

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-ae0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цифровая обработка сигналов**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **11.03.01 Радиотехника**

Направленность (профиль): **Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов**

Форма обучения: **очно-заочная**

Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**

Кафедра: **СВЧиКР, Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники**

Курс: **3**

Семестр: **6**

Учебный план набора 2013 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	часов
2	Практические занятия	10	10	часов
3	Лабораторные работы	8	8	часов
4	Всего аудиторных занятий	36	36	часов
5	Из них в интерактивной форме	8	8	часов
6	Самостоятельная работа	72	72	часов
7	Всего (без экзамена)	108	108	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	3.Е

Экзамен: 6 семестр

Томск 2017

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.01 Радиотехника, утвержденного 06 марта 2015 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчики:

доцент каф. ТУ \_\_\_\_\_ М. И. Курячий

ст. научный сотрудник кафедры  
телевидения и управления (ТУ) \_\_\_\_\_ А. Г. Костевич

Заведующий обеспечивающей каф.  
ТУ \_\_\_\_\_ Т. Р. Газизов

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан РТФ \_\_\_\_\_ К. Ю. Попова

Заведующий выпускающей каф.  
СВЧиКР \_\_\_\_\_ С. Н. Шарангович

Эксперты:

доцент Кафедра телевидения и  
управления (ТУ) \_\_\_\_\_ А. Н. Булдаков

доцент Кафедра телекоммуникаций  
и основ радиотехники (ТОР) \_\_\_\_\_ С. И. Богомолов

## 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.6) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: 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 студент 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 преобразования 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 математического 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 компьютерного моделирования; - обосновывать выбор структуры цифрового фильтра; - выполнять компьютерное моделирование структуры цифрового фильтра; - вычислять ДПФ дискретного сигнала с помощью алгоритмов БПФ средствами компьютерного моделирования; - объяснять принципы построения систем однократной интерполяции и децимации.

– **владеть** - навыками составления математических моделей линейных дискретных систем и дискретных 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.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		6 семестр
Аудиторные занятия (всего)	36	36
Лекции	18	18
Практические занятия	10	10
Лабораторные работы	8	8
Из них в интерактивной форме	8	8
Самостоятельная работа (всего)	72	72
Выполнение индивидуальных заданий	10	10
Оформление отчетов по лабораторным работам	18	18
Проработка лекционного материала	24	24
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	20	20
Всего (без экзамена)	108	108
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость ч	144	144
Зачетные Единицы	4.0	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	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1 Введение. Цифровые цепи и сигналы.	2	0	0	8	10	ОПК-6, ПК-6
2 Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Z-преобразование. Вейвлет-преобразование.	2	0	0	10	12	ОПК-6, ПК-6
3 Характеристики линейных цифровых фильтров (ЦФ) с постоянными параметрами.	2	1	0	8	11	ОПК-6, ПК-6
4 Нелинейные эффекты в ЦФ.	2	1	0	11	14	ОПК-6, ПК-6
5 Синтез ЦФ для обработки одномерных данных.	2	2	4	9	17	ОПК-6, ПК-6
6 Частотные преобразования, применяемые при синтезе ЦФ.	2	2	0	7	11	ОПК-6, ПК-6

7 Представление и преобразование двумерных сигналов.	2	2	2	9	15	ОПК-6, ПК-6
8 Двумерные линейные фильтры.	4	2	2	10	18	ОПК-6, ПК-6
Итого за семестр	18	10	8	72	108	
Итого	18	10	8	72	108	

### 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
<b>6 семестр</b>			
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 использованием ЦФ.	2	ОПК-6, ПК-6
	Итого	2	
5 Синтез ЦФ для обработки одномерных данных.	Синтез ЦФ по методам инвариантного преобразования импульсной характеристики, отображения дифференциалов, билинейного преобразования, z-форм.	2	ОПК-6, ПК-6
	Итого	2	
6 Частотные преобразования, применяемые при синтезе ЦФ.	Методы частотных преобразований. Общие частотные преобразования ЦФ по Константиридису. Прямой синтез ЦФ. Методы синтеза фильтров с КИХ. Метод частотной выборки. Метод временных окон. Кепстральный анализ и гомоморфная обработка аудиосигналов.	2	ОПК-6, ПК-6
	Итого	2	
7 Представление и преобразование двумерных сигналов.	Ортогональная и гексагональная структуры дискретизации изображения. Особые двумерные последовательности. Многомерные системы. Базовые операции используемые в многомерных системах. Линейные и инвариантные к сдвигу многомерные системы.	2	ОПК-6, ПК-6
	Итого	2	
8 Двумерные линейные фильтры.	Двумерные операторы «скользящего среднего», «лапласиана», «выделения линий (контуров) в изображении», «двойного дифференцирования», «малоразмерных объектов из шумов и фонов», «пространственных градиентов в изображении».	4	ОПК-6, ПК-6
	Итого	4	
Итого за семестр		18	

