

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): **Системы мобильной связи**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**

Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**

Курс: **3, 4**

Семестр: **6, 7**

Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 6 семестр | 7 семестр | Всего | Единицы |
|---|-----------------------------|-----------|-----------|-------|---------|
| 1 | Лекции | 26 | 12 | 38 | часов |
| 2 | Практические занятия | 18 | 18 | 36 | часов |
| 3 | Лабораторные занятия | 16 | 16 | 32 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 60 | 46 | 106 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 48 | 62 | 110 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 108 | 108 | 216 | часов |
| 7 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | 36 | часов |
| 8 | Общая трудоемкость | 144 | 108 | 252 | часов |
| | | 4.0 | 3.0 | 7.0 | 3.Е |

Экзамен: 6 семестр

Зачет: 7 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.
РТС _____

Мелихов С. В.

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.13) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Вычислительная техника и информационные технологии, Программирование логических интегральных схем, Радиопередающие устройства систем мобильной связи, Радиоприемные устройства систем мобильной связи, Сигналы электросвязи.

Последующими дисциплинами являются: Теоретические основы систем мобильной связи.

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 атематического 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 7.0 зачетных единицы и представлена в

таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры | |
|---|-------------|-----------|-----------|
| | | 6 семестр | 7 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 106 | 60 | 46 |
| Лекции | 38 | 26 | 12 |
| Практические занятия | 36 | 18 | 18 |
| Лабораторные занятия | 32 | 16 | 16 |
| Самостоятельная работа (всего) | 110 | 48 | 62 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 32 | 14 | 18 |
| Проработка лекционного материала | 40 | 18 | 22 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 38 | 16 | 22 |
| Всего (без экзамена) | 216 | 108 | 108 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | |
| Общая трудоемкость час | 252 | 144 | 108 |
| Зачетные Единицы Трудоемкости | 7.0 | 4.0 | 3.0 |

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 | Аналоговый интерфейс ввода-вывода для систем ЦОС. | 6 | 4 | 2 | 14 | 26 | ПК-8, ПК-9 |
| 2 | Цифровые фильтры. | 4 | 4 | 4 | 8 | 20 | ПК-8, ПК-9 |
| 3 | Эффекты квантования в цифровых фильтрах. | 2 | 2 | 2 | 6 | 12 | ПК-8, ПК-9 |
| 4 | Описание дискретных сигналов в частотной области. | 6 | 2 | 2 | 6 | 16 | ПК-8, ПК-9 |
| 5 | Дискретное преобразование Фурье. | 2 | 2 | 2 | 6 | 12 | ПК-8, ПК-9 |
| 6 | Многоскоростные системы ЦОС. | 6 | 4 | 4 | 8 | 22 | ПК-8, ПК-9 |
| 7 | Оконные функции. | 6 | 6 | 6 | 28 | 46 | ПК-8, ПК-9 |
| 8 | Модуляция цифровых сигналов. | 6 | 12 | 10 | 34 | 62 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 38 | 36 | 32 | 110 | 216 | |

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 |
|---|--|-----------------|-------------------------|
| 6 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. | 6 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 6 | |
| 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. | 4 | ПК-8, 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-8, 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. | 6 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 6 | |
| 5 Дискретное преобразование Фурье. | Ряд Фурье. Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Обратное дискретное преобразование Фурье. | 2 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 6 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 | | 26 | |
| 7 семестр | | | |
| 7 Оконные функции. | Спектр ограниченного во времени сигнала. ДПФ ограниченного во времени сигнала. Использование оконного сглаживания. Коэффициент ослабления оконной функции. Основные частотные характеристики спектра оконной функции. Основные свойства оконной функции и их характеристики. | 6 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 6 | |
| 8 Модуляция цифровых сигналов. | Сигналы с двоичной фазовой манипуляцией. Спектр и векторная диаграмма BPSK сигнала. Относительная (дифференциальная) двоичная фазовая манипуляция (DBPSK). Кодирование одним символом двух бит передаваемой информации. Структурная схема QPSK модулятора. Квадратурная амплитудная модуляция QAM. | 6 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 12 | |
| Итого | | 38 | |

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

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

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| № | Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин | | | | | | | |
|---------------------------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | | | |
| 1 | Вычислительная техника и информационные технологии | + | | | | | | | |
| 2 | Программирование логических интегральных схем | + | + | + | + | + | + | | + |
| 3 | Радиопередающие устройства систем мобильной связи | + | + | | | + | | | + |
| 4 | Радиоприемные устройства систем мобильной связи | + | + | | | + | | | + |
| 5 | Сигналы электросвязи | + | + | | + | | | + | + |
| Последующие дисциплины | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|--|--|---|--|--|---|
| 1 | Теоретические основы систем мобильной связи | + | + | | | + | | | + |
|---|---|---|---|--|--|---|--|--|---|

