МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Цифровая обработка сигналов

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.01 Радиотехника**
Направленность (профиль) / специализация: **Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов**
Форма обучения: **заочная**
Факультет: **ЗиВФ, Заочный и вечерний факультет**
Кафедра: **ТОР, Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники**
Курс: **3**
Семестр: **5, 6**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	5 семестр	6 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	8	0	8	часов
2	Практические занятия	2	4	6	часов
3	Лабораторные работы	0	4	4	часов
4	Всего аудиторных занятий	10	8	18	часов
5	Самостоятельная работа	62	60	122	часов
6	Всего (без экзамена)	72	68	140	часов
7	Подготовка и сдача зачета	0	4	4	часов
8	Общая трудоемкость	72	72	144	часов
				4.0	З.Е.

Контрольные работы: 6 семестр - 1
Дифференцированный зачет: 6 семестр

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 20.12.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Томск

Согласована на портале № 47567

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 63 от « 5 » 6 2019 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.01 Радиотехника, утвержденного 06.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТУ «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

доцент кафедра ТУ _____ М. И. Курячий

доцент кафедра ТУ _____ Е. В. Зайцева

Заведующий обеспечивающей каф. ТУ _____ Т. Р. Газизов

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ЗиВФ _____ И. В. Осипов

Заведующий выпускающей каф. ТОР _____ С. И. Богомолов

Эксперты:

доцент кафедры телевидения и управления (ТУ) _____ А. Н. Булдаков

доцент кафедры телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР) _____ С. И. Богомолов

Согласована на портале № 47567

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

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

1.2. Задачи дисциплины

– Основные этапы проектирования цифровых фильтров (ЦФ); синтез и анализ ЦФ и их математическое описание в виде структур; оценку шумов квантования в ЦФ с фиксированной точкой (ФТ); принципы построения многоскоростных систем ЦОС. Изучение современных средств компьютерного моделирования базовых методов и алгоритмов ЦОС.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» (Б1.В.ОД.3) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Радиотехнические цепи и сигналы.

Последующими дисциплинами являются: Устройства приема и обработки сигналов.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-6 способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий;

– ПК-6 готовностью выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** - методы математического описания линейных дискретных систем; - основные этапы проектирования цифровых фильтров; - основные методы синтеза и анализа частотно-избирательных цифровых фильтров; - методы математического описания цифровых фильтров в виде структуры; - метод математического описания дискретных сигналов с помощью дискретного преобразо-вания Фурье (ДПФ); - алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ) Кули-Тьюки; - принципы оценки шумов квантования в цифровых фильтрах с фиксированной точкой; - принципы построения систем однократной интерполяции и децимации;

– **уметь** - объяснять математическое описание линейных дискретных систем в виде алгоритмов; - выполнять компьютерное моделирование линейных дискретных систем на основе их мате-матического описания; - задавать требования к частотным характеристикам цифровых фильтров; - обосновывать выбор типа цифрового фильтра, КИХ или БИХ (с конечной или бесконечной импульсной характеристикой); - синтезировать цифровой фильтр и анализировать его характеристики средствами компью-терного моделирования; - обосновывать выбор структуры цифрового фильтра; - выполнять компьютерное моделирование структуры цифрового фильтра; - вычислять ДПФ дискретного сигнала с помощью алгоритмов БПФ средствами компьютер-ного моделирования; - объяснять принципы построения систем однократной интерполяции и децимации.

– **владеть** - навыками составления математических моделей линейных дискретных систем и дис-кретных сигналов; - навыками компьютерного моделирования линейных дискретных систем; - навыками компьютерного проектирования цифровых фильтров; - навыками компьютерного вычисления ДПФ на основе БПФ.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Согласована на портале № 47567

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры	
		5 семестр	6 семестр
Аудиторные занятия (всего)	18	10	8
Лекции	8	8	0
Практические занятия	6	2	4
Лабораторные работы	4	0	4
Самостоятельная работа (всего)	122	62	60
Оформление отчетов по лабораторным работам	28	15	13
Проработка лекционного материала	44	21	23
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	32	26	6
Выполнение контрольных работ	18	0	18
Всего (без экзамена)	140	72	68
Подготовка и сдача зачета	4	0	4
Общая трудоемкость, ч	144	72	72
Зачетные Единицы	4.0		

