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
_____Сенченко П.В.
«22» _____02_____ 2023 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: **Радиоэлектронные системы и комплексы**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**
Кафедра: **Кафедра радиотехнических систем (РТС)**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2023 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	48	48	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Экзамен	5

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 22.02.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 71029

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

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

1.2. Задачи дисциплины

1. Задачами изучения дисциплины является формирование у студентов знаний и умений, позволяющих осуществлять анализ функционирования, разработку и техническое обслуживание устройств цифровой обработки сигналов, а также изучение современных средств компьютерного моделирования базовых методов и алгоритмов ЦОС.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль специальности (general hard skills – GHS).
Индекс дисциплины: Б1.О.03.13.
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 № 71029

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	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	48	48
Подготовка к тестированию	14	14
Выполнение практического задания	12	12
Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	7	7
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	7	7
Подготовка к контрольной работе	8	8
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	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
5 семестр						
1 Линейные дискретные системы.	2	2	2	5	11	ОПК-2
2 Цифровые фильтры.	8	4	2	5	19	ОПК-2
3 Эффекты квантования в цифровых фильтрах.	1	2	2	9	14	ОПК-2
4 Описание дискретных сигналов в частотной области.	3	2	2	5	12	ОПК-2
5 Дискретное преобразование Фурье.	4	2	2	5	13	ОПК-2
6 Быстрое преобразование Фурье.	2	2	2	7	13	ОПК-2
7 Многоскоростные системы ЦОС.	6	4	4	12	26	ОПК-2
Итого за семестр	26	18	16	48	108	
Итого	26	18	16	48	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Согласована на портале № 71029

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 Линейные дискретные системы.	Описание дискретной системы разностным уравнением. Передаточная функция дискретной системы. Импульсная характеристика дискретной системы. Структурные схемы дискретных систем. Устойчивость дискретных систем.	2	ОПК-2
	Итого	2	
2 Цифровые фильтры.	Введение в цифровые фильтры. Типы цифровых фильтров: КИХ-фильтры и БИХ-фильтры. Этапы разработки фильтра. Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтров. Методы реализации КИХ-фильтров. Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтров. Реализация БИХфильтров.	8	ОПК-2
	Итого	8	
3 Эффекты квантования в цифровых фильтрах.	Влияние конечной разрядности на цифровые КИХ и БИХ-фильтры. Ошибки квантования коэффициентов. Ошибки округления. Ошибки переполнения	1	ОПК-2
	Итого	1	
4 Описание дискретных сигналов в частотной области.	Преобразование Фурье и Z-преобразование. Обратное z-преобразование. Области применения z-преобразования в цифровой обработке сигналов.	3	ОПК-2
	Итого	3	
5 Дискретное преобразование Фурье.	Ряд Фурье. Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Обратное дискретное преобразование Фурье.	4	ОПК-2
	Итого	4	
6 Быстрое преобразование Фурье.	Быстрое преобразование Фурье с децимацией во временной области. БПФ с частотной децимацией. Вычислительные преимущества быстрого преобразования Фурье.	2	ОПК-2
	Итого	2	

Согласована на портале № 71029

7 Многоскоростные системы ЦОС.	Концепция обработки при нескольких скоростях. Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Многокаскадное преобразование частоты дискретизации. Программная реализация дециматоров. Программная реализация интерполяторов.	6	ОПК-2
	Итого	6	
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 Линейные дискретные системы.	Описание дискретной системы разностным уравнением. Передаточная функция дискретной системы. Импульсная характеристика дискретной системы. Структурные схемы дискретных систем. Устойчивость дискретных систем.	2	ОПК-2
	Итого	2	
2 Цифровые фильтры.	Методы расчета коэффициентов КИХфильтров. Методы реализации КИХфильтров. Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтров. Реализация БИХфильтров.	4	ОПК-2
	Итого	4	
3 Эффекты квантования в цифровых фильтрах.	Влияние конечной разрядности на цифровые КИХ и БИХ-фильтры. Ошибки квантования коэффициентов. Ошибки округления. Ошибки переполнения.	2	ОПК-2
	Итого	2	
4 Описание дискретных сигналов в частотной области.	Преобразование Фурье и Z-преобразование. Обратное z-преобразование. Области применения z-преобразования в цифровой обработке сигналов	2	ОПК-2
	Итого	2	

