**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# Теоретические основы систем мобильной связи

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль) / специализация: **Системы мобильной связи**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 6 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 24 | 24 | часов |
| 2 | Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 18 | 18 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 60 | 60 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 48 | 48 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 108 | 108 | часов |
| 7 | Общая трудоемкость | 108 | 108 | часов |
| | | 3.0 | 3.0 | З.Е. |

Зачет: 6 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 25287

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 9 от «26» 4 2018 г.

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины 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 06.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

| | | |
|---|---|---|
| доцент каф. РТС | _____ | В. А. Кологривов |
| Заведующий обеспечивающей каф. РТС | _____ | С. В. Мелихов |

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

| | | |
|---|---|---|
| Декан РТФ | _____ | К. Ю. Попова |
| Заведующий выпускающей каф. РТС | _____ | С. В. Мелихов |

Эксперты:

| | | |
|---|---|---|
| Ст. преподаватель каф. РТС | _____ | Д. О. Ноздреватых |
| Доцент кафедры радиотехнических систем (РТС) | _____ | В. А. Громов |

Согласована на портале № 25287

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Ознакомить студентов с технологиями мобильной связи, а именно с: существующими системами беспроводного доступа, принципами функционирования, особенностями распространения радиоволн используемых диапазонов частот, влиянием многолучёвости каналов распространения, пропускной способностью беспроводных каналов, используемыми методами модуляции и помехоустойчивого кодирования, использованием пространственно-временных методов передачи, способами выравнивания характеристик канала, технологией модуляции на нескольких несущих, широкополосными системами передачи, технологиями мультиплексирования каналов, сотовой организацией сетей связи.

Сформировать готовность к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта (ПК-7), а также изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования (ПК-16).

### 1.2. Задачи дисциплины

– На конкретных примерах разобраться с вопросами модуляции, помехоустойчивого кодирования, множественного доступа, разделения каналов, синхронизацией.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Теоретические основы систем мобильной связи» (Б1.В.ДВ.4.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Линейная алгебра и аналитическая геометрия, Математические методы описания сигналов, Математический анализ, Основы функционального анализа, Цифровая обработка сигналов.

Последующими дисциплинами являются: Сети и системы мобильной связи, Системы мобильной связи на основе шумоподобных сигналов.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-7 готовностью к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта;

– ПК-16 готовностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** • физические основы и технические возможности современных технологий беспроводной связи; • области применения, типы контента и требования к качеству услуг, обеспечиваемых различными современными технологиями беспроводной связи.

– **уметь** • выбирать на практике тип современной технологии для организации беспроводной связи конкретного проекта; • разрабатывать и обосновывать соответствующие техническому заданию и современному уровню развития теории и техники структурные схемы систем связи и архитектуру соответствующих беспроводных сетей с учетом условий их эксплуатации, включая требования экономики, качества предоставляемых услуг, охраны труда и окружающей среды; • обоснованно выбирать функциональные блоки систем и сетей связи с учетом требований электромагнитной совместимости, технологичности, удобства и надежности эксплуатации, экономической и спектральной эффективности; • осуществлять расчет или обоснованный выбор значений параметров функциональных блоков систем связи на основе результатов анализа требований к качеству предоставляемых услуг, стремясь к их технико-экономической оптимизации; • проводить имитационный или натурный эксперимент по измерению основных показателей и характеристик систем и их функциональных блоков.

– **владеть** • первичными навыками выбора функциональных блоков систем связи и их объединения для совместной работы при составлении проекта системы, его реализации и технической эксплуатации; • навыками планирования имитационного и аппаратного эксперимента, проводимого с целью экспериментальной оценки основных характеристик качества функционирования устройств и систем, построенных на основе беспроводных технологий.