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
5 семестр						
1 Введение. Цифровые цепи и сигналы.	2	0	0	12	14	ОПК-6, ПК-6
2 Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).Z-преобразование. Вейвлет-преобразование.	2	0	0	16	18	ОПК-6, ПК-6
3 Характеристики линейных цифровых фильтров (ЦФ) с постоянными параметрами.	2	1	0	17	20	ОПК-6, ПК-6
4 Нелинейные эффекты в ЦФ.	2	1	0	17	20	ОПК-6, ПК-6
Итого за семестр	8	2	0	62	72	
6 семестр						
5 Синтез ЦФ для обработки одномерных данных.	0	1	1	13	15	ОПК-6, ПК-6
6 Частотные преобразования, применяемые при синтезе ЦФ.	0	1	0	13	14	ОПК-6, ПК-6
7 Представление и преобразование	0	1	1	19	21	ОПК-6, ПК-6

Согласована на портале № 47567

двумерных сигналов.						
8 Двумерные линейные фильтры.	0	1	2	15	18	ОПК-6, ПК-6
Итого за семестр	0	4	4	60	68	
Итого	8	6	4	122	140	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
1 Введение. Цифровые цепи и сигналы.	Цифровые сигналы. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. Цифровые системы обработки сигналов. Роль и место речевых (звуковых) и видеотехнологий в современном мире. Физическое содержание одномерных и двумерных сигналов. Квантование и дискретизация. Оценка качества цифровых сигналов. Цифровой анализ спектральных и временных характеристик сигналов.	2	ОПК-6, ПК-6
	Итого	2	
2 Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).Z-преобразование. Вейвлет-преобразование.	Ортогональные преобразования сигналов и алгоритмы их быстрого вычисления. Вычисление спектров Фурье для дискретных сигналов. Свойства спектров дискретных сигналов. Преобразование Фурье – метод ортогонального преобразования. Выбор базиса – ключевая проблема при решении прикладных задач. Ортогональное косинусное преобразование, свойства, области применения. Понятие о вейвлет-преобразованиях.	2	ОПК-6, ПК-6
	Итого	2	
3 Характеристики линейных цифровых фильтров (ЦФ) с постоянными параметрами.	Алгоритмы функционирования и формы реализации линейных ЦФ. Системная (передаточная) функция фильтра в z-форме. Импульсная и переходная характеристики. Дискретная свертка. Частотные характеристики ЦФ. Групповое время запаздывания. Устойчивость ЦФ. Точностные характеристики ЦФ. Погрешности и качество цифровых аудио- и видеосигналов.	2	ОПК-6, ПК-6
	Итого	2	
4 Нелинейные эффекты в ЦФ.	Эффекты квантования. Ошибки квантования в рекурсивных ЦФ. Методы борьбы с нелинейными эффектами в рекурсивных ЦФ. Точность и эффективность цифровых вычислений с сохранением остатков. Особенности построения каналов слежения с	2	ОПК-6, ПК-6

Согласована на портале № 47567

	использованием ЦФ.		
	Итого	2	
Итого за семестр		8	
Итого		8	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Предшествующие дисциплины								
1 Радиотехнические цепи и сигналы	+	+	+	+				
Последующие дисциплины								
1 Устройства приема и обработки сигналов					+	+	+	+

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-6	+	+	+	+	Контрольная работа, Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест
ПК-6	+	+	+	+	Контрольная работа, Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
5 Синтез ЦФ для обработки одномерных данных.	Синтез цифровых фильтров для обработки одномерных сигналов	1	ОПК-6, ПК-6
	Итого	1	
7 Представление и	Представление и преобразование двумер-	1	ОПК-6, ПК-6