### 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 и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	
ОПК-6	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Защита отчета, Опрос на занятиях, Тест
ПК-6	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Защита отчета, Опрос на занятиях, Тест

#### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лабораторные занятия	Интерактивные лекции	Всего
6 семестр				
Решение ситуационных задач	1	1	2	4
Исследовательский метод	1	1	2	4
Итого за семестр:	2	2	4	8
Итого	2	2	4	8

#### 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
<b>6 семестр</b>			
5 Синтез ЦФ для обработки одномерных данных.	Синтез цифровых фильтров для обработки одномерных сигналов	4	ОПК-6, ПК-6
	Итого	4	
7 Представление и преобразование двумерных сигналов.	Представление и преобразование двумерных сигналов	2	ОПК-6, ПК-6
	Итого	2	
8 Двумерные линейные фильтры.	Цифровая обработка двумерных сигналов	2	ОПК-6, ПК-6
	Итого	2	
Итого за семестр		8	

### 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
<b>6 семестр</b>			
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	
5 Синтез ЦФ для обработки одномерных данных.	Исследование точностных характеристик ЦФ	2	ОПК-6, ПК-6
	Итого	2	
6 Частотные преобразования, применяемые при синтезе ЦФ.	Освоение методов синтеза ЦФ	2	ОПК-6, ПК-6
	Итого	2	
7 Представление и преобразование двумерных сигналов.	Основы цифрового представления изображений	2	ОПК-6, ПК-6
	Итого	2	
8 Двумерные линейные фильтры.	Пространственные методы улучшения изображений	2	ОПК-6, ПК-6
	Итого	2	



Итого за семестр		10	
------------------	--	----	--

### 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
6 семестр				
1 Введение. Цифровые цепи и сигналы.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ОПК-6, ПК-6	Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3		
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	8		
2 Дискретное преобразование Фурье (ДПФ). Z-преобразование. Вейвлет-преобразование.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-6, ПК-6	Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	10		
3 Характеристики линейных цифровых фильтров (ЦФ) с постоянными параметрами.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ОПК-6, ПК-6	Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	3		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Итого	8		
4 Нелинейные эффекты в ЦФ.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-6, ПК-6	Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	5		
	Итого	11		
5 Синтез ЦФ для	Проработка лекционного	3	ОПК-6,	Защита отчета, Опрос на

обработки одномерных данных.	материала		ПК-6	занятиях, Тест
	Оформление отчетов по лабораторным работам	3		
	Выполнение индивидуальных заданий	3		
	Итого	9		
6 Частотные преобразования, применяемые при синтезе ЦФ.	Проработка лекционного материала	4	ОПК-6, ПК-6	Опрос на занятиях, Тест
	Выполнение индивидуальных заданий	3		
	Итого	7		
7 Представление и преобразование двумерных сигналов.	Проработка лекционного материала	3	ОПК-6, ПК-6	Защита отчета, Опрос на занятиях, Тест
	Оформление отчетов по лабораторным работам	2		
	Выполнение индивидуальных заданий	4		
	Итого	9		
8 Двумерные линейные фильтры.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ОПК-6, ПК-6	Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	3		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	10		
Итого за семестр		72		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		108		