Согласована на портале № 71029

5 Дискретное преобразование Фурье.	Ряд Фурье. Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Обратное дискретное преобразование Фурье.	2	ОПК-2
	Итого	2	
6 Быстрое преобразование Фурье.	БПФ с децимацией во временной области. БПФ с частотной децимацией. Вычислительные преимущества быстрого преобразования Фурье.	2	ОПК-2
	Итого	2	
7 Многоскоростные системы ЦОС.	Концепция обработки при нескольких скоростях. Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Многокаскадное преобразование частоты дискретизации. Программная реализация дециматоров. Программная реализация интерполяторов.	4	ОПК-2
	Итого	4	
	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			
1 Линейные дискретные системы.	Передаточная функция дискретной системы. Импульсная характеристика дискретной системы. Структурные схемы дискретных систем. Устойчивость дискретных систем.	2	ОПК-2
	Итого	2	
2 Цифровые фильтры.	Этапы разработки фильтра. Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтров. Методы реализации КИХ-фильтров. Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтров. Реализация БИХ-фильтров.	2	ОПК-2
	Итого	2	

Согласована на портале № 71029

3 Эффекты квантования в цифровых фильтрах.	Влияние конечной разрядности на цифровые КИХ и БИХ-фильтры. Ошибки квантования коэффициентов. Ошибки округления. Ошибки переполнения	2	ОПК-2
	Итого	2	
4 Описание дискретных сигналов в частотной области.	Преобразование Фурье и Z-преобразование. Обратное z-преобразование. Области применения z-преобразования в цифровой обработке сигналов.	2	ОПК-2
	Итого	2	
5 Дискретное преобразование Фурье.	Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Обратное дискретное преобразование Фурье.	2	ОПК-2
	Итого	2	
6 Быстрое преобразование Фурье.	Быстрое преобразование Фурье с децимацией во временной области. БПФ с частотной децимацией. Вычислительные преимущества быстрого преобразования Фурье.	2	ОПК-2
	Итого	2	
7 Многоскоростные системы ЦОС.	Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Программная реализация дециматоров. Программная реализация интерполяторов.	4	ОПК-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				

Согласована на портале № 71029

1 Линейные дискретные системы.	Подготовка к тестированию	2	ОПК-2	Тестирование
	Выполнение практического задания	1	ОПК-2	Практическое задание
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	1	ОПК-2	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ОПК-2	Лабораторная работа
	Итого	5		
2 Цифровые фильтры.	Подготовка к тестированию	2	ОПК-2	Тестирование
	Выполнение практического задания	1	ОПК-2	Практическое задание
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	1	ОПК-2	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ОПК-2	Лабораторная работа
	Итого	5		
3 Эффекты квантования в цифровых фильтрах.	Подготовка к тестированию	2	ОПК-2	Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-2	Контрольная работа
	Выполнение практического задания	1	ОПК-2	Практическое задание
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	1	ОПК-2	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ОПК-2	Лабораторная работа
	Итого	9		
4 Описание дискретных сигналов в частотной области.	Подготовка к тестированию	2	ОПК-2	Тестирование
	Выполнение практического задания	1	ОПК-2	Практическое задание
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	1	ОПК-2	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ОПК-2	Лабораторная работа
	Итого	5		

Согласована на портале № 71029

5 Дискретное преобразование Фурье.	Подготовка к тестированию	2	ОПК-2	Тестирование
	Выполнение практического задания	1	ОПК-2	Практическое задание
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	1	ОПК-2	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ОПК-2	Лабораторная работа
	Итого	5		
6 Быстрое преобразование Фурье.	Подготовка к тестированию	2	ОПК-2	Тестирование
	Выполнение практического задания	3	ОПК-2	Практическое задание
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	1	ОПК-2	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ОПК-2	Лабораторная работа
	Итого	7		
7 Многоскоростные системы ЦОС.	Подготовка к тестированию	2	ОПК-2	Тестирование
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-2	Контрольная работа
	Выполнение практического задания	4	ОПК-2	Практическое задание
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	1	ОПК-2	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ОПК-2	Лабораторная работа
	Итого	12		
Итого за семестр		48		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		84		