Согласована на портале № 25287

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 6 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 60 | 60 |
| Лекции | 24 | 24 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Лабораторные работы | 18 | 18 |
| Самостоятельная работа (всего) | 48 | 48 |
| Подготовка к лабораторным работам | 10 | 10 |
| Проработка лекционного материала | 20 | 20 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 18 | 18 |
| Всего (без экзамена) | 108 | 108 |
| Общая трудоемкость, ч | 108 | 108 |
| Зачетные Единицы | 3.0 | 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 | Лек., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | | | | |
| 1 Введение. Современные направления развития систем мобильной связи. | 2 | 4 | 2 | 6 | 14 | ПК-16, ПК-7 |
| 2 Модуляция сигналов в современных системах мобильной связи. | 4 | 4 | 12 | 14 | 34 | ПК-16, ПК-7 |
| 3 Кодирование сигналов в системах мобильной связи. | 4 | 4 | 4 | 8 | 20 | ПК-16, ПК-7 |
| 4 Многолучевое распространение сигналов мобильной связи. | 4 | 0 | 0 | 3 | 7 | ПК-16, ПК-7 |
| 5 Анализ канала связи. | 4 | 2 | 0 | 6 | 12 | ПК-16, ПК-7 |
| 6 Синхронизация в системах мобильной связи. | 4 | 2 | 0 | 7 | 13 | ПК-16, ПК-7 |
| 7 Широкополосная связь. Технологии с организацией пространственных каналов. | 2 | 2 | 0 | 4 | 8 | ПК-16, ПК-7 |
| Итого за семестр | 24 | 18 | 18 | 48 | 108 | |
| Итого | 24 | 18 | 18 | 48 | 108 | |

Согласована на портале № 25287

### 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 Введение. Современные направления развития систем мобильной связи. | Цели, задачи и содержание дисциплины. История мобильной связи. Основы функционирования. Современные системы мобильной связи и перспективы их развития. | 2 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Модуляция сигналов в современных системах мобильной связи. | Векторное представление сигналов. Основные понятия модуляции. Методы фазовой модуляции и вопросы помехоустойчивости. Методы частотной модуляции и вопросы помехоустойчивости. Модуляция на нескольких несущих. | 4 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Кодирование сигналов в системах мобильной связи. | Вопросы помехоустойчивого кодирования сигналов. Основные понятия. Кодирование формой. Алгебраическое кодирование. Циклическое кодирование. Сверточное кодирование. Сигнально-кодовые конструкции и турбо-коды. | 4 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| 4 Многолучевое распространение сигналов мобильной связи. | Искажения сигналов вызываемые многолучевым распространением. Математические модели многолучевых каналов связи. Способы приема сигналов в условиях многолучевого распространения. Оптимальные методы демодуляции сигналов в многолучевых каналах. | 4 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Анализ канала связи. | Понятие канала. Источники возникновения шумов и ослаблений сигнала. Мощность принятых сигнала и шума. Дистанционное уравнение. Анализ бюджета канала связи. | 4 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Синхронизация в системах мобильной связи. | Основные понятия теории автоматического регулирования. Системы фазовой автоподстройки. Системы синхронизации по несущей и тактам. Синхронизация при широкополосных сигналах. | 4 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Широкополосная связь. Технологии с организацией пространственных каналов. | Широкополосная связь с простыми и шумоподобными сигналами. Основы технологии кодового и кодово-временного разделения каналов. Основы технологии ортогонального частотного разделения каналов.Основы формирования пространственных | 2 | ПК-16, ПК-7 |

Согласована на портале № 25287

| | | | |
|---|---|---|---|
| | каналов. Системы со многими выходами и многими входами. Пространственно-временное кодирование. Пространственное мультиплексирование. | | |
| | Итого | 2 | |
| 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 Линейная алгебра и аналитическая геометрия | | + | + | + | + | + | |
| 2 Математические методы описания сигналов | + | + | + | | + | + | |
| 3 Математический анализ | | + | + | + | + | + | |
| 4 Основы функционального анализа | | + | + | + | + | + | |
| 5 Цифровая обработка сигналов | | + | + | | + | | |
| Последующие дисциплины | | | | | | | |
| 1 Сети и системы мобильной связи | | + | + | + | + | + | + |
| 2 Системы мобильной связи на основе шумоподобных сигналов | | + | + | + | + | + | |

### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ПК-7 | + | + | + | + | Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест |
| ПК-16 | + | + | + | + | Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

