**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): **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль): **Цифровое телерадиовещание**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **ТУ, Кафедра телевидения и управления**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 5 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 24 | 24 | часов |
| 2 | Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| 3 | Лабораторные занятия | 18 | 18 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 60 | 60 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 120 | 120 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 180 | 180 | часов |
| 7 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 8 | Общая трудоемкость | 216 | 216 | часов |
| | | 6.0 | 6.0 | З.Е |

Экзамен: 5 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 3693

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) 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, 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. ТУ | _____ | Газизов Т. Р. |

Эксперты:

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

Согласована на портале № 3693

## 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.Б.17) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Вычислительная техника, Дискретная математика, Математические методы описания сигналов.

Последующими дисциплинами являются: Формирование и восприятие аудиовизуальной информации.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-8 умением собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов;

– ПК-9 умением проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ;

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 6.0 зачетных единицы и представлена в

Согласована на портале № 3693

таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 5 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 60 | 60 |
| Лекции | 24 | 24 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Лабораторные занятия | 18 | 18 |
| Самостоятельная работа (всего) | 120 | 120 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 16 | 16 |
| Проработка лекционного материала | 32 | 32 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 72 | 72 |
| Всего (без экзамена) | 180 | 180 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость час | 216 | 216 |
| Зачетные Единицы Трудоемкости | 6.0 | 6.0 |

## 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 | 13 | 17 | ПК-8, ПК-9 |
| 2 | Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).Z-преобразование. Вейвлет-преобразование. | 2 | 2 | 0 | 13 | 17 | ПК-8, ПК-9 |
| 3 | Характеристики линейных цифровых фильтров (ЦФ) с постоянными параметрами. | 4 | 2 | 4 | 17 | 27 | ПК-8, ПК-9 |
| 4 | Нелинейные эффекты в ЦФ. | 4 | 4 | 0 | 13 | 21 | ПК-8, ПК-9 |
| 5 | Синтез ЦФ для обработки одномерных данных. | 4 | 2 | 4 | 17 | 27 | ПК-8, ПК-9 |
| 6 | Частотные преобразования, применяемые при синтезе ЦФ. | 2 | 2 | 0 | 13 | 17 | ПК-8, ПК-9 |
| 7 | Представление и преобразование двумерных сигналов. | 2 | 2 | 4 | 17 | 25 | ПК-8, ПК-9 |
| 8 | Двумерные линейные фильтры. | 4 | 2 | 6 | 17 | 29 | ПК-8, ПК-9 |

Согласована на портале № 3693

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Итого | 24 | 18 | 18 | 120 | 180 | |

**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 | ПК-8, ПК-9 |
| | 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 | ПК-8, ПК-9 |
| | 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 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 3693

| | | | |
|---|---|---|---|
| 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 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Синтез ЦФ для обработки одномерных данных. | Синтез ЦФ по методам инвариантного преобразования импульсной характеристики, отображения дифференциалов, билинейного преобразования, z-форм. | 4 | ПК-8, ПК-9 |
| | 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. | 2 | ПК-8, ПК-9 |
| | 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 | ПК-8, ПК-9 |
| | 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 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 24 | |

**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.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| № | Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин |
|---|---|---|

Согласована на портале № 3693

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | | | |
| 1 | Вычислительная техника | | | + | + | + | + | | |
| 2 | Дискретная математика | + | + | + | + | | | | |
| 3 | Математические методы описания сигналов | | | | | + | + | + | + |
| Последующие дисциплины | | | | | | | | | |
| 1 | Формирование и восприятие аудиовизуальной информации | + | + | | | | | + | + |

**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 | |
| ПК-8 | + | + | + | + | Контрольная работа, Экзамен, Защита отчета, Компонент своевременности, Опрос на занятиях, Тест |
| ПК-9 | + | + | + | + | Контрольная работа, Экзамен, Защита отчета, Компонент своевременности, Опрос на занятиях, Тест |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП

## 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 | Анализ характеристик цифровых фильтров для обработки одно-мерных | 4 | ПК-8, ПК-9 |

Согласована на портале № 3693

| | | | |
|---|---|---|---|
| постоянными параметрами. | сигналов | | |
| | Итого | 4 | |
| 5 Синтез ЦФ для обработки одномерных данных. | Синтез цифровых фильтров для обработки одномерных сигналов | 4 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Представление и преобразование двумерных сигналов. | Представление и преобразование двумерных сигналов | 4 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 4 | |
| 8 Двумерные линейные фильтры. | Цифровая обработка двумерных сигналов | 6 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 18 | |

