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.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цифровая обработка сигналов

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.01 Радиотехника**
Направленность (профиль): **Микроволновая техника и антенны**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **СВЧиКР, Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	5 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	28	28	часов
2	Практические занятия	28	28	часов
3	Лабораторные занятия	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	72	72	часов
5	Из них в интерактивной форме	16	16	часов
6	Самостоятельная работа	36	36	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	З.Е

Экзамен: 5 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 3704

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 33 от «19» 10 2016 г.

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 2015-03-06 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

доцент каф. ТУ	_____	Курячий М. И.
ст. научный сотрудник кафедра телевидения и управления (ТУ)	_____	Костевич А. Г.
Заведующий обеспечивающей каф. ТУ	_____	Газизов Т. Р.

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

Декан РТФ	_____	Попова К. Ю.
Заведующий выпускающей каф. СВЧиКР	_____	Шарангович С. Н.

Эксперты:

доцент Кафедра телевидения и управления (ТУ)	_____	Булдаков А. Н.
доцент Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР)	_____	Богомолов С. И.

Согласована на портале № 3704

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: Дискретная математика, Радиотехнические цепи и сигналы, Цифровые устройства и микропроцессоры.

Последующими дисциплинами являются: Основы телевидения и видеотехника.

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 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

Согласована на портале № 3704

таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		5 семестр
Аудиторные занятия (всего)	72	72
Лекции	28	28
Практические занятия	28	28
Лабораторные занятия	16	16
Из них в интерактивной форме	16	16
Самостоятельная работа (всего)	36	36
Оформление отчетов по лабораторным работам	16	16
Проработка лекционного материала	8	8
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	12	12
Всего (без экзамена)	108	108
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость час	144	144
Зачетные Единицы Трудоемкости	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	2	0	3	7	ОПК-6, ПК-6
2	Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).Z-преобразование. Вейвлет-преобразование.	2	2	0	3	7	ОПК-6, ПК-6
3	Характеристики линейных цифровых фильтров (ЦФ) с постоянными параметрами.	4	4	4	6	18	ОПК-6, ПК-6
4	Нелинейные эффекты в ЦФ.	4	4	0	3	11	ОПК-6, ПК-6
5	Синтез ЦФ для обработки одномерных данных.	4	4	4	6	18	ОПК-6, ПК-6
6	Частотные преобразования, применяемые при синтезе ЦФ.	4	4	0	3	11	ОПК-6, ПК-6
7	Представление и преобразование двумерных сигналов.	4	4	4	6	18	ОПК-6, ПК-6

Согласована на портале № 3704

8	Двумерные линейные фильтры.	4	4	4	6	18	ОПК-6, ПК-6
	Итого	28	28	16	36	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
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.	4	ОПК-6, ПК-6

Согласована на портале № 3704

	Итого	4	
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.	4	ОПК-6, ПК-6
	Итого	4	
5 Синтез ЦФ для обработки одномерных данных.	Синтез ЦФ по методам инвариантного преобразования импульсной характеристики, отображения дифференциалов, билинейного преобразования, z-форм.	4	ОПК-6, ПК-6
	Итого	4	
6 Частотные преобразования, применяемые при синтезе ЦФ.	Методы частотных преобразований. Общие частотные преобразования ЦФ по Константинидису. Прямой синтез ЦФ. Методы синтеза фильтров с КИХ. Метод частотной выборки. Метод временных окон. Кепстральный анализ и гомоморфная обработка аудиосигналов.	4	ОПК-6, ПК-6
	Итого	4	
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.	4	ОПК-6, ПК-6
	Итого	4	
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		28	

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 представ-лены в таблице 5.3.

Согласована на портале № 3704

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	Дискретная математика	+	+	+	+				
2	Радиотехнические цепи и сигналы					+	+	+	+
3	Цифровые устройства и микропроцессоры			+	+	+	+		
Последующие дисциплины									
1	Основы телевидения и видеотехника	+	+					+	+

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 занятия	Самостоятельная работа	
ОПК-6	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Защита отчета, Компонент своевременности, Опрос на занятиях, Тест
ПК-6	+	+	+	+	Контрольная работа, Экзамен, Защита отчета, Компонент своевременности, 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
Работа в команде	1	1	2	4
Поисковый метод	2	1	1	4

Согласована на портале № 3704

Решение ситуационных задач	2	1	1	4
Исследовательский метод	1	1	2	4
Итого	6	4	6	16

7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Содержание лабораторных работ

Названия разделов	Содержание лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
3 Характеристики линейных цифровых фильтров (ЦФ) с постоянными параметрами.	Анализ характеристик цифровых фильтров для обработки одно-мерных сигналов	4	ОПК-6, ПК-6
	Итого	4	
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	4	ОПК-6, ПК-6
	Итого	4	
8 Двумерные линейные фильтры.	Цифровая обработка двумерных сигналов	4	ОПК-6, ПК-6
	Итого	4	
Итого за семестр		16	

8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

Названия разделов	Содержание практических занятий	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
1 Введение. Цифровые цепи и сигналы.	Дискретные сигналы и системы	2	ОПК-6, ПК-6
	Итого	2	
2 Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).Z-преобразование. Вейвлет-преобразование.	Z-преобразование	2	ОПК-6, ПК-6
	Итого	2	
3 Характеристики линейных цифровых фильтров (ЦФ) с	Анализ линейных стационарных систем	4	ОПК-6, ПК-6