### 9.1. Темы индивидуальных заданий

1. Общие частотные преобразования ЦФ по Константиридису

### 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

### 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

Не предусмотрено

### 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.)

## 12.3 Учебно-методические пособия

### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Курячий М.И. Цифровая обработка сигналов: Учебное методическое пособие. – Томск: ТУСУР, кафедра ТУ, 2012. – 73 с. [Электронный ресурс, доступ <http://tu.tusur.ru/upload/posobia/k10.doc> свободный]. [Электронный ресурс]. - <http://tu.tusur.ru/upload/posobia/k10.doc>
2. Курячий М.И. Цифровая обработка сигналов: Лабораторный практикум. – Томск: ТУСУР, кафедра ТУ, 2012. – 79 с. [Электронный ресурс, доступ <http://tu.tusur.ru/upload/posobia/k9.doc> свободный]. [Электронный ресурс]. - <http://tu.tusur.ru/upload/posobia/k9.doc>
3. Костевич А.Г., Курячий М.И. 1000 задач по цифровой обработке сигналов и изображений. – Томск: ТУСУР, кафедра ТУ, 2012. – 202 с. [Электронный ресурс, доступ <http://tu.tusur.ru/upload/posobia/k3.doc> свободный]. [Электронный ресурс]. - <http://tu.tusur.ru/upload/posobia/k3.doc>

### 12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа 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. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. не требуется

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

### 13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

#### 13.1.1. Материально-техническое 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 наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

#### 13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических (семинарских) занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 2 этаж, ауд. 217. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная -1шт.; Коммутатор D-Link Switch 24 port - 1шт.; Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. -14 шт. Ис-

пользуется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional with SP3/Microsoft Windows 7 Professional with SP1; Microsoft Windows Server 2008 R2; Visual Studio 2008 EE with SP1; Microsoft Office Visio 2010; Microsoft Office Access 2003; VirtualBox 6.2. Имеется помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

### **13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ**

Для проведения лабораторных занятий используется учебно-исследовательская вычислительная лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 2 этаж, ауд. 217. Состав оборудования: Учебная мебель; Экран с электроприводом DRAPER BARONET – 1 шт.; Мультимедийный проектор TOSHIBA – 1 шт.; Компьютеры класса не ниже Intel Pentium G3220 (3.0GHz/4Mb)/4GB RAM/ 500GB с широкополосным доступом в Internet, с мониторами типа Samsung 18.5" S19C200N– 18 шт.; Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional with SP3; Visual Studio 2008 EE with SP1; Microsoft Office Visio 2010; Microsoft SQL-Server 2005

### **13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 47, 1 этаж, ауд. 126. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 4 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

## **13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеомониторов для удаленного просмотра.

При обучении студентов **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## **14. Фонд оценочных средств**

### **14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации**

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

### **14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

**Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью**

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету,	Преимущественно письменная проверка

	контрольные работы	
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 средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для студентов с ОВЗ 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.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов 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 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 обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ П. Е. Троян  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**Цифровая обработка сигналов**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **11.03.01 Радиотехника**

Направленность (профиль): **Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов**

Форма обучения: **очно-заочная**

Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**

Кафедра: **СВЧиКР, Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники**

Курс: **3**

Семестр: **6**

Учебный план набора 2013 года

Разработчики:

- доцент каф. ТУ М. И. Курячий
- ст. научный сотрудник кафедры телевидения и управления (ТУ) А. Г. Костевич

Экзамен: 6 семестр

Томск 2017

## 1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования 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	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 преобразования 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; ; Должен уметь - объяснять математическое описание линейных дискретных систем в виде алгоритмов; - выполнять компьютерное моделирование линейных дискретных систем на основе их математического 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 компьютерного моделирования; - обосновывать выбор структуры цифрового фильтра; - выполнять компьютерное моделирование структуры цифрового фильтра; - вычислять ДПФ дискретного сигнала с помощью алгоритмов БПФ средствами компьютерного моделирования; - объяснять принципы построения систем однократной интерполяции и децимации. ; Должен владеть - навыками составления математических моделей линейных дискретных систем и дискретных сигналов; - навыками компьютерного модели-
ПК-6	готовностью выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	

		рования линейных дискретных систем; - навыками компьютерного проектирования цифровых фильтров; - навыками компьютерного вычисления ДПФ на основе БПФ. ;
--	--	---

