (посредственно) |
| | 60 – 64 | |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие / Р. Р. Абенов, М. И. Курячий, А. А. Гельцер, Е. В. Рогожников, К. Ю. Попова - 2018. 234 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/9810>.

2. Цифровая обработка сигналов : Пер. с англ. / Р. Лайонс. - 2-е изд. - М. : БИНОМ, 2007. - 652 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.).

3. Афанасьев, А. А. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / А. А. Афанасьев, А. А. Рыболовлев, А. П. Рыжков. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2019. — 356 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/176119>.

7.2. Дополнительная литература

1. Цифровая обработка сигналов : Пер. с англ. / А. В. Оппенгейм, Р. В. Шафер ; пер. : С. А. Кулешов ; ред. пер. : А. С. Ненашев. - М. : Техносфера, 2006. - 855 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.).

2. Сергиенко, Александр Борисович. Цифровая обработка сигналов : Учебное пособие для вузов. - СПб. : Питер , 2007. - 750 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.).

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Цифровая обработка сигналов: Учебно-методическое пособие для проведения практических занятий, лабораторных работ и организации самостоятельной работы студентов / А. С. Аникин, К. Д. Зайков, Г. А. Калашников - 2024. 157 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/10942>.

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. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

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>.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная лаборатория информационных технологий: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ); 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 423 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная BRAUBERG;
- LMC-100103 Экран с электроприводом Master Control Matte 203*203 см White FiberGlass, черная кайма по периметру;
- Проектор NEC «M361X»;
- Системный блок (16 шт.);

- Мониторы (16 шт.);
- Компьютер;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- OpenOffice;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Scilab;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория информационных технологий: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ); 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 423 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная BRAUBERG;
- LMC-100103 Экран с электроприводом Master Control Matte 203*203 см White FiberGlass, черная кайма по периметру;
- Проектор NEC «M361X»;
- Системный блок (16 шт.);
- Мониторы (16 шт.);
- Компьютер;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- AVAST Free Antivirus;
- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- OpenOffice;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Scilab;

8.4. 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.

8.5. 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.

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 Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Спектральный анализ дискретных сигналов | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 3 Дискретные системы в цифровой обработке сигналов | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 4 Преобразование частоты дискретных сигналов | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |

| | | | |
|---|------|---------------------|--|
| 5 Эффекты квантования при обработке цифровых сигналов | ПК-2 | Зачёт с оценкой | Перечень вопросов для зачета с оценкой |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | 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 |
|----------------------------|--|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или 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. Сигналы, у которых время и мгновенные значения непрерывны, называются:
 - а) цифровыми;
 - б) аналоговыми;
 - в) дискретными;
 - г) квантованными.
2. Частота дискретизации низкочастотных сигналов определяется:
 - а) теоремой Котельникова;
 - б) полосой спектра сигнала;
 - в) верхней граничной частотой;
 - г) центральной частотой.
3. Явление, при котором непрерывные сигналы после дискретизации имеют одинаковую частоту называют:
 - а) растеканием спектра;
 - б) передискретизацией;
 - в) алиасингом;
 - г) гребешковым эффектом.
4. Для устранения наложения спектра после дискретизации аналогового сигнала применяют:
 - а) преобразование частоты;
 - б) уменьшение частоты дискретизации;
 - в) фильтрацию;
 - г) инверсию спектра.
5. Для аналогового гармонического сигнала частотой 10 кГц частота дискретизации должна быть не меньше:
 - а) 100 кГц;
 - б) 50 кГц;
 - в) 10 кГц;
 - г) 20 кГц.
6. Для аналогового низкочастотного сигнала полосой 15 кГц частота дискретизации должна быть не меньше:
 - а) 150 кГц;
 - б) 75 кГц;
 - в) 15 кГц;
 - г) 30 кГц.
7. Частота дискретизации, при которой «копии» спектров дискретных сигналов расположены в первой зоне Найквиста и не соприкасаются друг с другом, называется:
 - а) граничной;
 - б) верхней;
 - в) оптимальной;
 - г) центральной.
8. Если аналоговый сигнал задержан во времени, то после дискретизации:
 - а) амплитудный спектр становится инвертированным;
 - б) фазовый спектр становится инвертированным;

- в) амплитудный спектр преобразуется путём добавления к исходному значения, зависящего от частоты;
 - г) фазовый спектр преобразуется путём добавления к исходному значения, зависящего от частоты.
9. Явление, при котором спектр аналогового сигнала с частотами, не кратными f_s/N , после дискретизации «растекается» по другим, ранее несуществующим частотам, называется:
 - а) квантованием;
 - б) утечкой спектра;
 - в) инверсией спектра;
 - г) преобразованием по частоте спектра сигнала.
 10. Если количество дискретных отсчётов сигнала возросло в 10 раз, то после дискретного преобразования Фурье отношение сигнал/шум изменилось на:
 - а) + 10 дБ;
 - б) - 10 дБ;
 - в) + 20 дБ;
 - г) - 20 дБ.