Согласована на портале № 47567

преобразование двумерных сигналов.	ных сигналов		
	Итого	1	
8 Двумерные линейные фильтры.	Цифровая обработка двумерных сигналов	2	ОПК-6, ПК-6
	Итого	2	
Итого за семестр		4	
Итого		4	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
3 Характеристики линейных цифровых фильтров (ЦФ) с постоянными параметрами.	Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).Z-преобразование. Вейвлет-преобразование. Анализ линейных стационарных систем.	1	ОПК-6, ПК-6
	Итого	1	
4 Нелинейные эффекты в ЦФ.	Примеры расчета характеристик ЦФ	1	ОПК-6, ПК-6
	Итого	1	
Итого за семестр		2	
6 семестр			
5 Синтез ЦФ для обработки одномерных данных.	Исследование точностных характеристик ЦФ	1	ОПК-6, ПК-6
	Итого	1	
6 Частотные преобразования, применяемые при синтезе ЦФ.	Освоение методов синтеза ЦФ	1	ОПК-6, ПК-6
	Итого	1	
7 Представление и преобразование двумерных сигналов.	Основы цифрового представления изображений	1	ОПК-6, ПК-6
	Итого	1	
8 Двумерные линейные фильтры.	Пространственные методы улучшения изображений	1	ОПК-6, ПК-6
	Итого	1	
Итого за семестр		4	
Итого		6	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
5 семестр				

Согласована на портале № 47567

1 Введение. Цифровые цепи и сигналы.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-6, ПК-6	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6		
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	12		
2 Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).Z-преобразование. Вейвлет-преобразование.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ОПК-6, ПК-6	Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	6		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	16		
3 Характеристики линейных цифровых фильтров (ЦФ) с постоянными параметрами.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ОПК-6, ПК-6	Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	7		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	17		
4 Нелинейные эффекты в ЦФ.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ОПК-6, ПК-6	Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	7		
	Итого	17		
Итого за семестр		62		
6 семестр				
5 Синтез ЦФ для обработки одномерных данных.	Выполнение контрольных работ	3	ОПК-6, ПК-6	Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	5		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	5		
	Итого	13		
6 Частотные преобразования, применяемые при	Выполнение контрольных работ	5	ОПК-6, ПК-6	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционно-	8		

Согласована на портале № 47567

синтезе ЦФ.	го материала			
	Итого	13		
7 Представление и преобразование двумерных сигналов.	Выполнение контрольных работ	10	ОПК-6, ПК-6	Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	5		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	19		
8 Двумерные линейные фильтры.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ОПК-6, ПК-6	Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	5		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	15		
Итого за семестр		60		
	Подготовка и сдача зачета	4		Дифференцированный зачет
Итого		126		

10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется.

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Курячий М.И. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие для вузов с грифом УМО. – Томск: ТУСУР, 2009. – 190 с. – ISBN 978-5-86889-286-8. – 60 экз. (анл (5), счз1 (3), счз5 (2), аул (50)). (наличие в библиотеке ТУСУР - 58 экз.)

2. Цифровое телевидение в видеоинформационных системах: монография / А.Г. Ильин, Г.Д. Казанцев, А.Г. Костевич, М.И. Курячий, И.Н. Пустынский, В.А.Шалимов. – Томск: ТУСУР, 2010. – 465 с. – ISBN 978-5-86889-540-1. – 50 экз. (анл (5), счз1 (3), счз5 (2), аул (40)). (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.)

12.2. 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. – 70 экз. (анл (8), счз1 (1), счз5 (1), аул (60)). (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.)

2. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. / Р.С. Гонсалес, Р.Э. Вудс; пер. П.А. Чочиа. – М.: Техносфера, 2005. – 1070 с. ¬– ISBN 5-94836-028-8. – 11 экз. (анл (3), счз1 (1), счз5 (1), аул (6)). (наличие в библиотеке ТУСУР - 11 экз.)

3. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB: Пер. с англ. / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс; пер. : В.В. Чепыжов. – М.: Техносфера, 2006. – 615 с. – ISBN 5-94836092-X. – 30 экз. (анл (5), счз1 (1), счз5 (1), аул (23)). (наличие в библиотеке ТУСУР - 30 экз.)

Согласована на портале № 47567

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс]: Методические указания по выполнению студентами самостоятельной работы / М. Е. Антипин - 2014. 4 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3895 (дата обращения: 25.06.2019).
2. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс]: Методические указания по проведению практических занятий / М. Е. Антипин - 2014. 5 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3894 (дата обращения: 25.06.2019).
3. Компьютерная обработка изображений [Электронный ресурс]: Методические указания по выполнению лабораторных работ и заданий самостоятельной подготовки / И. Г. Афанасьева - 2010. 50 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2561 (дата обращения: 25.06.2019).
4. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» (5 семестр) специальности «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (код 210700.62) / А. А. Гельцер, Е. В. Рогожников, Р. Р. Абенов - 2013. 25 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3464 (дата обращения: 25.06.2019).

