

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цифровая обработка сигналов**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

Направленность (профиль): **Защищенные системы и сети связи**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**

Кафедра: **РЗИ, Кафедра радиоэлектроники и защиты информации**

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               | 48        | 48    | часов   |
| 6 | Всего (без экзамена)                 | 108       | 108   | часов   |
| 7 | Подготовка и сдача экзамена / зачета | 36        | 36    | часов   |
| 8 | Общая трудоемкость                   | 144       | 144   | часов   |
|   |                                      | 4.0       | 4.0   | З.Е     |

Экзамен: 5 семестр

Томск 2017

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного 2015-03-06 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол №\_\_\_\_\_.

Разработчики:

ст. преподаватель каф. ТОР \_\_\_\_\_

Абенов Р. Р.

доцент каф. ТОР \_\_\_\_\_

Гельцер А. А.

Заведующий обеспечивающей каф.  
ТОР \_\_\_\_\_

Демидов А. Я.

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

Декан РТФ \_\_\_\_\_

Попова К. Ю.

Заведующий выпускающей каф.  
РЗИ \_\_\_\_\_

Задорин А. С.

Эксперты:

доцент каф. ТОР \_\_\_\_\_

Богомолов С. И.

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

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

### 1.2. Задачи дисциплины

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

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Цифровая обработка сигналов» (Б1.В.ОД.14) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Дискретная математика, Математические методы описания сигналов, Схемотехника телекоммуникационных устройств, Электроника.

Последующими дисциплинами являются: Сети и системы цифровой радиосвязи и радиодоступа.

## 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 преобразования Фурье (ДПФ); алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ); принципы оценки шумов квантования в цифровых фильтрах с фиксированной точкой; принципы построения систем однократной интерполяции и децимации;

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

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

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в

таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности                     | Всего часов | Семестры  |
|---|-------------|-----------|
|   |             | 5 семестр |
| Аудиторные занятия (всего)                    | 60          | 60        |
| Лекции  | 24          | 24        |
| Практические занятия                          | 18          | 18        |
| Лабораторные занятия                          | 18          | 18        |
| Самостоятельная работа (всего)                | 48          | 48        |
| Оформление отчетов по лабораторным работам    | 16          | 16        |
| Проработка лекционного материала              | 16          | 16        |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 16          | 16        |
| Всего (без экзамена)                          | 108         | 108       |
| Подготовка и сдача экзамена / зачета          | 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<br>(без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|--------|----------------------|---------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1 | Аналоговый интерфейс ввода-вывода для систем ЦОС. | 2      | 2                    | 2                   | 6                      | 12                            | ПК-8, ПК-9              |
| 2 | Цифровые фильтры.                                 | 6      | 4                    | 4                   | 10                     | 24                            | ПК-8, ПК-9              |
| 3 | Эффекты квантования в цифровых фильтрах.          | 3      | 2                    | 2                   | 6                      | 13                            | ПК-8, ПК-9              |
| 4 | Описание дискретных сигналов в частотной области. | 3      | 2                    | 2                   | 6                      | 13                            | ПК-8, ПК-9              |
| 5 | Дискретное преобразование Фурье.                  | 2      | 2                    | 2                   | 6                      | 12                            | ПК-8, ПК-9              |
| 6 | Быстрое преобразование Фурье.                     | 2      | 2                    | 2                   | 6                      | 12                            | ПК-8, ПК-9              |
| 7 | Многоскоростные системы ЦОС.                      | 6      | 4                    | 4                   | 8                      | 22                            | ПК-8, ПК-9              |
|   | Итого   | 24     | 18                   | 18                  | 48                     | 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 Аналоговый интерфейс ввода-вывода для систем ЦОС. | Процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой. Дискретизация низкочастотных и полосовых сигналов. Однородное и неоднородное квантование и кодирование. Процесс цифро-аналогового преобразования.   | 2               | ПК-8, ПК-9              |
|   | Итого  | 2               |                         |
| 2 Цифровые фильтры.                                 | Введение в цифровые фильтры. Типы цифровых фильтров: КИХ-фильтры и БИХ-фильтры. Этапы разработки фильтра. Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтров. Методы реализации КИХ-фильтров. Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтров. Реализация БИХ-фильтров. | 6               | ПК-8, ПК-9              |
|   | Итого  | 6               |                         |
| 3 Эффекты квантования в цифровых фильтрах.          | Влияние конечной разрядности на цифровые КИХ и БИХ-фильтры. Ошибки квантования коэффициентов. Ошибки округления. Ошибки переполнения.  | 3               | ПК-8, ПК-9              |
|   | Итого  | 3               |                         |
| 4 Описание дискретных сигналов в частотной области. | Преобразование Фурье и Z-преобразование. Обратное z-преобразование. Области применения z-преобразования в цифровой обработке сигналов.   | 3               | ПК-8, ПК-9              |
|   | Итого  | 3               |                         |
| 5 Дискретное преобразование Фурье.                  | Ряд Фурье. Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Обратное дискретное преобразование Фурье.  | 2               | ПК-8, ПК-9              |
|   | Итого  | 2               |                         |
| 6 Быстрое преобразование Фурье.                     | Быстрое преобразование Фурье с децимацией во временной области. БПФ с частотной децимацией. Вычислительные преимущества быстрого преобразования Фурье.   | 2               | ПК-8, ПК-9              |
|   | Итого  | 2               |                         |