Согласована на портале № 25287

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | |
| 1 Введение. Современные направления развития систем мобильной связи. | Ознакомление со средой функционального моделирования. Функциональные блоки библиотечных модулей. | 2 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Модуляция сигналов в современных системах мобильной связи. | Исследование BPSK и QPSK модемов (классический вариант и с фазовым кодером). | 4 | ПК-16, ПК-7 |
| | Исследование Pi/4_QPSK и MSK модемов (классический вариант и с фазовым кодером). | 4 | |
| | Исследование BFSK и 4 FSK модемов. | 4 | |
| | Итого | 12 | |
| 3 Кодирование сигналов в системах мобильной связи. | Исследование алгебраического и циклического блочных кодеков. | 4 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 18 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | |
| 1 Введение. Современные направления развития систем мобильной связи. | Знакомство со средой, разделами библиотек, блоками основной библиотеки и установкой параметров. | 2 | ПК-16, ПК-7 |
| | Установка параметров блоков генераторов и осциллографов и отслеживание их влияния/ | 2 | |
| | Итого | 4 | |
| 2 Модуляция сигналов в современных системах мобильной связи. | Сборка и исследование простейшей функциональной модели BPSK модема с моделью канала распространения. | 2 | ПК-16, ПК-7 |
| | Отработка настройки параметров полосового и низкочастотного фильтров и оценка их влияния. | 2 | |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 25287

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 Кодирование сигналов в системах мобильной связи. | Сборка простейшей модели детектора ошибок. | 2 | ПК-16, ПК-7 |
| | Сборка универсальной модели измерителя мощности. | 2 | |
| | Итого | 4 | |
| 5 Анализ канала связи. | Отработка методики исследования спектральной и частотной эффективности простейшего модема. | 2 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Синхронизация в системах мобильной связи. | Сборка простейшей модели ГУНа. | 2 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 2 | |
| 7 Широкополосная связь. Технологии с организацией пространственных каналов. | Сборка простейшей модели BFSK модема/ | 2 | ПК-16, ПК-7 |
| | Итого | 2 | |
| 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 |
|---|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | | |
| 1 Введение. Современные направления развития систем мобильной связи. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-16, ПК-7 | Защита отчета, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Подготовка к лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 6 | | |
| 2 Модуляция сигналов в современных системах мобильной связи. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ПК-16, ПК-7 | Защита отчета, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 4 | | |
| | Подготовка к лабораторным работам | 6 | | |
| | Итого | 14 | | |
| 3 Кодирование сигналов в системах мобильной связи. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ПК-16, ПК-7 | Опрос на занятиях, Тест |

Согласована на портале № 25287

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Проработка лекционного материала | 4 | | |
| | Итого | 8 | | |
| 4 Многолучевое распространение сигналов мобильной связи. | Проработка лекционного материала | 3 | ПК-16, ПК-7 | Тест |
| | Итого | 3 | | |
| 5 Анализ канала связи. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-16, ПК-7 | Защита отчета, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Подготовка к лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 6 | | |
| 6 Синхронизация в системах мобильной связи. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4 | ПК-16, ПК-7 | Опрос на занятиях, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 3 | | |
| | Итого | 7 | | |
| 7 Широкополосная связь. Технологии с организацией пространственных каналов. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-16, ПК-7 | Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 4 | | |
| Итого за семестр | | 48 | | |
| Итого | | 48 | | |

## 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП.

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 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 | | | | |
| Защита отчета | 10 | 10 | 10 | 30 |
| Опрос на занятиях | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Отчет по лабораторной работе | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Тест | 10 | 15 | 15 | 40 |

Согласована на портале № 25287

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Итого максимум за период | 30 | 35 | 35 | 100 |
| Нарастающим итогом | 30 | 65 | 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) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 - 69 | |
| | 60 - 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Галкин В. А. Цифровая мобильная радиосвязь: Учебное пособие для вузов. Гриф УМО / В. А. Галкин.- 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Горячая линия-Телеком, 2012. - 592 с.: (Учебное пособие) (Специальность для высших учебных заведений). (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.)

2. Волков Л. Н. Системы цифровой радиосвязи. Базовые методы и характеристики: Учебное пособие для вузов / Л. Н. Волков, М. С. Немировский, Ю. С. Шинаков. - М.: Эко-трендз, 2005. - 390 с.: (Библиотека МТС & GSM). (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.)

### 12.2. Дополнительная литература

1. Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение: Учебное пособие для вузов: Пер. с англ. / Р. Морелос-Сарагоса; пер.: В. Б. Афанасьев. (Мир связи; IX, 05). - М.: Техносфера, 2006. - 319 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.)