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

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

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

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	

Согласована на портале № 71029

ОПК-2	+	+	+	+	Защита отчета по лабораторной работе, Контрольная работа, Лабораторная работа, Практическое задание, 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				
Защита отчета по лабораторной работе	6	6	6	18
Контрольная работа	6	6	6	18
Лабораторная работа	3	3	3	9
Практическое задание	3	3	3	9
Тестирование	4	6	6	16
Экзамен				30
Итого максимум за период	22	24	24	100
Нарастающим итогом	22	46	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

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)

Согласована на портале № 71029

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Спектры и анализ: Учебное пособие / С. А. Татаринов, В. Н. Татаринов - 2012. 323 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1490.

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[1] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.).
2. Афанасьев, А. А. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / А. А. Афанасьев, А. А. Рыболовлев, А. П. Рыжков. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2019. — 356 с. — ISBN 978-5-9912-0611-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/176119.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Цифровая обработка сигналов: Методические указания по выполнению студентами самостоятельной работы / М. Е. Антипин - 2014. 4 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3895.
2. Цифровая обработка сигналов: Методические указания по проведению практических занятий / М. Е. Антипин - 2014. 5 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3894.
3. Исследование цифровой радиорелейной системы Ericsson MINI-LINK: методические указания для выполнения лабораторных работ / А. М. Голиков - 2022. 35 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10009.

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

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

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.

Согласована на портале № 71029

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;
- AVAST Free Antivirus;
- Far Manager;
- Google Chrome;
- LibreOffice;
- Microsoft PowerPoint Viewer;
- Microsoft Windows 7 Pro;
- Microsoft Windows Server 2008;
- 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;
- Adobe Acrobat Reader;
- Far Manager;
- Google Chrome;
- LibreOffice;
- Microsoft PowerPoint Viewer;
- Microsoft Windows 7 Pro;
- Microsoft Windows Server 2008;
- OpenOffice;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Scilab;

Согласована на портале № 71029

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)

Согласована на портале № 71029

1 Линейные дискретные системы.	ОПК-2	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Цифровые фильтры.	ОПК-2	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Эффекты квантования в цифровых фильтрах.	ОПК-2	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
4 Описание дискретных сигналов в частотной области.	ОПК-2	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 71029

5 Дискретное преобразование Фурье.	ОПК-2	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
6 Быстрое преобразование Фурье.	ОПК-2	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
7 Многоскоростные системы ЦОС.	ОПК-2	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

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

Согласована на портале № 71029

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. Интерфейс между аналоговым сигналом и цифровым процессором 1) цифро-аналоговый преобразователь 2) аналогово-цифровой преобразователь 3) модулятор 4) демодулятор
2. Дискретное преобразование Фурье позволяет 1) избавиться от наложения спектра 2) понизить шум квантования 3) повысить отношение сигнал/шум 4) оценить форму спектра сигнала
3. Плоскость s и плоскость z связаны как 1) z = exp(sT) 2) z = exp(2sT) 3) z = 2exp(sT) 4) z = exp(sT/2)
4. Сходство между преобразованием Фурье и z-преобразованием состоит в том, что 1) Оба преобразуют область спектра частот в дискретную временную область 2) Оба

Согласована на портале № 71029

конвертируют дискретную временную область в область частотного спектра 3) Оба преобразуют аналоговый сигнал в цифровой сигнал 4) Оба преобразуют цифровой сигнал в аналоговый сигнал