12.3.2. 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.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Дополнительно к профессиональным базам данных рекомендуется использовать информационные, справочные и нормативные базы данных https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. 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 количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная лаборатория видеоинформационных технологий и цифрового телевидения

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, поме-

Согласована на портале № 47567

щение для самостоятельной работы

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 217 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер Ci3 (9 шт.);
- Телевизор Samsung LTD 19 (8 шт.);
- Осциллограф GOS-620 (8 шт.);
- Телевизор настенный Samsung LED 55 (8 шт.);
- ТВ камера ACV-9002SCH Color (8 шт.);
- Макет (5 шт.);
- Напольная маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- AVAST Free Antivirus
- Adobe Acrobat Reader
- Google Chrome
- Scilab

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория видеоинформационных технологий и цифрового телевидения

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 217 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер Ci3 (9 шт.);
- Телевизор Samsung LTD 19 (8 шт.);
- Осциллограф GOS-620 (8 шт.);
- Телевизор настенный Samsung LED 55 (8 шт.);
- ТВ камера ACV-9002SCH Color (8 шт.);
- Макет (5 шт.);
- Напольная маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- AVAST Free Antivirus
- Google Chrome
- Scilab

13.1.4. 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, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;

Согласована на портале № 47567

- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

13.2. 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 зрениями** 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.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

1. Что такое время преобразования (tпреобр) для АЦП?

a) интервал времени от начала преобразования до его конца;

b) интервал времени от установившегося аналогового значения до преобразованного аналогового значения;

c) интервал времени от задания аналогового скачка до значения установившегося цифрового кода;

d) интервал времени от задания цифрового скачка до значения установившегося цифрового кода;

2. В АЦП происходит:

a) квантование по уровню, дискретизация по времени, кодирование двоичным кодом;

b) только квантование по уровню;

c) только дискретизация по времени;

Согласована на портале № 47567

d) только дискретизация по времени и кодирование двоичным кодом.

3. Система называется стационарной или инвариантной во времени, если:

a) её параметры не изменяются во времени;

b) в ней выполняется принцип суперпозиции;

c) в ней текущий отчет сигнала формируется из предыдущих отчетов и текущего отчета входного сигнала;

d) нет правильного ответа.

4. Что называется линейной цифровой системой?

a) система, у которой выходной отклик y(nT) ограничен при каждом ограниченном входном воздействии;

b) система, в которой текущий отсчет выходного сигнала формируется из предыдущих отчетов входного и выходного сигнала;

c) система, в которой выполняется принцип суперпозиции;

d) физически – реализуемая система.

5.Какому фильтру соответствует разностное уравнение:

y(nT)=x(nT)+E[Ky(nT-T]n>=0

a) ЦФ с округлением данных;

b) ЦФ с округлением остатков от выполнения арифметических операций;

c) ЦФ с усечением данных;

d) ЦФ с усечением остатков от выполнения арифметических операций.

6. Шумы, возникающие в цифровых фильтрах, обусловлены:

a) не точным заданием значений нулей системной функции;

b) не точным заданием значений полюсов системной функции;

c) округлением результатов арифметических операций;

d) изменением напряжения питания.

7. Какого типа синтеза ЦФ нет?

a) Синтеза по методу инвариантного преобразования ИХ;

b) Синтеза по методу отображения интегралов;

Согласована на портале № 47567

c) Синтеза по методу отображения дифференциалов;

d) Синтеза с использованием Z-форм.

8. В методе инвариантного преобразования импульсной характеристики частота дискретизации выбирается исходя из:

a) допустимого перекрытия “хвостов” АЧХ;

b) допустимого перекрытия ФЧХ;

c) теоремы Котельникова (теоремы отсчетов);

d) условия требуемой неравномерности АЧХ.

9. Какова форма окна Дирихле в методе временных окон?

a) треугольная; b) прямоугольная;

c)квадратная; d) гауссоидальная.

10. Временные окна необходимы:

a) для уменьшения изрезанности АЧХ в точке $_{o} = 0$;

b) для уменьшения изрезанности АЧХ в точке $_{o} = 2$/T;

c) для уменьшения изрезанности АЧХ в близи крутых склонов;

d) для уменьшения изрезанности АЧХ в точке $_{o} =$ /T.