Согласована на портале № 3704

постоянными параметрами.	Итого	4	
4 Нелинейные эффекты в ЦФ.	Примеры расчета характеристик ЦФ	4	ОПК-6, ПК-6
	Итого	4	
5 Синтез ЦФ для обработки одномерных данных.	Исследование точностных характеристик ЦФ	4	ОПК-6, ПК-6
	Итого	4	
6 Частотные преобразования, применяемые при синтезе ЦФ.	Освоение методов синтеза ЦФ	4	ОПК-6, ПК-6
	Итого	4	
7 Представление и преобразование двумерных сигналов.	Основы цифрового представления изображений	4	ОПК-6, ПК-6
	Итого	4	
8 Двумерные линейные фильтры.	Пространственные методы улучшения изображений	4	ОПК-6, ПК-6
	Итого	4	
Итого за семестр		28	

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

Согласована на портале № 3704

	Итого	6		
4 Нелинейные эффекты в ЦФ.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-6, ПК-6	Тест, Контрольная работа, Экзамен, Компонент своевременности, Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
5 Синтез ЦФ для обработки одномерных данных.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-6, ПК-6	Тест, Контрольная работа, Экзамен, Компонент своевременности, Опрос на занятиях, Защита отчета
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	6		
6 Частотные преобразования, применяемые при синтезе ЦФ.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-6, ПК-6	Тест, Контрольная работа, Экзамен, Компонент своевременности, Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
7 Представление и преобразование двумерных сигналов.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-6, ПК-6	Тест, Контрольная работа, Экзамен, Компонент своевременности, Опрос на занятиях, Защита отчета
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	6		
8 Двумерные линейные фильтры.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	1	ОПК-6, ПК-6	Тест, Контрольная работа, Экзамен, Компонент своевременности, Опрос на занятиях, Защита отчета
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	6		
Итого за семестр		36		
	Подготовка к экзамену	36		Экзамен
Итого		72		

Согласована на портале № 3704

10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Бальные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
5 семестр				
Защита отчета		5	5	10
Компонент своевременности	4	4	4	12
Контрольная работа	9	9	9	27
Опрос на занятиях	3	3	3	9
Тест	4	4	4	12
Итого максимум за период	20	25	25	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	20	45	70	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

Согласована на портале № 3704

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-методическое пособие и программное обеспечение

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

12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. не требуется

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

специализированные телевизионные и вычислительные лаборатории кафедры телевидения и управления ТУСУР.

14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Без рекомендаций.

Согласована на портале № 3704

Приложение 1

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): **Микроволновая техника и антенны**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **СВЧиКР, Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники**
Курс: **3**
Семестр: **5**

Учебный план набора 2015 года

Разработчики:

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

Экзамен: 5 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 3704

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

Согласована на портале № 3704

		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. ;

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	методы поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных	представлять информацию в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	методами поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных, а также различными способами ее представления
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные

Согласована на портале № 3704

	лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Опрос на занятиях; • Экзамен; • Тест; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Опрос на занятиях; • Экзамен; • Тест; • Экзамен;	• Экзамен; • Экзамен;

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)	• 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;;

2.2 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	методы расчета и	расчетывать и	методами расчета и

Согласована на портале № 3704

этапов	проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	проектировать детали, узлы и устройства радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка к экзамену;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Опрос на занятиях; • Экзамен; • Тест; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Опрос на занятиях; • Экзамен; • Тест; • Экзамен;	• Экзамен; • Экзамен;

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)	• 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	• Работает при прямом наблюдении;;

Согласована на портале № 3704

		простых задач;;	

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 (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 циф-рового кода; d) интервал времени от задания цифрового скачка до значения установившегося цифро-вого кода; 2.Что называется линейной цифровой системой? a) система, у которой выходной отклик y(nT) ограничен при каждом ограниченном вход-ном 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. 3. Какова форма окна Бартлетта в методе временных окон? a) треугольная; b) прямоугольная; c) квадратная; d) гауссоидальная. 4. Название фильтра при b j 0. a) рекурсивный фильтр; b) фильтр инвариантный во времени; c) фильтр с КИХ; d) нерекурсивный фильтр. 5. Какова форма окна Дирихле в методе временных окон? a) треугольная; b) прямоугольная; a) квадратная; d) гауссоидальная. 6. 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. 7. Какова форма окна Дирихле в методе временных окон? a) треугольная; b) прямоугольная; a) квадратная; d) гауссоидальная. 8. 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. 9. Какова форма окна Дирихле в методе временных окон? a) треугольная; b) прямоугольная; a) квадратная; d) гауссоидальная. 10. 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. 11. Какова форма окна Дирихле в методе временных окон? a) треугольная; b) прямоугольная; a) квадратная; d) гауссоидальная. 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.

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.

Согласована на портале № 3704

– Синтез ЦФ по методам инвариантного преобразования импульсной характеристики, отображения дифференциалов, билинейного преобразования, z-форм.

– Методы частотных преобразований. Общие частотные преобразования ЦФ по Константинидису. 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 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, 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 ли-нейного 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 T)), амплитудно-частотная – A( ), фазочастотная – ( ), групповое время запаздывания – ( ). Особенности характеристик (главный интервал частот, чётность, периодичность). Примеры частотных характеристик (H(exp(j T)), A( ), ( )) 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 T)), амплитудно-частотная – A( ) и фазочастотная – ( ) 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 T)), амплитудно-частотная – A( ) и фазочастотная – ( ) 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

Согласована на портале № 3704

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).

3.4 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

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 фор-мирования 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.)

Согласована на портале № 3704

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. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

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

Согласована на портале № 3704