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

1. Понятие об аналоговых, дискретных и цифровых сигналах. Спектр дискретного сигнала.
2. Дискретизация гармонического сигнала. Теорема Котельникова. Алиасинг.
3. Дискретизация низкочастотного сигнала. Выбор частоты дискретизации низкочастотного сигнала. Зоны Найквиста. Причины возникновения и меры снижения алиасинга при дискретизации низкочастотных сигналов.
4. Дискретизация полосового сигнала. Выбор частоты дискретизации полосового сигнала. Оптимальная частота дискретизации полосового сигнала. Причины возникновения и меры снижения алиасинга при дискретизации полосовых сигналов. Инверсия спектра.
5. Аналитический сигнал. Квадратурные составляющие аналитического сигнала. Формирование квадратур сигнала. Квадратурная дискретизация сигнала. Преобразование Гильберта.
6. Огибающая, энергия и мощность дискретного сигнала.
7. Понятие о дискретном преобразовании Фурье (ДПФ). Свойства ДПФ. Взаимосвязь ДПФ и спектра дискретного сигнала. ДПФ как линейное преобразование сигнала в матричном виде. Улучшение сигнал/шум после ДПФ. Пр5
8. Эффект растекания (утечки) спектра в результате ДПФ. Гребешковые искажения в результате ДПФ.
9. Весовые (оконные) функции для снижения эффекта растекания (утечки) спектра после ДПФ. Пр5
10. Разрешающая способность ДПФ. Способ повышения разрешающей способности ДПФ.
11. Понятие о быстром преобразовании Фурье (БПФ). БПФ с прореживанием по времени. БПФ с прореживанием по частоте. Операция «бабочка» при БПФ.
12. Понятие о дискретной системе. Линейные и нелинейные дискретные системы. Свойства линейных дискретных систем. Линейные дискретные системы с памятью по входному и выходному сигналу (нерекурсивные и рекурсивные линейные дискретные системы). Примеры.
13. Описание дискретных линейных систем. Применение z-преобразования. Устойчивость. Дискретная свёртка. Свёртка как линейное преобразование сигнала в матричном виде. Групповое время запаздывания.
14. Структурные схемы КИХ- и БИХ- фильтров. Формы реализации дискретных фильтров. Сравнение КИХ- и БИХ- фильтров.
15. Идеальный дифференцирующий дискретный фильтр. Преобразование Гильберта как дискретный фильтр.
16. Взаимосвязь ДПФ и дискретной фильтрации. АЧХ фильтра отсчёта ДПФ. Алгоритм Герцеля. Фильтрация дискретного сигнала с помощью ДПФ.
17. Подходы к проектированию дискретных фильтров.
18. Понятие об изменении частоты дискретизации дискретных сигналов.
19. Прореживание. Интерполяция. Передискретизация.
20. СИС-фильтры.

21. Основные эффекты при квантовании в цифровых системах.
22. Эффекты квантования в цифровых фильтрах.
23. Переполнение разрядной сетки вычислителя. Предельные циклы.
24. Квантование дискретных сигналов. Шум квантования дискретных сигналов.

9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Синтез дискретных систем.
2. Изменение частоты дискретизации сигналов в многоскоростных системах.
3. Эффекты квантования при обработке дискретных сигналов.

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 / электронном журнале 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 |
|---|--|--|

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.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС
протокол № 4 от «11» 11 2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|------------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. РТС | А.А. Мещеряков | Согласовано, 5bbb058c-a625-4513- 8e7f-25eb16694704 |
| Заведующий обеспечивающей каф. РТС | А.А. Мещеряков | Согласовано, 5bbb058c-a625-4513- 8e7f-25eb16694704 |
| Начальник учебного управления | И.А. Лариошина | Согласовано, c3195437-a02f-4972- a7c6-ab6ee1f21e73 |

ЭКСПЕРТЫ:

| | | |
|---------------------------------|------------------|--|
| Доцент, каф. РТС | В.А. Громов | Согласовано, bbaa5b2b-4c38-484f- a5bb-85f9ddafe277 |
| Старший преподаватель, каф. РТС | Д.О. Ноздреватых | Согласовано, bd0039b0-9c48-4859- 9803-60c9ddba7116 |

РАЗРАБОТАНО:

| | | |
|------------------|-------------|--|
| Доцент, каф. РТС | А.С. Аникин | Разработано, 90a9b589-4503-47e5- 999f-a5e10963c1fa |
|------------------|-------------|--|