11. Наименьшая изрезанность АЧХ получается при использовании временного окна:

a) Дирихле;

b) Бартлетта;

c) Хэмминга;

d) Ханна.

12. Вычислители первых и вторых разностей не пропускают постоянную составляющую, потому что они являются:

a) цифровыми интеграторами;

b) цифровыми дифференциаторами;

c) накапливающими сумматорами;

d) полосовыми фильтрами.

13. Цифровой интегратор (накапливающий сумматор) условно устойчивый фильтр, потому что:

Согласована на портале № 47567

a) сумма отсчетов импульсной характеристики равна бесконечности;

b) сумма отсчетов импульсной характеристики конечна;

c) дисперсия выходного шума конечна;

d) отклик на единичный импульс неограниченно возрастает.

14. Цифровой сглаживающий фильтр – это фильтр:

a) нижних частот; b) верхних частот;

c) полосовой фильтр; d) режекторный фильтр.

15. Какое утверждение верно:

a) Амплитудно-частотная характеристика цифрового фильтра четна, фазочастотная – нечетна;

b) Амплитудно-частотная характеристика цифрового фильтра четна, фазочастотная – четна;

c) Амплитудно-частотная характеристика цифрового фильтра нечетна, фазочастотная – четна;

e) Амплитудно-частотная характеристика цифрового фильтра нечетна, фазочастотная – нечетна.

16. Оператор цифровой системы имеет вид: $y(nT)=nTx(nT+T)$. К какому типу относится данная система?

a) нелинейная;

b) физически нереализуемая;

c) стационарная;

d) физически реализуемая.

17. Указать физически реализуемую систему:

a) $y(nT)=x(nT-T)-y(nT+2T)$ b)$y(nT)=x(nT+T)-y(nT+2T)$

c) $y(nT)=x(nT-T)-y(nT-2T)$ d) $y(nT)=x(nT+T)-y(nT-2T)$

18. Какой из фильтров является всегда рекурсивным?

a) КИХ-фильтр;

b) БИХ–фильтр;

c) КИХ-фильтр и БИХ - фильтр;

d) Правильного ответа нет.

Согласована на портале № 47567

19. Какому фильтру соответствует разностное уравнение:

y(nT)=x(nT)+E[Ky(nT-T)+0,5]n>=0

a) ЦФ с округлением данных;

b) ЦФ с округлением остатков от выполнения арифметических операций;

c) ЦФ с усечением данных;

d) ЦФ с усечением остатков от выполнения арифметических операций.

Ответ: a)

20. Комплексная частотная характеристика получается путем подстановки в системную функцию H(z) выражения для z:

a)z=exp(jwT); b) z=exp(-jwT);

c) z=exp(jwnT); d) z=exp(jwnT).

14.1.2. Темы контрольных работ

Дискретные сигналы и системы
Z-преобразование
Анализ линейных стационарных систем
Примеры расчета характеристик ЦФ
Исследование точностных характеристик ЦФ
Освоение методов синтеза ЦФ
Основы цифрового представления изображений
Пространственные методы улучшения изображений

14.1.3. Темы опросов на занятиях

Часть I. Анализ характеристик цифровых фильтров 1. Дискретизация и квантование сигналов. Функция квантования. Связь числа уровней квантования N и разрядности шины m. Пример АЦП параллельного действия (АЦП К1107ПВ1). 2. Определение цифрового фильтра. Стационарность, линейность, физическая реализуемость, устойчивость. Примеры разностных уравнений. 3. Базовые операции и сигналы, используемые в цифровых фильтрах. Аналитическая запись дискретной последовательности через ЕИ – . Приведите пример. 4. Прямое и обратное z-преобразования. Свойства линейности. Теорема о запаздывании. Примеры z-преобразований (ЕИ, ЕС, Kn), их физическая интерпретация. 5. Привести с доказательством теоремы о свертке последовательностей и перемножении последовательностей (комплексная свёртка). 6. Вывести выражения равенства Парсеваля для дискретных сигналов во временной области, частотной области и в области z-образов. 7. Начальное и конечное значения последовательности, сумма членов последовательности. Привести примеры. 8. Разностное уравнение ЛЦФ. Параметры ЛЦФ. Алгоритм функционирования линейного цифрового фильтра. 9. Основные формы реализации цифровых фильтров (ЦФ). Сравнение реализаций цифровых фильтров. Показать идентичность прямой и канонической форм реализа-ции ЛЦФ. 10. Основные характеристики линейных цифровых фильтров с постоянными параметрами. Вывести выражение для системной функции исходя из разностного уравнения для цифрового фильтра. 11. Дискретная свёртка. Формулы дискретной свёртки. Пример вычисления дискретной свёртки с помощью графического алгоритма. Длина свёртки. Приведите пример использования дискретной свертки при вычислении отклика цифрового фильтра. 12. Частотные характеристики линейных цифровых фильтров. Частотная – H(exp(j ₒT)), амплитудно-частотная – A(ₒ), фазочастотная – ᵡ(ₒ), групповое время запаздывания – ₹(ₒ). Особенности характеристик (главный интервал частот, чётность, периодичность). Примеры частотных характеристик (H(exp(j ₒT)), A(ₒ), ᵡ(ₒ)) для ФНЧ. 13. Точностные характеристики ЦФ. Общая характеристика погрешно-