## 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 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).Z-преобразование. Вейвлет-преобразование. | Z-преобразование | 2 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Характеристики линейных цифровых фильтров (ЦФ) с постоянными параметрами. | Анализ линейных стационарных систем | 2 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Нелинейные эффекты в ЦФ. | Примеры расчета характеристик ЦФ | 4 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Синтез ЦФ для обработки одномерных данных. | Исследование точностных характеристик ЦФ | 2 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Частотные преобразования, применяемые при синтезе ЦФ. | Освоение методов синтеза ЦФ | 2 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 7 Представление и преобразование двумерных сигналов. | Основы цифрового представления изображений | 2 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 8 Двумерные линейные фильтры. | Пространственные методы улучшения изображений | 2 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 18 | |

Согласована на портале № 3693

## 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 | 9 | ПК-8, ПК-9 | Тест, Контрольная работа, Экзамен, Компонент своевременности, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 4 | | |
| | Итого | 13 | | |
| 2 Дискретное преобразование Фурье (ДПФ).Z-преобразование. Вейвлет-преобразование. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 9 | ПК-8, ПК-9 | Тест, Контрольная работа, Экзамен, Компонент своевременности, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 4 | | |
| | Итого | 13 | | |
| 3 Характеристики линейных цифровых фильтров (ЦФ) с постоянными параметрами. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 9 | ПК-8, ПК-9 | Тест, Контрольная работа, Экзамен, Компонент своевременности, Опрос на занятиях, Защита отчета |
| | Проработка лекционного материала | 4 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 17 | | |
| 4 Нелинейные эффекты в ЦФ. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 9 | ПК-8, ПК-9 | Тест, Контрольная работа, Экзамен, Компонент своевременности, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 4 | | |
| | Итого | 13 | | |
| 5 Синтез ЦФ для обработки одномерных данных. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 9 | ПК-8, ПК-9 | Тест, Контрольная работа, Экзамен, Компонент своевременности, Опрос на занятиях, Защита отчета |
| | Проработка лекционного материала | 4 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 17 | | |
| 6 Частотные преобразования, | Подготовка к практическим занятиям, | 9 | ПК-8, ПК-9 | Тест, Контрольная работа, Экзамен, |

Согласована на портале № 3693

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| применяемые при синтезе ЦФ. | семинарам | | | Компонент своевременности, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 4 | | |
| | Итого | 13 | | |
| 7 Представление и преобразование двумерных сигналов. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 9 | ПК-8, ПК-9 | Тест, Контрольная работа, Экзамен, Компонент своевременности, Опрос на занятиях, Защита отчета |
| | Проработка лекционного материала | 4 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 17 | | |
| 8 Двумерные линейные фильтры. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 9 | ПК-8, ПК-9 | Тест, Контрольная работа, Экзамен, Компонент своевременности, Опрос на занятиях, Защита отчета |
| | Проработка лекционного материала | 4 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4 | | |
| | Итого | 17 | | |
| Итого за семестр | | 120 | | |
| | Подготовка к экзамену | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 156 | | |

## 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 |

Согласована на портале № 3693

### 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) |

## 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

Согласована на портале № 3693

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 № 3693

**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): **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль): **Цифровое телерадиовещание**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **ТУ, Кафедра телевидения и управления**
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 № 3693

## 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 |
|---|---|---|
| ПК-8 | умением собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов | 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; ;<br>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. ;<br>Должен владеть - навыками составления |
| ПК-9 | умением проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ | |

Согласована на портале № 3693

| | | |
|---|---|---|
| | | 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 ПК-8

ПК-8: умением собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов.

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 | критерии выбра для формирования исходных данных при проектирования средств и сетей связи и их элементов | осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования средств и сетей связи и их элементов | методами выбора оборудования при проектировании средств и сетей связи и их элементов |
| Виды занятий | • Практические занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Лекции; | • Практические занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Лекции; | • Лабораторные занятия;<br>• Самостоятельная работа; |

Согласована на портале № 3693

| | | | |
|---|---|---|---|
| | • Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | |
| Используемые средства оценивания | • Контрольная работа;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Экзамен;<br>• Тест;<br>• Экзамен; | • Контрольная работа;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Экзамен;<br>• Тест;<br>• Экзамен; | • Экзамен;<br>• 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-9

ПК-9: умением проводить расчеты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ.

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 по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций | выполнять расчет и проектирование сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций, используя методы, приемы и средства автоматизации проектирования | навыками проектирования радиотехнических систем с использованием средств автоматизации проектирования |

Согласована на портале № 3693

| | | | |
|---|---|---|---|
| Виды занятий | • Практические занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Практические занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Лабораторные занятия;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Контрольная работа;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Экзамен;<br>• Тест;<br>• Экзамен; | • Контрольная работа;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Экзамен;<br>• Тест;<br>• Экзамен; | • Экзамен;<br>• 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 простых задач; ; | • Работает при прямом наблюдении; ; |

## 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

Согласована на портале № 3693

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.

– 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.

Согласована на портале № 3693

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 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

Согласована на портале № 3693

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.)
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]. -

Согласована на портале № 3693

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 № 3693