**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

# Моделирование устройств радиоэлектронных систем

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.01 Радиотехника**
Направленность (профиль) / специализация: **Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **ТОР, Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 6 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 36 | 36 | часов |
| 2 | Практические занятия | 40 | 40 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 32 | 32 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 108 | 108 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 36 | 36 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 144 | 144 | часов |
| 7 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 8 | Общая трудоемкость | 180 | 180 | часов |
| | | 5.0 | 5.0 | З.Е. |

Экзамен: 6 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 38801

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 15 от «28» 6 2018 г.

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.01 Радиотехника, утвержденного 06.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОР «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

доцент каф. ТОР _____ А. Я. Демидов

ассистент каф. ТОР _____ Я. В. Крюков

Заведующий обеспечивающей каф. ТОР _____ А. А. Гельцер

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан РТФ _____ К. Ю. Попова

Заведующий выпускающей каф. ТОР _____ А. А. Гельцер

Эксперты:

Заведующий кафедрой телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР) _____ А. А. Гельцер

Доцент кафедры телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР) _____ С. И. Богомолов

Согласована на портале № 38801

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Базовая теоретическая подготовка по методам и основам моделирования.

Освоение методов имитационного моделирования.

Освоение современных инструментов моделирования.

### 1.2. Задачи дисциплины

– Освоение методологических основ моделирования и принципов системного подхода

– Получение устойчивых навыков практической работы по моделирования беспроводных систем связи.

–

–

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Моделирование устройств радиоэлектронных систем» (Б1.В.ДВ.8.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Общая теория радиосвязи.

Последующими дисциплинами являются: Методы моделирования и оптимизации радиоэлектронных систем, Многоканальные цифровые системы передачи.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-1 способностью выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** основы имитационного моделирования; основы планирования эксперимента.

– **уметь** строить имитационные модели устройств радиоэлектронных систем; анализировать чувствительность ранее построенной модели; формулировать задачи, которые необходимо решить имитационным моделированием.

– **владеть** современными технологиями имитационного моделирования; навыками планирования и проведения эксперимента.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 6 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 108 | 108 |
| Лекции | 36 | 36 |
| Практические занятия | 40 | 40 |
| Лабораторные работы | 32 | 32 |
| Самостоятельная работа (всего) | 36 | 36 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 10 | 10 |
| Проработка лекционного материала | 16 | 16 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 10 | 10 |
| Всего (без экзамена) | 144 | 144 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |

Согласована на портале № 38801

| | | |
|---|---|---|
| Общая трудоемкость, ч | 180 | 180 |
| Зачетные Единицы | 5.0 | 5.0 |

## 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 Методологические основы моделирования | 2 | 0 | 4 | 3 | 9 | ПК-1 |
| 2 Моделирование радиоэлектронных устройств и каналов связи | 4 | 8 | 8 | 4 | 24 | ПК-1 |
| 3 Моделирование сигналов в системах передачи информации | 8 | 14 | 8 | 6 | 36 | ПК-1 |
| 4 Моделирование каналов с множественным доступом | 4 | 0 | 0 | 2 | 6 | ПК-1 |
| 5 Моделирование сигналов с расширением спектра | 4 | 6 | 4 | 6 | 20 | ПК-1 |
| 6 Моделирование пространственно-временного кодирования | 2 | 0 | 0 | 2 | 4 | ПК-1 |
| 7 Моделирование систем мобильной связи третьего поколения | 6 | 8 | 8 | 6 | 28 | ПК-1 |
| 8 Моделирование радиорелейных систем связи | 2 | 4 | 0 | 4 | 10 | ПК-1 |
| 9 Моделирование спутниковых систем связи | 4 | 0 | 0 | 3 | 7 | ПК-1 |
| Итого за семестр | 36 | 40 | 32 | 36 | 144 | |
| Итого | 36 | 40 | 32 | 36 | 144 | |

### 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 Методологические основы моделирования | Основные положения, Классификация моделей, Принципы построение математических моделей, Принципы системного подхода в моделировании, Понятие о вычислительном эксперименте | 2 | ПК-1 |

