МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по УРиМД
_____Нариманова Г.Н.
«05» _____03_____ 2025 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: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **радиотехнических систем (РТС)**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2025 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 (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет с оценкой	5

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Нариманова Г.Н.
Должность: И.о. проректора по УРиМД
Дата подписания: 05.03.2025
Уникальный программный ключ:
eb4e14e0-de8d-48f7-bf05-ceacb167edfe

Томск

Согласована на портале № 83122

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,

Согласована на портале № 83122

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			

Согласована на портале № 83122

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

Согласована на портале № 83122

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

Согласована на портале № 83122

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

Согласована на портале № 83122

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

Согласована на портале № 83122

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	
	60 – 64	E (посредственно)
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.

Согласована на портале № 83122

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.);

Согласована на портале № 83122

- 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, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 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.

Согласована на портале № 83122

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

Согласована на портале № 83122

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.

Согласована на портале № 83122

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;

Согласована на портале № 83122

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 fs /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. CIC-фильтры.

Согласована на портале № 83122

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

Согласована на портале № 83122

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.

Согласована на портале № 83122

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС
протокол № 7 от «26» 12 2024 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. РТС	А.С. Аникин	Согласовано, 90a9b589-4503-47e5-999f-a5e10963c1fa
Заведующий обеспечивающей каф. РТС	А.С. Аникин	Согласовано, 90a9b589-4503-47e5-999f-a5e10963c1fa
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
Ассистент, каф. РТС	К.Д. Зайков	Разработано, c51e3a8b-f946-47fd-bdb7-2247f1dc1de8

Согласована на портале № 83122