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Модельное исследование сигнально-кодовых конструкций цифровой радиосвязи на основе BPSK и 8-PSK модуляций: Учебно-методическое пособие по лабораторной и самостоятельной работе и практическим занятиям / Кологривов В. А., Токбаева А. А. - 2017. 41 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7000, дата обращения: 08.05.2018.

2. Модельное исследование сигнально-кодовых конструкций цифровой радиосвязи на

Согласована на портале № 25287

основе BPSK и QPSK модуляций: Учебно-методическое пособие по лабораторной и самостоятельной работе и практическим занятиям / Кологривов В. А., Токбаева А. А. - 2017. 42 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6999, дата обращения: 08.05.2018.

3. Исследование сверхширокополосной многоканальной системы на основе производных Гауссова импульса: Учебно-методическое пособие по лабораторной и самостоятельной работе и практическим занятиям / Кологривов В. А., Базарсадуева А. Б. - 2017. 30 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6991, дата обращения: 08.05.2018.

4. Исследование сверхширокополосной многоканальной системы на основе производных импульса Рэлея: Учебно-методическое пособие по лабораторной и самостоятельной работе и практическим занятиям / Кологривов В. А., Базарсадуева А. Б. - 2017. 30 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6992, дата обращения: 08.05.2018.

5. Исследование MSK модема (реализация с фазовым кодером): Учебно-методическое пособие по лабораторной работе / Кологривов В. А. - 2012. 39 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1525, дата обращения: 08.05.2018.

6. Исследование QPSK модема (реализация с фазовым кодером): Учебно-методическое пособие по лабораторной работе / Кологривов В. А. - 2012. 35 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1532, дата обращения: 08.05.2018.

7. Исследование Pi/4_QPSK модема (реализация с фазовым кодером): Учебно-методическое пособие по лабораторной работе / Кологривов В. А. - 2012. 38 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1527, дата обращения: 08.05.2018.

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и 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. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. eLIBRARY.RU Крупнейший российский информационный портал в области науки, тех-
2. нологии, медицины и образования. www.elibrary.ru Доступ свободный

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

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

#### 13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

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

Специализированная учебная аудитория

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для про-

Согласована на портале № 25287

ведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 427 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнито-маркерная;
- Компьютер;
- Плазменная панель;
- Сервер (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– Microsoft Windows XP
– Scilab

**13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Специализированная учебная аудитория

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 427 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнито-маркерная;
- Компьютер;
- Плазменная панель;
- Сервер (2 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– Microsoft Windows XP
– Scilab

**13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

Согласована на портале № 25287

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

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **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 комфортного просмотра.

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

## 14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

#### 14.1.1. Тестовые задания

1. Назначение операции скремблирования потока данных:

1 Для снижения полосы пропускания системы связи;

2 Для повышения энергетической эффективности системы передачи;

3 Для улучшения статистических свойств потока (выравнивание вероятностей появления 0 и 1) и обеспечения устойчивости системы синхронизации;

4 Для увеличения скорости передачи данных.

2. Наиболее помехоустойчивый вид цифровой фазовой манипуляции:

1 Pi/4 PSK;

2 BPSK;

3 QPSK;

4 16 QAM.

3. Наивысшую скорость передачи из перечисленных модуляций обеспечивает:

1 BPSK;

2 BFSK;

3 8 PSK;

4 16 PSK.

4. Канальное кодирование используется для:

1 Обнаружения и исправления ошибок передачи;

2 Сокращения объема передаваемых данных;

3 В основном для предотвращения несанкционированного доступа;

4 Исключения межсимвольной интерференции (MSI).

5. Современная технология основанная на использовании алгоритма быстрого преобразования Фурье (FFT):

1 CDMA;

2 TDMA;

3 OFDM;

Согласована на портале № 25287

4 MIMO.

6. Современная технология, позволяющая и/или: снизить вероятность ошибочного приема, повысить скорость передачи данных, снизить требуемое отношение сигнал/шум, бороться с многолучёвостью и федингом каналов:

1 OFDM;

2 Многоантенная технология передачи данных (MIMO);

3 Сверхширокополосная связь (UWB);

4 CDMA.

7. Отличительной особенностью технологии кодового разделения каналов (CDMA) является:

1 Введение защитного интервала;

2 Применение помехоустойчивых кодов;

3 Применение высокоуровневой модуляции;

4 Корреляционная обработка сигнала.