5. Для того чтобы системная функция H (s) была устойчивой 1) Нули лежат в левой половине плоскости s 2) Нули лежат в правой половине плоскости s 3) Полюсы лежат в левой половине плоскости s 4) Полюсы лежат в правой половине плоскости s
6. Децимация - это процесс, в котором частота дискретизации _____. 1) повышается 2) остается постоянной 3) уменьшается 4) непредсказуема
7. Сигнал x [n] является антисимметричным или нечетным, когда 1) x [-n] = x [n] • x [n] 2) x [n] = -x [n] 3) x [n] = [x [n]] 2 4) x [-n] = -x [n]
8. Условием стабилизации системы является 1) Все полюсы его передаточной функции лежат в левой половине s-плоскости 2) Все полюсы его передаточной функции должны быть правой половиной s-плоскости 3) Все нули передаточной функции должны быть правой половиной s-плоскости 4) Все нули передаточной функции должны быть оставлены на половину s-плоскости
9. Результат ДПФ апериодического сигнала? 1) Непрерывный и периодический 2) Дискретный и апериодический 3) Непрерывный и апериодический 4) Дискретный и периодический
10. Система называется инвариантной во времени, только если _____ 1) задержка входного сигнала также приводит к соответствующей задержке на выходе 2) задержка входного сигнала не показывает соответствующей задержки на выходе 3) уровень смещения не изменяется как на входе, так и на выходе 4) задержка на входе не влияет на выход
11. Какой из представленных сигналов будет периодическим? 1) x (t) = x (t + T0) 2) x (n) = x (n + N) 3) x (t) = exp(-αt) 4) Ни один из вышеперечисленных
12. Область устойчивости фильтра не имеет 1) нулей 2) полюсов 3) отрицательных значений 4) положительных значений
13. Частота дискретизации по теореме Котельникова должна быть _____ 1) больше чем максимальная частота сигнала 2) более чем в 10 раз больше максимальной частоты сигнала 3) равна максимальной частоте сигнала 4) не менее чем удвоенная максимальная частоты сигнала
14. Оконные функции используются для _____ 1) сглаживания резких скачков в сигнале 2) снижения требований к фильтру нижних частот при децимации 3) повышения разрешающей способности АЦП 4) подавления боковых лепестков в спектре ограниченного во времени сигнала
15. Интерполяция в цифровой обработке сигналов – это _____ 1) процесс аналого-цифрового преобразования сигнала 2) процесс цифро-аналогового преобразования сигнала 3) процесс понижения частоты дискретизации 4) процесс повышения частоты дискретизации
16. Если полоса частот сигнала лежит в диапазоне 10-15 кГц и сигнал дискретизирован без наложения, минимально возможная в теории частота дискретизации будет равна 1) 10 кГц 2) 15 кГц 3) 20 кГц 4) 30 кГц
17. Цифровая фильтрация – это _____ 1) разложение сигнала на гармонические составляющие 2) защита от наложения спектра 3) подавление помех после дискретного преобразования Фурье 4) свертка сигнала с импульсной характеристикой фильтра
18. В АЦП происходит: 1) квантование по уровню, дискретизация по времени, кодирование двоичным кодом; 2) только квантование по уровню; 3) только дискретизация по времени; 4) только дискретизация по времени и кодирование двоичным кодом.
19. Фильтр антиалайзинговый это 1) фильтр нижних частот, предотвращающий наложение спектров после дискретизации сигнала 2) аналоговый прототип КИХ фильтра 3) аналоговый прототип БИХ фильтра 4) другое название полифазного фильтра
20. Задержку дискретного сигнала во времени можно описать как 1) y [n] = x [n-k] 2) y [n] = x [-n-k] 3) y [n] = -x [n-k] 4) y [n] = x [n + k]

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Периодическая дискретизация. Особенности спектра дискретных сигалов. Наложение: неоднозначность представления сигнала в частотной области
2. Дискретное преобразование Фурье. ДПФ в экспоненциальной и тригонометрической