|                                |  |    |            |
|--------------------------------|--|----|------------|
| 7 Многоскоростные системы ЦОС. | Концепция обработки при нескольких скоростях. Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Многокаскадное преобразование частоты дискретизации. Программная реализация дециматоров. Программная реализация интерполяторов. | 6  | ПК-8, ПК-9 |
|                                | Итого  | 6  |            |
| 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 представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| №                         | Наименование дисциплин                            | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин |   |   |   |   |   |   |
|---------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                           |   | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Предшествующие дисциплины |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1                         | Дискретная математика                             | +   |   |   | + | + | + | + |
| 2                         | Математические методы описания сигналов           | +   |   |   | + | + | + | + |
| 3                         | Схемотехника телекоммуникационных устройств       |   | + |   |   |   |   |   |
| 4                         | Электроника                                       |   | + | + |   |   |   |   |
| Последующие дисциплины    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 1                         | Сети и системы цифровой радиосвязи и радиодоступа | +   | + |   | + | + | + | + |

### 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,<br>Домашнее задание,<br>Экзамен, Отчет по<br>лабораторной работе,<br>Опрос на занятиях |
| ПК-9 | + | + | + | + | Контрольная работа,<br>Домашнее задание,<br>Экзамен, Отчет по<br>лабораторной работе,<br>Опрос на занятиях |

### 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,<br>ч | Формируемые<br>компетенции |
|---|--|--------------------|----------------------------|
| 5 семестр   |  |                    |                            |
| 1 Аналоговый интерфейс ввода-вывода для систем ЦОС. | Однородное и неоднородное квантование и кодирование.   | 2                  | ПК-9                       |
|   | Итого  | 2                  |                            |
| 2 Цифровые фильтры.                                 | Цифровые фильтры. Фильтр скользящего среднего.   | 4                  | ПК-9                       |
|   | Итого  | 4                  |                            |
| 3 Эффекты квантования в цифровых фильтрах.          | Влияние конечной разрядности на цифровые фильтры. Ошибки квантования коэффициентов. Ошибки округления.                   | 2                  | ПК-9                       |
|   | Итого  | 2                  |                            |
| 4 Описание дискретных сигналов в частотной области. | Преобразование Фурье и Z-преобразование.   | 2                  | ПК-8, ПК-9                 |
|   | Итого  | 2                  |                            |
| 5 Дискретное преобразование Фурье.                  | Дискретное преобразование Фурье. Обратное дискретное преобразование Фурье.   | 2                  | ПК-8, ПК-9                 |
|   | Итого  | 2                  |                            |
| 6 Быстрое преобразование Фурье.                     | Вычислительные преимущества быстрого преобразования Фурье.   | 2                  | ПК-8, ПК-9                 |
|   | Итого  | 2                  |                            |
| 7 Многоскоростные системы ЦОС.                      | Децимация с целым шагом.<br>Интерполяция с целым шагом.<br>Программная реализация дециматоров.<br>Программная реализация | 4                  | ПК-8, ПК-9                 |