Согласована на портале № 47567

стей, возни-кающих в ЦФ. Подходы к оценке погрешностей. Приведите пример оценки погрешностей в выбранном Вами цифровом фильтре. 14. Точки возникновения погрешностей при округлении результатов. Как составляются локальные системные функции? Формулы для вычисления погрешностей (локальных и суммарной). Приведите пример. 15. Вычислитель первой разности. Структурная схема, системная функция – H(z), импульсная характеристика – h(nT), частотная – H(exp(j ₒT)), амплитудно-частотная – A(ₒ) и фазочастотная – ᵡᵡ(ₒ) характеристики. Прохождение через вычислитель первой разности шума квантования АЦП. 16. Вычислитель второй разности. Структурная схема, системная функция – H(z), импульсная характеристика – h(nT), частотная – H(exp(j ₒT)), амплитудно-частотная – A(ₒ) и фазочастотная – ᵡᵡ(ₒ) характеристики. Прохождение через вычислитель второй разности шума квантования АЦП. Указание: использовать данные по вычислителю первой разности. 17. Накапливающий сумматор с ограниченным временем суммирования. Структурная схема, системная функция – H(z), разностное уравнение – y(nT), импульсная характеристика – h(nT). Прохождение шума АЦП через ЦФ. 18. Сглаживающий фильтр. Структурная схема, системная функция – H(z), разностное уравнение – y(nT), импульсная характеристика – h(nT), переходная характеристика – g(nT). Прохождение шума АЦП через ЦФ. 19. Универсальная базовая ячейка (интегрирующий выход). Структурная схема, системная функция – H(z), разностное уравнение – y(nT), импульсная характеристика – h(nT). Прохождение шума АЦП через ЦФ. 20. Ошибки, возникающие в цифровых рекурсивных фильтрах из-за квантования дан-ных. Расчёт ошибок при прямой и канонической формах реализации ЦРФ первого порядка по вероятностному подходу. Рекомендации по использованию прямой и канонической форм реализации ЦРФ. 21. Цифровой рекурсивный фильтр первого порядка с оператором квантования данных. Режимы округления, усечения, учёта остатков. Сравнение реализаций между собой и с дискретным фильтром. Предельные циклы (приведите пример). Часть II. Синтез цифровых фильтров 22. Основные этапы проектирования цифровых фильтров. Спроектируйте сглажи-вающий фильтр первого порядка методом инвариантного преобразования импульсной характеристики. 23. Метод инвариантного преобразования импульсной характеристики. Пример синтеза цифрового резонатора. Нули и полюса H(z). 24. Метод отображения дифференциалов. Недостатки метода. Пример синтеза цифрового режекторного фильтра. 25. Метод билинейного преобразования (БЛП). Связь аналоговых и цифровых частот. Пример синтеза цифрового интегратора. 26. Метод синтеза цифровых фильтров с использованием z-форм. Достоинства и недостатки метода. 27. Частотные преобразования по Константинидису (ФНЧ ФНЧ1, ФНЧ ФВЧ, ФНЧ ПФ, ФНЧ РФ). 28. Метод синтеза цифровых фильтров с использованием временных окон. Окна Дирихле, Хемминга, Бартлетта, Ханна, Блэкмана, Кайзера. Сравните характеристики данных окон между собой. Часть III. Цифровая обработка изображений (ЦОИ) 29. Базовые операции и сигналы, используемые при обработке изображений. 30. Линейные и инвариантные к сдвигу системы цифровой обработки изображений (ЦОИ). Примеры линейных и нелинейных, инвариантных и неинвариантных к сдвигу систем ЦОИ. 31. Алгоритм двумерной линейной фильтрации. Разностное уравнение – y(n1,n2), импульсная характеристика – h(n1,n2), системная функция – H(z1,z2). 32. Структурная схема двумерного нерекурсивного фильтра. 33. Наиболее распространенные типы масок и соответствующие им обработки. 34. Интервальное интегрирование в системах цифровой обработки изображений. 35. Интервальное дифференцирование в системах цифровой обработки изображений. 36. Рекурсивная обработка изображений в неортогональных (наклонных) направлениях. Примеры построения рекурсивных апертур. 37. Ранговая обработка изображений. Медианный фильтр. 38. Одномерный экстремальный фильтр для выделения малоразмерного объекта из фона. 39. Двумерный экстремальный фильтр с апертурой 7*7 для выделения малоразмерного объекта из фона (вар. 1 – по минимум первых разностей). 40. Двумерный экстремальный фильтр с апертурой 7*7 для выделения малоразмерного объекта из фона (вар. 2 – по минимуму сигнала).