8. При декодировании сверточных кодов используется:

1 Введение защитного интервала;

2 Применение помехоустойчивых кодов;

3 Применение высокоуровневой модуляции;

4 Корреляционная обработка сигнала.

8. При декодировании сверточных кодов используется:

1 Алгоритм быстрого преобразования Фурье (FFT);

2 Алгоритм Витерби;

3 Операция скремблирования потока данных;

4 Многоантенная технология.

9. Увеличение избыточности для повышения помехоустойчивости кода в системах реального времени сдерживается:

1 Уровнем используемой модуляции;

2 Снижением реальной скорости передачи данных;

3 Снижением энергии передаваемых символов (битов);

4 Межсимвольной интерференцией.

10. В свое время циклические коды получили широкое распространение благодаря:

1 Простоте технической реализации регистров сдвига с обратными связями;

2 Возможности использования полиномиальной алгебры;

3 Возможности организации как систематического, так и несистематического кодирования;

4 Блочной природе циклических кодов.

11. Эффективным способом борьбы с межсимвольной интерференцией (MSI) в узкополосных системах передачи является:

1 Увеличение отношения сигнал/шум (SNR);

2 Применение адаптивной фильтрации;

3 Применение помехоустойчивого кодирования;

4 Шифрование данных.

12. Межсимвольная интерференция (MSI) является чаще всего следствием:

1 Малого отношения сигнал/шум (SNR);

2 Использования помехоустойчивых кодов;

3 Многолучевого распространения радиосигнала;

4 Перемежения данных (Interliving).

Согласована на портале № 25287

13. Эффективным способом снижения кратности ошибок передачи является:
1 Адаптивная фильтрация;
2 Скремблирование данных;
3 Масштабирование данных;
4 Каскадное кодирование и перемежение данных (Interliving).

14. Феднинг канала распространения радиосигнала проявляется в виде:
1 Медленных провалов уровня сигнала вследствие многолучевого распространения и интерференции;
2 Искажения формы принимаемых сигналов;
3 Изменения отношения максимального уровня к среднему (пик-фактора);
4 Появления высокого уровня нелинейных искажений.

15. Защитный интервал в технологии OFDM предназначен для борьбы:
1 С быстрыми замираниями;
2 С межсимвольной интерференцией (MSI);
3 С медленными замираниями;
4 Федингом канала распространения радиосигнала.

16. Тестирование и выравнивание канала передачи данных в технологии OFDM заключается в:
1 Использовании каскадного кодирования и перемежения данных (Interliving);
2 Использовании адаптивной модуляции;
3 Использовании пилот-сигналов, аппроксимации и выравнивании принятых сигналов;
4 Использовании адаптивной фильтрации.

17. Технология кодового разделения каналов (CDMA) является:
1 Одним из способов повышения спектральной эффективности;
2 Одним из способов помехоустойчивого кодирования;
3 Одним из способов борьбы с кратными ошибками;
4 Одним из способов борьбы с многолучевостью распространения радиосигнала.

18. Основным недостатком технологии OFDM является:
1 Наличие пик-фактора используемых сигналов;
2 Использование защитных интервалов;
3 Использование пилот-сигналов;
4 Применение алгоритма быстрого преобразования Фурье (FFT).

19. Технология передачи данных без использования несущего колебания:
1 CDMA;
2 UWB;
3 TDMA;
4 FDMA.

20. Недостатком (особенностью) несистематических кодов по сравнению с систематическими является:
1 Высокую спектральную эффективность;
2 Необходимость применения скремблирования данных;
3 Необходимость повторного декодирования;
4 Низкая исправляющая способность.

21. Спектральная эффективность определяется как:
1 Полоса частот, при которой наблюдается минимум ошибок передачи;

Согласована на портале № 25287

2 Полоса частот, при которой наблюдается минимум отношения сигнал/шум (SNR);
3 Полоса частот необходимая для достижения максимальной скорости передачи;
4 Отношение скорости передачи данных на 1 Гц используемой полосы частот.