|                  |                 |    |  |
|------------------|-----------------|----|--|
|                  | интерполяторов. |    |  |
|                  | Итого           | 4  |  |
| 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,<br>ч | Формируемые<br>компетенции |
|---|--|--------------------|----------------------------|
| 5 семестр   |  |                    |                            |
| 1 Аналоговый интерфейс ввода-вывода для систем ЦОС. | Процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой. Дискретизация низкочастотных и полосовых сигналов. Однородное и неоднородное квантование и кодирование. Процесс цифро-аналогового преобразования. | 2                  | ПК-9                       |
|   | Итого  | 2                  |                            |
| 2 Цифровые фильтры.                                 | Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтров. Методы реализации КИХ-фильтров. Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтров. Реализация БИХ-фильтров.   | 4                  | ПК-9                       |
|   | Итого  | 4                  |                            |
| 3 Эффекты квантования в цифровых фильтрах.          | Влияние конечной разрядности на цифровые КИХ и БИХ-фильтры. Ошибки квантования коэффициентов. Ошибки округления. Ошибки переполнения.  | 2                  | ПК-9                       |
|   | Итого  | 2                  |                            |
| 4 Описание дискретных сигналов в частотной области. | Преобразование Фурье и Z-преобразование. Обратное z-преобразование. Области применения z-преобразования в цифровой обработке сигналов.   | 2                  | ПК-9                       |
|   | Итого  | 2                  |                            |
| 5 Дискретное преобразование Фурье.                  | Ряд Фурье. Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Обратное дискретное преобразование Фурье.  | 2                  | ПК-9                       |
|   | Итого  | 2                  |                            |
| 6 Быстрое преобразование Фурье.                     | БПФ с децимацией во временной области. БПФ с частотной децимацией. Вычислительные преимущества быстрого преобразования Фурье.  | 2                  | ПК-9                       |
|   | Итого  | 2                  |                            |



|                                |  |    |      |
|--------------------------------|--|----|------|
| 7 Многоскоростные системы ЦОС. | Концепция обработки при нескольких скоростях. Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Многокаскадное преобразование частоты дискретизации. Программная реализация дециматоров. Программная реализация интерполяторов. | 4  | ПК-9 |
|                                | Итого  | 4  |      |
| Итого за семестр               |  | 18 |      |

### 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 Аналоговый интерфейс ввода-вывода для систем ЦОС. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2              | ПК-9,<br>ПК-8           | Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе          |
|   | Проработка лекционного материала              | 2              |                         |  |
|   | Оформление отчетов по лабораторным работам    | 2              |                         |  |
|   | Итого   | 6              |                         |  |
| 2 Цифровые фильтры.                                 | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4              | ПК-9,<br>ПК-8           | Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Экзамен |
|   | Проработка лекционного материала              | 4              |                         |  |
|   | Оформление отчетов по лабораторным работам    | 2              |                         |  |
|   | Итого   | 10             |                         |  |
| 3 Эффекты квантования в цифровых фильтрах.          | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2              | ПК-9,<br>ПК-8           | Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе          |
|   | Проработка лекционного материала              | 2              |                         |  |
|   | Оформление отчетов по лабораторным работам    | 2              |                         |  |
|   | Итого   | 6              |                         |  |
| 4 Описание дискретных сигналов в частотной области. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2              | ПК-9,<br>ПК-8           | Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях,                                       |