14.1.4. Вопросы дифференцированного зачета

Часть I. Анализ характеристик цифровых фильтров 1. Дискретизация и квантование сигналов. Функция квантования. Связь числа уровней квантования N и разрядности шины m. Пример АЦП параллельного действия (АЦП К1107ПВ1). 2. Определение цифрового фильтра. Стационарность, линейность, физическая реализуемость, устойчивость. Примеры разностных уравнений. 3. Базовые операции и сигналы, используемые в цифровых фильтрах. Аналитическая запись дискретной последовательности через ЕИ – . Приведите пример. 4. Прямое и обратное z-преобразования.

Согласована на портале № 47567

Свойства линейности. Теорема о запаздывании. Примеры z-преобразований (ЕИ, ЕС, Kn), их физическая интерпретация. 5. Привести с доказательством теоремы о свертке последовательностей и перемножении последовательностей (комплексная свёртка). 6. Вывести выражения равенства Парсеваля для дискретных сигналов во временной области, частотной области и в области z-образов. 7. Начальное и конечное значения последовательности, сумма членов последовательности. Привести примеры. 8. Разностное уравнение ЛЦФ. Параметры ЛЦФ. Алгоритм функционирования линейного цифрового фильтра. 9. Основные формы реализации цифровых фильтров (ЦФ). Сравнение реализаций цифровых фильтров. Показать идентичность прямой и канонической форм реализа-ции ЛЦФ. 10. Основные характеристики линейных цифровых фильтров с постоянными параметрами. Вывести выражение для системной функции исходя из разностного уравнения для цифрового фильтра. 11. Дискретная свёртка. Формулы дискретной свёртки. Пример вычисления дискретной свёртки с помощью графического алгоритма. Длина свёртки. Приведите пример использования дискретной свертки при вычислении отклика цифрового фильтра. 12. Частотные характеристики линейных цифровых фильтров. Частотная – H(exp(j ₒT)), амплитудно-частотная – A(ₒ), фазочастотная – ᵡ(ₒ), групповое время запаздывания – ₹(ₒ). Особенности характеристик (главный интервал частот, чётность, периодичность). Примеры частотных характеристик (H(exp(j ₒT)), A(ₒ), ᵡ(ₒ)) для ФНЧ. 13. Точностные характеристики ЦФ. Общая характеристика погрешностей, возни-кающих в ЦФ. Подходы к оценке погрешностей. Приведите пример оценки погрешностей в выбранном Вами цифровом фильтре. 14. Точки возникновения погрешностей при округлении результатов. Как составляются локальные системные функции? Формулы для вычисления погрешностей (локальных и суммарной). Приведите пример. 15. Вычислитель первой разности. Структурная схема, системная функция – H(z), импульсная характеристика – h(nT), частотная – H(exp(j ₒT)), амплитудно-частотная – A(ₒ) и фазочастотная – ᵡ(ₒ) характеристики. Прохождение через вычислитель первой разности шума квантования АЦП. 16. Вычислитель второй разности. Структурная схема, системная функция – H(z), импульсная характеристика – h(nT), частотная – H(exp(j ₒT)), амплитудно-частотная – A(ₒ) и фазочастотная – ᵡ(ₒ) характеристики. Прохождение через вычислитель второй разности шума квантования АЦП. Указание: использовать данные по вычислителю первой разности. 