форме. Представление амплитуды, фазы и мощности сигнала в частотной области. Симметрия ДПФ. Линейность ДПФ. Модуль ДПФ.
3. Частотная ось ДПФ.
4. Обратное ДПФ. Утечка ДПФ. Окна. Гребешковые искажения ДПФ. Разрешающая способность ДПФ, дополнение нулями и дискретизация в частотной области. Коэффициент улучшения ДПФ. ДПФ прямоугольных функций.
5. Фильтры с импульсной характеристикой конечной длины. Свертка в КИХ-фильтрах. Проектирование КИХ-фильтра нижних частот. Проектирование КИХ-фильтров верхних частот. Полуполосные КИХ-фильтры. Обобщенное описание дискретной свертки.
6. Фильтры с импульсной характеристикой бесконечной длины. Преобразование Лапласа. Полюсы и нули на s-плоскости и условие устойчивости.
7. Z-преобразование.
8. Метод проектирования БИХ-фильтров с помощью билинейного преобразования.
9. Улучшение БИХ-фильтров с помощью каскадных структур
10. Квадратурные сигналы. Отрицательные частоты. Квадратурные сигналы в частотной области.
11. Полосовые квадратурные сигналы в частотной области. Комплексное понижающее преобразование.
12. Дискретное преобразование Гильберта. Определение преобразование Гильберта.
13. Области применения преобразования Гильберта. Импульсная характеристика преобразования Гильберта. Проектирование дискретного преобразования Гильберта. Генерация аналитического сигнала во временной области.
14. Сравнение методов генерации аналитических сигналов.
15. Преобразование частоты дискретизации. Прореживание. Интерполяция. Полифазные фильтры. Каскадные интеграторы-гребенчатые фильтры.
16. Усреднение сигналов. Когерентное усреднение. Некогерентное усреднение. Фильтрующие свойства усреднения во временной области. Экспоненциальное усреднение.

9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ

1. Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтров.
2. Методы реализации КИХ-фильтров.
3. Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтров.
4. Влияние конечной разрядности на цифровые КИХ и БИХ-фильтры
5. Области применения z-преобразования в цифровой обработке сигналов
6. Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье
7. Децимация с целым шагом.
8. Интерполяция с целым шагом.
9. Программная реализация дециматоров.
10. Программная реализация интерполяторов

9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Передаточная функция дискретной системы. Импульсная характеристика дискретной системы. Структурные схемы дискретных систем. Устойчивость дискретных систем.
2. Этапы разработки фильтра. Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтров. Методы реализации КИХ-фильтров. Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтров. Реализация БИХ-фильтров.
3. Влияние конечной разрядности на цифровые КИХ и БИХ-фильтры. Ошибки квантования коэффициентов. Ошибки округления. Ошибки переполнения
4. Преобразование Фурье и Z-преобразование. Обратное z-преобразование. Области применения z-преобразования в цифровой обработке сигналов.
5. Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Обратное дискретное преобразование Фурье.
6. Быстрое преобразование Фурье с децимацией во временной области. БПФ с частотной децимацией. Вычислительные преимущества быстрого преобразования Фурье.
7. Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Программная реализация дециматоров. Программная реализация интерполяторов.

Согласована на портале № 71029

9.1.5. Темы практических заданий

1. Линейные дискретные системы
2. Цифровые фильтры.
3. Эффекты квантования в цифровых фильтрах
4. Описание дискретных сигналов в частотной области
5. Дискретное преобразование Фурье
6. Многоскоростные системы ЦОС

9.1.6. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Дискретизация низкочастотных сигналов.
2. Дискретизация полосовых сигналов
3. Инверсия спектра при полосовой дискретизации
4. Найдите оптимальную частоту дискретизации низкочастотного сигнала. Ширина полосы сигнала 10 МГц.
5. Найдите оптимальную частоту дискретизации полосового сигнала. Несущая частота сигнала 16 МГц. Ширина полосы сигнала 4 МГц. Ширина защитной полосы.

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

Согласована на портале № 71029

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.

Согласована на портале № 71029

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС
протокол № 5 от « 1 » 12 2022 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
И.О. начальника 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:

Старший преподаватель, каф. РТС	П.А. Карпушин	Разработано, de7e296f-13b3-4918-8816-cc5c34de1d52

Согласована на портале № 71029