|                                    |   |    |            |  |
|------------------------------------|---|----|------------|--|
|                                    | Проработка лекционного материала              | 2  |            | Отчет по лабораторной работе   |
|                                    | Оформление отчетов по лабораторным работам    | 2  |            |  |
|                                    | Итого   | 6  |            |  |
| 5 Дискретное преобразование Фурье. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2  | ПК-9, ПК-8 | Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе          |
|                                    | Проработка лекционного материала              | 2  |            |  |
|                                    | Оформление отчетов по лабораторным работам    | 2  |            |  |
|                                    | Итого   | 6  |            |  |
| 6 Быстрое преобразование Фурье.    | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2  | ПК-9, ПК-8 | Домашнее задание, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе                              |
|                                    | Проработка лекционного материала              | 2  |            |  |
|                                    | Оформление отчетов по лабораторным работам    | 2  |            |  |
|                                    | Итого   | 6  |            |  |
| 7 Многоскоростные системы ЦОС.     | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2  | ПК-9, ПК-8 | Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Экзамен |
|                                    | Проработка лекционного материала              | 2  |            |  |
|                                    | Оформление отчетов по лабораторным работам    | 4  |            |  |
|                                    | Итого   | 8  |            |  |
| Итого за семестр                   |   | 48 |            |  |
|                                    | Подготовка к экзамену / зачету                | 36 |            | Экзамен  |
| Итого                              |   | 84 |            |  |

## 10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные 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                     |  |   |   |                  |
| Домашнее задание              | 4  | 4   | 2   | 10               |

|                              |    |    |    |     |
|------------------------------|----|----|----|-----|
| Контрольная работа           | 8  | 8  | 4  | 20  |
| Опрос на занятиях            | 4  | 4  | 2  | 10  |
| Отчет по лабораторной работе | 12 | 12 | 6  | 30  |
| Итого максимум за период     | 28 | 28 | 14 | 70  |
| Экзамен                      |    |    |    | 30  |
| Нарастающим итогом           | 28 | 56 | 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)   |
| 65 - 69                         |  |                         |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 60 - 64  | E (посредственно)       |
|                                 | Ниже 60 баллов   | F (неудовлетворительно) |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Цифровая мобильная радиосвязь [Текст] : учебное пособие для вузов / В. А. Галкин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Горячая линия - Телеком, 2012. - 592 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.)
2. Цифровая обработка сигналов : Учебное пособие для вузов / А. Б. Сергиенко. - 2-е изд. - СПб. : Питер, 2007. - 750[2] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.)

### 12.2. Дополнительная литература

1. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие для вузов / М. И. Курячий ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2006. - 175[1] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.)
2. Цифровая обработка сигналов : Пер. с англ. / А. В. Оппенгейм, Р. В. Шафер ; пер. : С. А. Кулешов ; ред. пер. : А. С. Ненашев. - М. : Техносфера, 2006. - 855[1] с. (наличие в библиотеке

## **12.3 Учебно-методические пособия**

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

1. Цифровая обработка сигналов: Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» (5 семестр) специальности «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (код 210700.62) / Гельцер А. А., Абенов Р. Р., Рогожников Е. В. - 2013. 25 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3464>, дата обращения: 23.01.2017.

2. Цифровая обработка сигналов. Часть 1: Методические указания по проведению практических занятий и организации самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 210700.62 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» / Абенов Р. Р. - 2014. 53 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3748>, дата обращения: 23.01.2017.

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

#### **Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

#### **Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

#### **Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

## **12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение**

1. <http://www.dsplib.ru/>

## **13. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

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

#### **13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения лекционных занятий используются аудитории 418, 419 и 420. Они имеют достаточное количество посадочных мест, а также проектор для показа презентационного материала.

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

Аудитории 309, 314-а и 314-б кафедры ТОР оборудованы компьютерами с установленным пакетом Scilab.

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

Аудитории 309, 314-а и 314-б кафедры ТОР оборудованы компьютерами с установленным пакетом Scilab.