17. Накапливающий сумматор с ограниченным временем суммирования. Структурная схема, системная функция – H(z), разностное уравнение – y(nT), импульсная характеристика – h(nT). Прохождение шума АЦП через ЦФ. 18. Сглаживающий фильтр. Структурная схема, системная функция – H(z), разностное уравнение – y(nT), импульсная характеристика – h(nT), переходная характеристика – g(nT). Прохождение шума АЦП через ЦФ. 19. Универсальная базовая ячейка (интегрирующий выход). Структурная схема, системная функция – H(z), разностное уравнение – y(nT), импульсная характеристика – h(nT). Прохождение шума АЦП через ЦФ. 20. Ошибки, возникающие в цифровых рекурсивных фильтрах из-за квантования дан-ных. Расчёт ошибок при прямой и канонической формах реализации ЦРФ первого порядка по вероятностному подходу. Рекомендации по использованию прямой и канонической форм реализации ЦРФ. 21. Цифровой рекурсивный фильтр первого порядка с оператором квантования данных. Режимы округления, усечения, учёта остатков. Сравнение реализаций между собой и с дискретным фильтром. Предельные циклы (приведите пример). Часть II. Синтез цифровых фильтров 22. Основные этапы проектирования цифровых фильтров. Спроектируйте сглажи-вающий фильтр первого порядка методом инвариантного преобразования импульсной характеристики. 23. Метод инвариантного преобразования импульсной характеристики. Пример синтеза цифрового резонатора. Нули и полюса H(z). 24. Метод отображения дифференциалов. Недостатки метода. Пример синтеза цифрового режекторного фильтра. 25. Метод билинейного преобразования (БЛП). Связь аналоговых и цифровых частот. Пример синтеза цифрового интегратора. 26. Метод синтеза цифровых фильтров с использованием z-форм. Достоинства и недостатки метода. 27. Частотные преобразования по Константинидису (ФНЧ ФНЧ1, ФНЧ ФВЧ, ФНЧ ПФ, ФНЧ РФ). 28. Метод синтеза цифровых фильтров с использованием временных окон. Окна Дирихле, Хемминга, Бартлетта, Ханна, Блэкмана, Кайзера. Сравните характеристики данных окон между собой. Часть III. Цифровая обработка изображений (ЦОИ) 29. Базовые операции и сигналы, используемые при обработке изображений. 30. Линейные и инвариантные к сдвигу системы цифровой обработки изображений (ЦОИ). Примеры линейных и нелинейных, инвариантных и неинвариантных к сдвигу систем ЦОИ. 31. Алгоритм двумерной линейной фильтрации. Разностное уравнение – y(n1,n2), импульсная характе-

Согласована на портале № 47567

ристика – h(n1,n2), системная функция – H(z1,z2). 32. Структурная схема двумерного нерекурсивного фильтра. 33. Наиболее распространенные типы масок и соответствующие им обработки. 34. Интервальное интегрирование в системах цифровой обработки изображений. 35. Интервальное дифференцирование в системах цифровой обработки изображений. 36. Рекурсивная обработка изображений в неортогональных (наклонных) направлениях. Примеры построения рекурсивных апертур. 37. Ранговая обработка изображений. Медианный фильтр. 38. Одномерный экстремальный фильтр для выделения малоразмерного объекта из фона. 39. Двумерный экстремальный фильтр с апертурой 7*7 для выделения малоразмерного объекта из фона (вар. 1 – по минимум первых разностей). 40. Двумерный экстремальный фильтр с апертурой 7*7 для выделения малоразмерного объекта из фона (вар. 2 – по минимуму сигнала).

14.1.5. Темы лабораторных работ

Синтез цифровых фильтров для обработки одномерных сигналов

Представление и преобразование двумерных сигналов

Цифровая обработка двумерных сигналов

14.2. 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 14.

Таблица 14 – 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 исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. 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.

Согласована на портале № 47567

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 № 47567