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, Домашнее задание, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Зачет |
| ПК-9 | + | + | + | + | Контрольная работа, Домашнее задание, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Зачет |

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 |
|---|--|-----------------|-------------------------|
| 6 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 Многоскоростные системы ЦОС. | Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Программная реализация дециматоров. Программная реализация интерполяторов. | 4 | ПК-8, ПК-9 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 16 | |
| 7 семестр | | | |
| 7 Оконные функции. | Спектр ограниченного во времени сигнала. ДПФ ограниченного во времени сигнала. Использование оконного сглаживания. Коэффициент ослабления оконной функции. Основные частотные характеристики спектра оконной функции. Основные свойства оконной функции и их характеристики. | 6 | ПК-9 |
| | Итого | 6 | |
| 8 Модуляция цифровых сигналов. | Сигналы с двоичной фазовой манипуляцией. Спектр и векторная диаграмма BPSK сигнала. Относительная (дифференциальная) двоичная фазовая манипуляция (DBPSK). Кодирование одним символом двух бит передаваемой информации. Структурная схема QPSK модулятора. Квадратурная амплитудная модуляция QAM. | 10 | ПК-9 |
| | Итого | 10 | |
| Итого за семестр | | 16 | |
| Итого | | 32 | |

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 |
|-------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------|
| | | | |

| 6 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. | 4 | ПК-9 |
| | Итого | 4 | |
| 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 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 | |
| 7 семестр | | | |
| 7 Оконные функции. | Спектр ограниченного во времени сигнала. ДПФ ограниченного во времени сигнала. Использование оконного сглаживания. Коэффициент ослабления оконной функции. Основные частотные характеристики спектра оконной функции. Основные | 6 | ПК-9 |

| | | | |
|--------------------------------|--|----|------|
| | свойства оконной функции и их характеристики. | | |
| | Итого | 6 | |
| 8 Модуляция цифровых сигналов. | Сигналы с двоичной фазовой манипуляцией. Спектр и векторная диаграмма BPSK сигнала. Относительная (дифференциальная) двоичная фазовая манипуляция (DBPSK). Кодирование одним символом двух бит передаваемой информации. Структурная схема QPSK модулятора. Квадратурная амплитудная модуляция QAM. | 12 | ПК-9 |
| | Итого | 12 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 36 | |

9. Самостоятельная работа

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

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|----------------|-------------------------|--|
| 6 семестр | | | | |
| 1 Аналоговый интерфейс ввода-вывода для систем ЦОС. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 6 | ПК-9, ПК-8 | Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 6 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 14 | | |
| 2 Цифровые фильтры. | 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 | 4 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 8 | | |
| 3 Эффекты квантования в цифровых фильтрах. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-9, ПК-8 | Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной |
| | Проработка лекционного | 2 | | |

| | | | | |
|---|---|----|---------------|---|
| | материала | | | работе |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 6 | | |
| 4 Описание дискретных сигналов в частотной области. | 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 | | |
| 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 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 |
| 7 семестр | | | | |
| 7 Оконные функции. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 10 | ПК-9, ПК-8 | Домашнее задание, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Проработка лекционного материала | 10 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 8 | | |
| | Итого | 28 | | |
| 8 Модуляция цифровых сигналов. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 12 | ПК-9, ПК-8 | Домашнее задание, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Проработка лекционного материала | 12 | | |

| | | | | |
|------------------|--|-----|--|--|
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 10 | | |
| | Итого | 34 | | |
| Итого за семестр | | 62 | | |
| Итого | | 146 | | |

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 |
|-------------------------------|--|---|---|------------------|
| 6 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 |
| 7 семестр | | | | |
| Домашнее задание | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Зачет | | | 30 | 30 |
| Опрос на занятиях | 5 | 5 | | 10 |
| Отчет по лабораторной работе | 15 | 15 | 15 | 45 |
| Итого максимум за период | 25 | 25 | 50 | 100 |
| Нарастающим итогом | 25 | 50 | 100 | 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) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | 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 ТУСУР - 70 экз.)

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: 30.01.2017.
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: 30.01.2017.

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): **Системы мобильной связи**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**

Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**

Курс: **3, 4**

Семестр: **6, 7**

Учебный план набора 2016 года

Разработчики:

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

Экзамен: 6 семестр

Зачет: 7 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-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 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 атематического 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-8 | умением собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов | 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-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 3.