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

Аудитории 309, 314-а и 314-б кафедры ТОР оборудованы компьютерами с установленным пакетом Scilab.

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

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

При обучении студентов с нарушениями слуха предусмотрено использование

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

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

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

#### 14. Фонд оценочных средств

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

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

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

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

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

| Категории студентов                           | Виды дополнительных оценочных средств   | Формы контроля и оценки результатов обучения   |
|---|---|--|
| С нарушениями слуха                           | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы                        | Преимущественно письменная проверка  |
| С нарушениями зрения                          | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам   | Преимущественно устная проверка (индивидуально)  |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата   | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами  |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы         | Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

##### 14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;

- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

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

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**Цифровая обработка сигналов**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

Направленность (профиль): **Защищенные системы и сети связи**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**

Кафедра: **РЗИ, Кафедра радиоэлектроники и защиты информации**

Курс: **3**

Семестр: **5**

Учебный план набора 2015 года

Разработчики:

- ст. преподаватель каф. ТОР Абенов Р. Р.
- доцент каф. ТОР Гельцер А. А.

Экзамен: 5 семестр

Томск 2017

## 1. Введение

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

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

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

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код  | Формулировка компетенции   | Этапы формирования компетенций  |
|------|--|---|
| 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 преобразования Фурье (ДПФ); алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ); принципы оценки шумов квантования в цифровых фильтрах с фиксированной точкой; принципы построения систем однократной интерполяции и децимации; ;   |
| 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 | Должен уметь объяснять математическое описание линейных дискретных систем в виде алгоритмов; выполнять компьютерное моделирование линейных дискретных систем на основе их математического описания; задавать требования к частотным характеристикам цифровых фильтров; обосновывать выбор типа цифрового фильтра, КИХ или БИХ (с конечной или бесконечной импульсной характеристикой); синтезировать цифровой фильтр и анализировать его характеристики средствами компьютерного моделирования; обосновывать выбор структуры цифрового фильтра; выполнять компьютерное моделирование структуры цифрового фильтра; вычислять ДПФ дискретного сигнала с помощью алгоритмов БПФ средствами компьютерного моделирования; объяснять принципы построения систем однократной интерполяции и децимации. ; |



|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | Должен владеть навыками составления математических моделей линейных дискретных систем и дискретных сигналов; навыками компьютерного 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 | Методы поиска и анализа технической информации. | Собирать и анализировать информацию техническую информацию из различных источников; Формировать исходные данные для проектирования систем цифровой обработки сигналов; | Навыками работы с технической документацией. |

|                                  |   |   |  |
|----------------------------------|---|---|--|
| Виды занятий                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка и сдача экзамена / зачета;</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка и сдача экзамена / зачета;</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>   |
| Используемые средства оценивания | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольная работа;</li> <li>• Домашнее задание;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Экзамен;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольная работа;</li> <li>• Домашнее задание;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Экзамен;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Домашнее задание;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Экзамен;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul> |

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

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав                                | Знать  | Уметь   | Владеть   |
|---------------------------------------|--|---|---|
| Отлично (высокий уровень)             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Знает методы поиска и анализа технической информации; ;</li> <li>• Знает основные этапы проектирования цифровых фильтров.;</li> </ul>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Осуществляет поиск и проводит анализ технической информации, представленной в различных источниках;;</li> <li>• Умеет проводить расчеты в соответствии с техническим заданием.;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Свободно ориентируется в технической информации;;</li> <li>• Уверенно формирует исходные данные для проектирования цифровых фильтров и систем цифровой обработки информации.;</li> </ul> |
| Хорошо (базовый уровень)              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Знает методы поиска и анализа технической информации;;</li> <li>• Представляет приемы и результаты анализа технической информации.;</li> </ul>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Осуществляет поиск и проводит анализ технической информации, представленной в различных источниках;;</li> <li>• Самостоятельно подбирает методы решения проблем.;</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Владеет навыками поиска и анализа технической информации;;</li> <li>• Владеет навыками работы с различными источниками информации. ;</li> </ul>  |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Дает определения основных понятий в цифровой обработке сигналов;;</li> <li>• Воспроизводит основные положения анализа технической информации.;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Умеет работать с технической документацией;;</li> <li>• Умеет представлять результаты своей работы.;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Владеет навыками поиска и анализа технической информации.;</li> <li>• Владеет терминологией предметной области знания;;</li> </ul>   |

