МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента по УР
_____Ким М.Ю.
«29» _____10_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль) / специализация: **Инженерия систем связи, локации и навигации**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2026 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	5 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	26	26	часов
Практические занятия	26	26	часов
Самостоятельная работа	56	56	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Экзамен	5

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ким М.Ю.
Должность: Директор департамента по УР
Дата подписания: 29.10.2025
Уникальный программный ключ:
ed789cd8-2cc6-4431-a59e-8f386b1d44fa

Томск

Согласована на портале № 84183

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: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль специальности (special hard skills – SHS).
Индекс дисциплины: Б1.О.03.04.
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 № 84183

ОПК-2. Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и применять соответствующий физико-математический аппарат для их формализации, анализа и принятия решения	ОПК-2.1. Знает современное состояние области профессиональной деятельности	Знает методы математического описания линейных дискретных систем. Знает основные этапы проектирования цифровых фильтров. Знает основные методы синтеза и анализа частотно-избирательных цифровых фильтров. Знает методы математического описания цифровых фильтров в виде структуры. Знает метод математического описания дискретных сигналов с помощью дискретного преобразования Фурье (ДПФ). Знает алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ). Знает принципы оценки шумов квантования в цифровых фильтрах с фиксированной точкой. Знает принципы построения систем однократной интерполяции и децимации.
	ОПК-2.2. Умеет искать и представлять актуальную информацию о состоянии предметной области	Умеет объяснять математическое описание линейных дискретных систем в виде алгоритмов. Умеет выполнять компьютерное моделирование линейных дискретных систем на основе их математического описания. Умеет задавать требования к частотным характеристикам цифровых фильтров. Умеет обосновывать выбор типа цифрового фильтра, КИХ или БИХ (с конечной или бесконечной импульсной характеристикой). Умеет синтезировать цифровой фильтр и анализировать его характеристики средствами компьютерного моделирования. Умеет обосновывать выбор структуры цифрового фильтра; выполнять компьютерное моделирование структуры цифрового фильтра. Умеет вычислять ДПФ дискретного сигнала с помощью алгоритмов БПФ средствами компьютерного моделирования. Умеет объяснять принципы построения систем однократной интерполяции и децимации.
	ОПК-2.3. Владеет навыками работы за персональным компьютером, в том числе с пакетами прикладных программ для моделирования физических и математических процессов с целью решения профессиональных задач	Владеет навыками составления математических моделей линейных дискретных систем и дискретных сигналов. Владеет навыками компьютерного моделирования линейных дискретных систем . Владеет навыками компьютерного проектирования цифровых фильтров. Владеет навыками компьютерного вычисления ДПФ на основе БПФ.
Профессиональные компетенции		
-	-	-

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	52	52
Лекционные занятия	26	26
Практические занятия	26	26
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	56	56
Подготовка к тестированию	56	56
Подготовка и сдача экзамена	36	36
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	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
5 семестр					
1 Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы	6	8	8	22	ОПК-2
2 Спектральный анализ дискретных сигналов	6	2	8	16	ОПК-2
3 Дискретные системы в цифровой обработке сигналов	6	6	12	24	ОПК-2
4 Преобразование частоты дискретных сигналов	4	8	14	26	ОПК-2
5 Эффекты квантования при обработке цифровых сигналов	4	2	14	20	ОПК-2
Итого за семестр	26	26	56	108	
Итого	26	26	56	108	

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 № 84183

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	ОПК-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	ОПК-2
	Итого	6	

Согласована на портале № 84183

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	ОПК-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	ОПК-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	ОПК-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 № 84183

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	ОПК-2
	Дискретное представление сигналов.	4	ОПК-2
	Итого	8	
2 Спектральный анализ дискретных сигналов	Дискретное преобразование Фурье для спектрального анализа дискретных сигналов	2	ОПК-2
	Итого	2	
3 Дискретные системы в цифровой обработке сигналов	Линейная фильтрация дискретных сигналов	4	ОПК-2
	Синтез дискретных систем	2	ОПК-2
	Итого	6	
4 Преобразование частоты дискретных сигналов	Реализация преобразования частоты во временной и частотной областях	4	ОПК-2
	Борьба с эффектом алиасинга	4	ОПК-2
	Итого	8	
5 Эффекты квантования при обработке цифровых сигналов	Эффекты квантования коэффициентов фильтра и выходных сигналов	2	ОПК-2
	Итого	2	
Итого за семестр		26	
Итого		26	

5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

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 тестированию	8	ОПК-2	Тестирование
	Итого	8		
2 Спектральный анализ дискретных сигналов	Подготовка к тестированию	8	ОПК-2	Тестирование
	Итого	8		

Согласована на портале № 84183

3 Дискретные системы в цифровой обработке сигналов	Подготовка к тестированию	12	ОПК-2	Тестирование
	Итого	12		
4 Преобразование частоты дискретных сигналов	Подготовка к тестированию	14	ОПК-2	Тестирование
	Итого	14		
5 Эффекты квантования при обработке цифровых сигналов	Подготовка к тестированию	14	ОПК-2	Тестирование
	Итого	14		
Итого за семестр		56		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		92		

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.	Сам. раб.	
ОПК-2	+	+	+	Тестирование, Экзамен

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				
Тестирование	15	25	30	70
Экзамен				30
Итого максимум за период	15	25	30	100
Нарастающим итогом	15	40	70	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

Согласована на портале № 84183

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.

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:

Согласована на портале № 84183

– 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 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;

Согласована на портале № 84183

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

8.4. 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	ОПК-2	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Спектральный анализ дискретных сигналов	ОПК-2	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Дискретные системы в цифровой обработке сигналов	ОПК-2	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
4 Преобразование частоты дискретных сигналов	ОПК-2	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
5 Эффекты квантования при обработке цифровых сигналов	ОПК-2	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 84183

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.

Согласована на портале № 84183

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 fs /N, после

Согласована на портале № 84183

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 экзаменационных вопросов

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.
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.
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.
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.

Согласована на портале № 84183

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

Согласована на портале № 84183

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 № 84183

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС
протокол № 2 от « 9 » 10 2025 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ИРЭТ	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Заведующий обеспечивающей каф. РТС	А.С. Аникин	Согласовано, 90a9b589-4503-47e5-999f-a5e10963c1fa
Начальник учебного управления	Г.А. Цой	Согласовано, 8a5745e4-63a0-4946-bbb0-ce4977ac113e

ЭКСПЕРТЫ:

Заведующий кафедрой, каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Доцент, каф. РТС	В.А. Громов	Согласовано, bbaa5b2b-4c38-484f-a5bb-85f9ddafe277

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 № 84183