Таблица 3 – 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 | Выполнять компьютерное моделирование линейных дискретных систем на основе их математического описания; Обосновывать выбор типа цифрового фильтра, КИХ или БИХ | Навыками компьютерного моделирования линейных дискретных систем; Навыками компьютерного проектирования цифровых фильтров; Навыками |

| | | | |
|----------------------------------|--|--|--|
| | 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. | (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. | компьютерного вычисления ДПФ на основе БПФ. Принципами построения систем однократной интерполяции и децимации. |
| Виды занятий | <ul style="list-style-type: none"> • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета; | <ul style="list-style-type: none"> • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета; | <ul style="list-style-type: none"> • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | <ul style="list-style-type: none"> • Контрольная работа; • Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Экзамен; • Зачет; | <ul style="list-style-type: none"> • Контрольная работа; • Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Экзамен; • Зачет; | <ul style="list-style-type: none"> • Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Экзамен; • Зачет; |

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"> • Знает основные этапы проектирования цифровых систем;; • Знает основные алгоритмы цифровой обработки сигналов.; • Знает методы расчета цифровых фильтров.; | <ul style="list-style-type: none"> • Умеет проводить расчеты цифровых фильтров, а также реализовывает основные блоки цифровой обработки сигналов в программном виде;; • Умело моделирует алгоритмы цифровой обработки сигналов в программной среде.; | <ul style="list-style-type: none"> • Свободно владеет математическим аппаратом описания сигналов и линейных дискретных систем;; • Свободно владеет навыками расчета параметров систем цифровой обработки сигналов.; |

| | | | |
|---------------------------------------|--|--|--|
| Хорошо (базовый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • Знает основные этапы проектирования цифровых систем; • Знает основные алгоритмы цифровой обработки сигналов.; | <ul style="list-style-type: none"> • Самостоятельно реализовывает основные блоки цифровой обработки сигналов в программном виде. ; • Самостоятельно подбирает методы решения задач.; | <ul style="list-style-type: none"> • Владеет математическим аппаратом описания сигналов.; • Владеет навыками расчета параметров систем цифровой обработки сигналов.; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> • Знает основные алгоритмы цифровой обработки сигналов.; | <ul style="list-style-type: none"> • Способен в программном виде писать простые алгоритмы цифровой обработки сигналов. ; | <ul style="list-style-type: none"> • Владеет математическим аппаратом описания сигналов. ; • Владеет терминологией предметной области знания.; |

2.2 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 5.

Таблица 5 – 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"> • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета; | <ul style="list-style-type: none"> • Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета; | <ul style="list-style-type: none"> • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | <ul style="list-style-type: none"> • Контрольная работа; • Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; | <ul style="list-style-type: none"> • Контрольная работа; • Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; | <ul style="list-style-type: none"> • Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Экзамен; • Зачет; |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Экзамен; • Зачет; | <ul style="list-style-type: none"> • Экзамен; • Зачет; | |
|--|--|--|--|

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

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 Зачёт

– Спектр ограниченного во времени сигнала. ДПФ ограниченного во времени сигнала. Использование оконного сглаживания. Коэффициент ослабления оконной функции. Основные частотные характеристики спектра оконной функции. Основные свойства оконной функции и их характеристики. Сигналы с двоичной фазовой манипуляцией. Спектр и векторная диаграмма BPSK сигнала. Относительная (дифференциальная) двоичная фазовая манипуляция (DBPSK). Кодирование одним символом двух бит передаваемой информации. Структурная схема QPSK модулятора. Квадратурная амплитудная модуляция QAM.

3.2 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.

3.3 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.

– Спектр ограниченного во времени сигнала. ДПФ ограниченного во времени сигнала. Использование оконного сглаживания. Коэффициент ослабления оконной функции. Основные частотные характеристики спектра оконной функции. Основные свойства оконной функции и их характеристики.

– Сигналы с двоичной фазовой манипуляцией. Спектр и векторная диаграмма BPSK сигнала. Относительная (дифференциальная) двоичная фазовая манипуляция (DBPSK). Кодирование одним символом двух бит передаваемой информации. Структурная схема QPSK модулятора. Квадратурная амплитудная модуляция QAM.

3.4 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.

3.5 Темы контрольных работ

- Процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой.
- Шумы квантования АЦП (аналогово-цифровой преобразователь).
- Многокаскадная децимация и интерполяция.

3.6 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.
- Децимация с целым шагом. Интерполяция с целым шагом. Программная реализация дециматоров. Программная реализация интерполяторов.
- Спектр ограниченного во времени сигнала. ДПФ ограниченного во времени сигнала. Использование оконного сглаживания. Коэффициент ослабления оконной функции. Основные

частотные характеристики спектра оконной функции. Основные свойства оконной функции и их характеристики.

– Сигналы с двоичной фазовой манипуляцией. Спектр и векторная диаграмма BPSK сигнала. Относительная (дифференциальная) двоичная фазовая манипуляция (DBPSK). Кодирование одним символом двух бит передаваемой информации. Структурная схема QPSK модулятора. Квадратурная амплитудная модуляция QAM.

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/>