## 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                | Основные этапы проектирования цифровых фильтров; Основные методы синтеза и анализа частотно-избирательных цифровых фильтров; Методы математического описания цифровых фильтров в виде структуры; Метод математического описания дискретных сигналов с помощью дискретного преобразования Фурье (ДПФ); Алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ); Принципы оценки шумов квантования в цифровых фильтрах с фиксированной точкой; Принципы построения систем однократной интерполяции и децимации. | Выполнять компьютерное моделирование линейных дискретных систем на основе их математического описания; Обосновывать выбор типа цифрового фильтра, КИХ или БИХ (с конечной или бесконечной импульсной характеристикой); Проводить расчеты для синтеза цифровых фильтров и анализировать его характеристики средствами компьютерного моделирования; Вычислять ДПФ дискретного сигнала с помощью алгоритмов БПФ средствами компьютерного моделирования. | Навыками компьютерного моделирования линейных дискретных систем; Навыками компьютерного проектирования цифровых фильтров; Навыками компьютерного вычисления ДПФ на основе БПФ. Принципами построения систем однократной интерполяции и децимации. |
| Виды занятий                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка и сдача экзамена / зачета;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> <li>• Подготовка и сдача экзамена / зачета;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Лабораторные занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>  |
| Используемые средства оценивания | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольная работа;</li> <li>• Домашнее задание;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Экзамен;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольная работа;</li> <li>• Домашнее задание;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Опрос на занятиях;</li> <li>• Экзамен;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Домашнее задание;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Экзамен;</li> <li>• Экзамен;</li> </ul>  |

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

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав                                | Знать   | Уметь  | Владеть   |
|---------------------------------------|---|--|---|
| Отлично (высокий уровень)             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Знает основные этапы проектирования цифровых систем;;</li> <li>• Знает основные алгоритмы цифровой обработки сигналов.;</li> <li>• Знает методы расчета цифровых фильтров.;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Умеет проводить расчеты цифровых фильтров, а также реализовывает основные блоки цифровой обработки сигналов в программном виде;;</li> <li>• Умело моделирует алгоритмы цифровой обработки сигналов в программной среде.;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Свободно владеет математическим аппаратом описания сигналов и линейных дискретных систем;;</li> <li>• Свободно владеет навыками расчета параметров систем цифровой обработки сигналов.;</li> </ul> |
| Хорошо (базовый уровень)              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Знает основные этапы проектирования цифровых систем;;</li> <li>• Знает основные алгоритмы цифровой обработки сигналов.;</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Самостоятельно реализовывает основные блоки цифровой обработки сигналов в программном виде. ;</li> <li>• Самостоятельно подбирает методы решения задач.;</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Владеет математическим аппаратом описания сигналов;;</li> <li>• Владеет навыками расчета параметров систем цифровой обработки сигналов.;</li> </ul>  |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Знает основные алгоритмы цифровой обработки сигналов.;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Способен в программном виде писать простые алгоритмы цифровой обработки сигналов. ;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Владеет математическим аппаратом описания сигналов. ;</li> <li>• Владеет терминологией предметной области знания.;</li> </ul>  |

### 3 Типовые контрольные задания

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

#### 3.1 Темы домашних заданий

– Методика работы с учебной и научной литературой. Оформление учебных работ. Работа в системе Scilab. Исследование моделей цепей и сигналов. Расчет цифровых фильтров. Расчет параметров дециматора и интерполятора.

#### 3.2 Темы опросов на занятиях

– Процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой. Дискретизация низкочастотных и полосовых сигналов. Однородное и неоднородное квантование и кодирование. Процесс цифро-аналогового преобразования.