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ОПК-6

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.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	историю, технологию работы на персональном компьютере в современных ОС, основные методы разработки алгоритмов и программ, структуры данных.	разрабатывать алгоритмы и программы для решения задач обработки данных с помощью современных инструментальных средств конечного пользователя.	современными инструментальными средствами для решения типовых общенаучных задач в своей профессиональной деятельности и для организации своего труда.
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>Интерактивные практические занятия;</li> <li>Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>Интерактивные лекции;</li> <li>Практические занятия;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Интерактивные практические занятия;</li> <li>Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>Интерактивные лекции;</li> <li>Практические занятия;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Интерактивные практические занятия;</li> <li>Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>Лабораторные работы;</li> <li>Самостоятельная работа;</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>Лабораторные работы;</li> <li>Лекции;</li> <li>Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Лабораторные работы;</li> <li>Лекции;</li> <li>Самостоятельная работа;</li> </ul>	
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>Контрольная работа;</li> <li>Опрос на занятиях;</li> <li>Тест;</li> <li>Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Контрольная работа;</li> <li>Опрос на занятиях;</li> <li>Тест;</li> <li>Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Экзамен;</li> </ul>

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы;</li> </ul>
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем;</li> </ul>
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обладает базовыми общими знаниями;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Работает при прямом наблюдении;</li> </ul>

## 2.2 Компетенция ПК-6

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

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	методы расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	расчетывать и проектировать детали, узлы и устройства радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	методами расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования
Виды занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>Интерактивные практические занятия;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Интерактивные практические занятия;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Интерактивные практические занятия;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные работы;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные работы;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные лабораторные занятия;</li> <li>• Лабораторные работы;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольная работа;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Тест;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольная работа;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Тест;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Экзамен;</li> </ul>

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы;</li> </ul>
Хорошо (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем;</li> </ul>
Удовлетворительно (пороговый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обладает базовыми общими знаниями;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Работает при прямом наблюдении;</li> </ul>

### 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

#### 3.1 Тестовые задания

- Тест 1
- 1. Что такое время преобразования ( $t_{\text{преобр}}$ ) для АЦП?
  - а) интервал времени от начала преобразования до его конца;
  - б) интервал времени от установившегося аналогового значения до преобразованного аналогового значения;
  - в) интервал времени от задания аналогового скачка до значения установившегося цифрового кода;
  - д) интервал времени от задания цифрового скачка до значения установившегося цифрового кода;

вого кода;

- 2. Что называется линейной цифровой системой?
- а) система, у которой выходной отклик  $y(nT)$  ограничен при каждом ограниченном входном воздействии;
- б) система, в которой текущий отсчет выходного сигнала формируется из предыдущих отчетов входного и выходного сигнала;

- в) система, в которой выполняется принцип суперпозиции;
- д) физически – реализуемая система.

– 3. Какова форма окна Бартлетта в методе временных окон?

- а) треугольная; б) прямоугольная;
- в) квадратная; д) гауссоидальная.

– 4. Название фильтра при  $b_j \rightarrow 0$ .

- а) рекурсивный фильтр; б) фильтр инвариантный во времени;
- в) фильтр с КИХ; д) нерекурсивный фильтр.

– 5. Какова форма окна Дирихле в методе временных окон?

- а) треугольная; б) прямоугольная;
- в) квадратная; д) гауссоидальная.

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

- а) цифровыми интеграторами;
- б) цифровыми дифференциаторами;
- в) накапливающими сумматорами;
- д) полосовыми фильтрами.

– 7. Какова форма окна Дирихле в методе временных окон?

- а) треугольная; б) прямоугольная;
- в) квадратная; д) гауссоидальная.

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

- а) цифровыми интеграторами;
- б) цифровыми дифференциаторами;
- в) накапливающими сумматорами;
- д) полосовыми фильтрами.

– 9. Какова форма окна Дирихле в методе временных окон?

- а) треугольная; б) прямоугольная;
- в) квадратная; д) гауссоидальная.

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

- а) цифровыми интеграторами;
- б) цифровыми дифференциаторами;
- в) накапливающими сумматорами;
- д) полосовыми фильтрами.

– 11. Какова форма окна Дирихле в методе временных окон?

- а) треугольная; б) прямоугольная;
- в) квадратная; д) гауссоидальная.

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

- а) цифровыми интеграторами;
- б) цифровыми дифференциаторами;
- в) накапливающими сумматорами;
- д) полосовыми фильтрами.