22. Энергетическая эффективность оценивается как:
1 Отношение энергия бита к спектральной плотности шума необходимое для передачи одного бита данных с заданной вероятностью ошибки;
2 Мощность сигнала необходимая для передачи одного бита;
3 Отношение сигнал/шум необходимое для передачи одного бита;
4 Энергия бита необходимая для передачи одного бита.

23. Относительные (дифференциальные) виды фазовой модуляции предпочтительны в связи:
1 С тем, что относительная модуляция гарантирует высокую спектральную эффективность;
2 С применением предварительного относительного кодирования данных, гарантирующего правильный захват фазы системой ФАПЧ в приемнике;
3 С тем, что относительная модуляция гарантирует высокую энергетическую эффективность;
4 С тем, что относительная модуляция позволяет увеличить скорость передачи данных.

24. Модуляция OQPSK предпочтительно по сравнению с QPSK, так как:
1 Модуляция OQPSK более спектрально – эффективна;
2 Модуляция OQPSK более энергетически эффективна;
3 Снижает максимальный скачок фазы с pi радиан до pi/2 радиан, что способствует снижению уровня нелинейных искажений в усилителе мощности;
4 Модуляция OQPSK более помехоустойчива.

25. Синдром ошибки зависитот:
1 Места возникновения ошибки в символе и от символа;
2 Символа и не зависит от места;
3 Только от символа;
4 Места возникновения ошибки в символе и не зависит от символа.

26. Синдром ошибки это:
1 Двоичный вектор характеризующий место возникновения ошибочного бита в символе;
2 Коэффициент характеризующий уровень ошибок;
3 Коэффициент характеризующий отличие кодового символа от информационного;
4 Матрица характеризующая связь символа и вектора ошибки.

### 14.1.2. Темы лабораторных работ

Ознакомление со средой функционального моделирования. Функциональные блоки библиотечных модулей.
Исследование BPSK и QPSK модемов (классический вариант и с фазовым кодером).
Исследование Pi/4_QPSK и MSK модемов (классический вариант и с фазовым кодером).
Исследование BFSK и 4 FSK модемов.
Исследование алгебраического и циклического блочных кодеков.

### 14.1.3. Темы опросов на занятиях

Понятие цифровой модуляции.
Методы демодуляции цифровых радиосигналов.
Методы канального помехоустойчивого кодирования.
Принципы расширения спектра сигналов.
Основные способы преодоления вредного влияния многолучевого распространения.
Идея пространственного разнесения каналов.
Виды синхронизации беспроводных систем передачи данных.

Согласована на портале № 25287

**14.1.4. Зачёт**

1. Понятие цифровой модуляции.

2. Методы демодуляции цифровых радиосигналов.

3. Методы канального помехоустойчивого кодирования.

4. Принципы расширения спектра сигналов.

5. Основные способы преодоление вредного влияния многолучевого распространения.

6. Идея пространственного разнесения каналов.

7. Виды синхронизации беспроводных систем передачи данных.

8. Методы PSK-модуляции.

9. Методы FSK-модуляции.

10. Технология FDMA.

11. Технология TDMA.

12. Технология CDMA.

13. Сигнально-кодовые конструкции (СКК) (TCM).

14. Блочное-алгебраическое кодирование.

15. Блочное циклическое кодирование.

16. Сверточное кодирование.

17. Алгоритм Витерби.

18. Межсимвольная интерференция (МСИ) (ISI).

19. Проблема собственных значений и векторов линейной системы уравнений и аналитическая функция матричного аргумента.

20. Эквалайзер GSM.

21. Относительное (дифференциальное) кодирование.

22. Схемы ФАПЧ.

23. Связь на шумоподобных сигналах (ШПС).

24. Технология OFDMA.

25. Многолучевое распространение.

26. Технология MIMO.

Согласована на портале № 25287

27. Коды Рида-Соломона (РС).

28. Анализ бюджета канала связи.

29. Энергетическая и спектральная эффективности каналов связи.

30. Синхронизация в цифровой радиосвязи.

31. Компромиссы при использовании модуляции и кодирования.

32. Корреляционный прием.

33. Схема прямого преобразования как основной способ приема узкополосных цифровых сигналов.

### 14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | 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 материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов 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.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся 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 лиц с ограниченными возможностями здоро-

Согласована на портале № 25287

вья и 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 лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 25287