– Введение в цифровые фильтры. Типы цифровых фильтров: КИХ-фильтры и БИХ-фильтры. Этапы разработки фильтра. Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтров. Методы реализации КИХ-фильтров. Методы расчета коэффициентов БИХ-фильтров. Реализация БИХ-фильтров.

– Влияние конечной разрядности на цифровые КИХ и БИХ-фильтры. Ошибки

квантования коэффициентов. Ошибки округления. Ошибки переполнения.

– Преобразование Фурье и Z-преобразование. Обратное z-преобразование. Области применения z-преобразования в цифровой обработке сигналов.

– Ряд Фурье. Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Обратное дискретное преобразование Фурье.

– Быстрое преобразование Фурье с децимацией во временной области. БПФ с частотной децимацией. Вычислительные преимущества быстрого преобразования Фурье.

### **3.3 Экзаменационные вопросы**

– Обобщенная схема ЦОС. Процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой. Дискретизация низкочастотных сигналов. Дискретизация полосовых сигналов. Однородное квантование и кодирование. Неоднородное квантование и кодирование. Выборка с запасом по частоте при аналогово-цифровом преобразовании. Процесс цифро-аналогового преобразования. Фильтры защиты от зеркальных частот. Выборка с запасом по частоте при цифро-аналоговом преобразовании. Свертка. Корреляция. ДПФ и обратное ДПФ. КИХ-фильтры и БИХ-фильтры. Цифровой фильтр. Основные характеристики. Критерий синтеза. Разностное уравнение как основа программной реализации цифрового фильтра. Этапы разработки цифровых фильтров. Линейная фазовая характеристика. Методы расчета коэффициентов КИХ-фильтра. Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Преобразование частоты дискретизации с нецелым шагом. Многокаскадное преобразование частоты дискретизации. Импульсная характеристика и передаточная функция.

### **3.4 Темы контрольных работ**

– Процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой.

– Шумы квантования АЦП (аналогово-цифровой преобразователь).

– Многокаскадная децимация и интерполяция.

### **3.5 Темы лабораторных работ**

– Однородное и неоднородное квантование и кодирование.

– Цифровые фильтры. Фильтр скользящего среднего.

– Влияние конечной разрядности на цифровые фильтры. Ошибки квантования коэффициентов. Ошибки округления.

– Преобразование Фурье и Z-преобразование.

– Дискретное преобразование Фурье. Обратное дискретное преобразование Фурье.

– Вычислительные преимущества быстрого преобразования Фурье.

– Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Программная реализация дециматоров. Программная реализация интерполяторов.

## **4 Методические материалы**

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

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

### **4.1. Основная литература**

1. Цифровая мобильная радиосвязь [Текст] : учебное пособие для вузов / В. А. Галкин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Горячая линия - Телеком, 2012. - 592 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.)

2. Цифровая обработка сигналов : Учебное пособие для вузов / А. Б. Сергиенко. - 2-е изд. - СПб. : Питер, 2007. - 750[2] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.)

### **4.2. Дополнительная литература**

1. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие для вузов / М. И. Курячий ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2006. - 175[1] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.)

2. Цифровая обработка сигналов : Пер. с англ. / А. В. Оппенгейм, Р. В. Шафер ; пер. : С. А. Кулешов ; ред. пер. : А. С. Ненашев. - М. : Техносфера, 2006. - 855[1] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.)

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

1. Цифровая обработка сигналов: Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Цифровая обработка сигналов» (5 семестр) специальности «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» (код 210700.62) / Гельцер А. А., Абенов Р. Р., Рогожников Е. В. - 2013. 25 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3464>, свободный.

2. Цифровая обработка сигналов. Часть 1: Методические указания по проведению практических занятий и организации самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 210700.62 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» / Абенов Р. Р. - 2014. 53 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/3748>, свободный.

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

1. <http://www.dsplib.ru/>