Согласована на портале № 38801

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Итого | 2 | |
| 2 Моделирование радиоэлектронных устройств и каналов связи | Цифровой канал связи, модели физических каналов, линейный фильтрующий канал, линейный фильтрующий канал с переменными параметрами | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Моделирование сигналов в системах передачи информации | Представление полосовых сигналов, комплексная огибающая, векторное представление сигнала, квадратурный модулятор, межсимвольная интерференция фильтр Найквиста, формирующий фильтр Найквиста для устранения МСИ, физически-реализуемый формирующий фильтр «приподнятого косинуса», формирующий фильтр для согласованного приема сигналов. Фильтр «корень из приподнятого косинуса», квадратурная фазовая модуляция (QPSK), структурная схема QPSK модулятора, моделирование спектра QPSK сигнала с помощью фильтров Найквиста, модуляция π/4DQPSK,ортогональная модуляция, биортогональные сигналы, демодуляция (корреляционный прием) ортогональных сигналов, оценки помехоустойчивости при когерентном приеме, ортогональное частотное мультиплексирование данных (OFDM) | 8 | ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| 4 Моделирование каналов с множественным доступом | Множественный доступ с частотным разделением, множественный доступ с временным разделением, множественный доступ с кодовым разделением, множественной доступ с ортогональным частотным мультиплексированием (OFDMA) | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Моделирование сигналов с расширением спектра | Псевдослучайные последовательности и их свойства, линейные последовательности максимальной длины (m-последовательности), последовательности Голда (g-последовательности), последовательности Касами (k-последовательности). | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Моделирование пространственно-временного кодирования | Канал передачи данных для систем MIMO 2×2, методы оценки сообщения по принимаемому сигналу | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 7 Моделирование систем мобильной связи третьего поколения | Системы GSM, радиодоступ, системы UMTS и EDGE, CDMA2000, эволюция систем подвижной связи второго поколения в системы третьего поколения, дуплексная передача данных, оборудование подвижной связи, канал синхронизации, передача соединения – хэндовер, пакеты данных и произвольного доступа, физические восходящий и нисходящий разделяемые каналы, помеховое влияние пользователей друг на друга | 6 | ПК-1 |

Согласована на портале № 38801

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Итого | 6 | |
| 8 Моделирование радиорелейных систем связи | Общие принципы построения РРЛ, построение пролетов ЦРРЛ, расчет уровней сигналов | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 9 Моделирование спутниковых систем связи | Спутниковые системы связи с использованием геостационарных ретрансляторов, спутниковые системы связи с использованием негеостационарных | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 36 | |

### 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 | 9 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | | | |
| 1 Общая теория радиосвязи | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Последующие дисциплины | | | | | | | | | |
| 1 Методы моделирования и оптимизации радиоэлектронных систем | | | | | + | | | | |
| 2 Многоканальные цифровые системы передачи | | | | + | | | + | | |

### 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-1 | + | + | + | + | Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Согласована на портале № 38801

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | |
| 1 Методологические основы моделирования | Библиотеки Simulink, создание простой модели | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 2 Моделирование радиоэлектронных устройств и каналов связи | Моделирование передающей части цифровой системы связи | 8 | ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| 3 Моделирование сигналов в системах передачи информации | Моделирование приемника цифровой системы связи | 8 | ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| 5 Моделирование сигналов с расширением спектра | Моделирование системы восстановления несущего колебания | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Моделирование систем мобильной связи третьего поколения | Моделирование петли символьной синхронизации | 8 | ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| Итого за семестр | | 32 | |

## 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 | | | |
| 2 Моделирование радиоэлектронных устройств и каналов связи | Цифровая многопозиционная модуляция QAM, APSK | 8 | ПК-1 |
| | Итого | 8 | |
| 3 Моделирование сигналов в системах передачи информации | OFDM модуляция, формирование OFDM символа | 6 | ПК-1 |
| | аврв | 8 | |
| | Итого | 14 | |
| 5 Моделирование сигналов с расширением спектра | Алгоритм генерирования м-последовательности, последовательности Голда и Касами. | 6 | ПК-1 |
| | Итого | 6 | |
| 7 Моделирование систем мобильной связи третьего поколения | Системы GSM, радиодоступ, системы UMTS и EDGE, CDMA2000, эволюция систем подвижной связи второго поколения в системы третьего поко- | 8 | ПК-1 |

Согласована на портале № 38801

| | | | |
|---|---|---|---|
| | ления, дуплексная передача данных, оборудование подвижной связи, канал синхронизации, передача соединения – хэндовер, пакеты данных и произвольного доступа, физические восходящий и нисходящий разделяемые каналы, помеховое влияние пользователей друг на друга | | |
| | Итого | 8 | |
| 8 Моделирование радиорелейных систем связи | Расчет пролета РРЛ прямой видимости | 4 | ПК-1 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 40 | |

## 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 Методологические основы моделирования | Проработка лекционного материала | 1 | ПК-1 | Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 3 | | |
| 2 Моделирование радиоэлектронных устройств и каналов связи | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-1 | Домашнее задание, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 3 Моделирование сигналов в системах передачи информации | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-1 | Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 6 | | |
| 4 Моделирование каналов с множественным доступом | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-1 | Опрос на занятиях, Тест |
| | Итого | 2 | | |
| 5 Моделирование сигналов с расширением | Подготовка к практическим занятиям, семина- | 2 | ПК-1 | Домашнее задание, Конспект самоподготов- |