### 3.2 Темы опросов на занятиях

- 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.
- 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.
- 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.
- 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 использованием ЦФ.
- Синтез ЦФ по методам инвариантного преобразования импульсной характеристики, отображения дифференциалов, билинейного преобразования, z-форм.
- Методы частотных преобразований. Общие частотные преобразования ЦФ по Константидису. Прямой синтез ЦФ. Методы синтеза фильтров с КИХ. Метод частотной выборки. Метод временных окон. Кепстральный анализ и гомоморфная обработка аудиосигналов.
- Ортогональная и гексагональная структуры дискретизации изображения. Особые двумерные последовательности. Многомерные системы. Базовые операции используемые в многомерных системах. Линейные и инвариантные к сдвигу многомерные системы.
- Двумерные операторы «скользящего среднего», «лапласиана», «выделения линий (контуров) в изображении», «двойного дифференцирования», «малоразмерных объектов из шумов и фонов», «пространственных градиентов в изображении».

### 3.3 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

### 3.4 Экзаменационные вопросы

- 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, Кп), их физическая интерпретация.
- 5. Привести с доказательством теоремы о свертке последовательностей и перемножении последовательностей (комплексная свертка).
- 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 реализации 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 свёртки при вычислении отклика цифрового фильтра.
- 12. Частотные характеристики линейных цифровых фильтров. Частотная –  $H(\exp(j\omega T))$ , амплитудно-частотная –  $A(\omega)$ , фазочастотная –  $\varphi(\omega)$ , групповое время запаздывания –  $\tau_g(\omega)$ . Особенности характеристик (главный интервал частот, чётность, периодичность). Примеры частотных характеристик ( $H(\exp(j\omega T))$ ,  $A(\omega)$ ,  $\varphi(\omega)$ ) для ФНЧ.
- 13. Точностные характеристики ЦФ. Общая характеристика погрешностей, возникающих 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 –  $H(\exp(j\omega T))$ , амплитудно-частотная –  $A(\omega)$  и фазочастотная –  $\varphi(\omega)$  характеристики. Прохождение через вычислитель первой разности шума квантования АЦП.
- 16. Вычислитель второй разности. Структурная схема, системная функция –  $H(z)$ , импульсная характеристика –  $h(nT)$ , частотная –  $H(\exp(j\omega T))$ , амплитудно-частотная –  $A(\omega)$  и фазочастотная –  $\varphi(\omega)$  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 данных. 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 сглаживающий 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 Константиридису (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 –  $y(n_1, n_2)$ , импульсная характеристика –  $h(n_1, n_2)$ , системная функция –  $H(z_1, z_2)$ .
  - 32. Структурная схема двумерного не рекурсивного 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 минимуму первых разностей).
  - 40. Двумерный экстремальный фильтр с апертурой 7\*7 для выделения малоразмерного объекта из фона (вар. 2 – по минимуму сигнала).

#### **4 Методические материалы**

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

##### **4.1. 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.)

##### **4.2. 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.)

### **4.3. Обязательные учебно-методические пособия**

1. Курячий М.И. Цифровая обработка сигналов: Учебное методическое пособие. – Томск: ТУСУР, кафедра ТУ, 2012. – 73 с. [Электронный ресурс, доступ <http://tu.tusur.ru/upload/posobia/k10.doc> свободный]. [Электронный ресурс]. - <http://tu.tusur.ru/upload/posobia/k10.doc>
2. Курячий М.И. Цифровая обработка сигналов: Лабораторный практикум. – Томск: ТУСУР, кафедра ТУ, 2012. – 79 с. [Электронный ресурс, доступ <http://tu.tusur.ru/upload/posobia/k9.doc> свободный]. [Электронный ресурс]. - <http://tu.tusur.ru/upload/posobia/k9.doc>
3. Костевич А.Г., Курячий М.И. 1000 задач по цифровой обработке сигналов и изображений. – Томск: ТУСУР, кафедра ТУ, 2012. – 202 с. [Электронный ресурс, доступ <http://tu.tusur.ru/upload/posobia/k3.doc> свободный]. [Электронный ресурс]. - <http://tu.tusur.ru/upload/posobia/k3.doc>

### **4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы**

1. не требуется