Согласована на портале № 38801

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| спектра | рам | | | ки, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 6 | | |
| 6 Моделирование пространственно-временного кодирования | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-1 | Конспект самоподготовки |
| | Итого | 2 | | |
| 7 Моделирование систем мобильной связи третьего поколения | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-1 | Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 6 | | |
| 8 Моделирование радиорелейных систем связи | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПК-1 | Домашнее задание, Конспект самоподготовки |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 9 Моделирование спутниковых систем связи | Проработка лекционного материала | 3 | ПК-1 | Опрос на занятиях |
| | Итого | 3 | | |
| Итого за семестр | | 36 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 72 | | |

## 10. Курсовой проект / курсовая работа

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 | | | | |
| Домашнее задание | 8 | 8 | 4 | 20 |
| Конспект самоподготовки | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Опрос на занятиях | 4 | 4 | 2 | 10 |

Согласована на портале № 38801

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Отчет по лабораторной работе | 10 | 10 | 5 | 25 |
| Итого максимум за период | 27 | 27 | 16 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 27 | 54 | 70 | 100 |

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Цифровая мобильная радиосвязь: 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.)

### 12.2. Дополнительная литература

1. Волков Л.Н., и др. Системы цифровой радиосвязи: Учебн. пособие. - М.: Эко-Трендз, 2005. – 392с (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.)

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Моделирование устройств для систем беспроводной связи [Электронный ресурс]: Методическое пособие для практических занятий и организации самостоятельной работы студентов направления 210700.62 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» / Абенов Р. Р. - 2014. 96 с. - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3866 (дата обращения: 16.07.2018).
2. Моделирование устройств для систем беспроводной связи [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторным работам для студентов направления 210700.62 «Инфокомму-

Согласована на портале № 38801

никационные технологии и системы связи» / Абенов Р. Р. - 2014. 60 с. - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3865 (дата обращения: 16.07.2018).

3. Математическое моделирование радиотехнических устройств и систем [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие к практическим занятиям и организации самостоятельной работы / Абенов Р. Р., Гельцер А. А. - 2013. 21 с. - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/2948 (дата обращения: 16.07.2018).

### 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. При изучении дисциплины рекомендуется использовать базы данных и информационно-справочные системы, к которым у ТУСУРа есть доступ https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

## 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

Учебная аудитория «Вычислительный зал» / Компьютерный класс

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 318 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска маркерная;
- Экран для проектора;
- 8 рабочих станций на базе процессоров AMD Athlon II X2;
- 2 рабочих станций на базе процессоров Core 2 Duo;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip
- Adobe Acrobat Reader
- Algorithm Builder

Согласована на портале № 38801

- Altera Quartus Prime Lite Edition
- Far Manager
- Google Chrome
- Keysight Advanced Design System (ADS)
- Keysight Electromagnetic Professional (EMPro)
- Keysight SystemVue
- LibreOffice
- Microsoft Windows 7 Pro
- Mozilla Firefox
- Mozilla Thunderbird
- Net-Simulator
- PDFCreator
- PTC Mathcad13, 14
- Qt Framework (Open Source)
- ScicosLab
- Scilab
- Tracker PDF-XChange Viewer
- WinDjView
- XnView

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

Учебная аудитория «Цифровая связь» основана совместно с Keysight Technologies

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 309 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- 10 рабочих станций на базе процессоров Intel Core i5;
- Доска магнитно-маркерная Brauberg;
- Отладочные платы DE0-NANO на базе ПЛИС Altera Cyclone IV (4 шт.);
- Отладочные платы DE0-CV-board на базе ПЛИС Cyclone V (6 шт.);
- Стойки с телекоммуникационным оборудованием "TETRA" (оборудование транкинговой беспроводной связи) с системой питания и вентиляции;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip
- Adobe Acrobat Reader
- Far Manager
- Google Chrome
- Keysight Advanced Design System (ADS)
- Keysight Electromagnetic Professional (EMPro)
- Keysight SystemVue
- LibreOffice
- Mathworks Matlab
- Microsoft Office 2010 и ниже
- Microsoft Windows 8.1 и ниже
- Mozilla Firefox
- Mozilla Thunderbird
- Oracle VirtualBox
- PDFCreator
- PTC Mathcad13, 14

Согласована на портале № 38801

- ScicosLab
- Scilab
- Tracker PDF-XChange Viewer
- Velleman PcLab2000LT
- WinDjView
- XnView

#### 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.

### 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

Множественной доступ с ортогональным частотным разделением, условия отсутствия меж-

Согласована на портале № 38801

канальных помех:

1) Каждый канал ведет передачу на поднесущих в выделенной полосе частот, условием отсутствия межканальных помех является ортогональность поднесущих в выделенной системе полосе частот

2) Каждый канал ведет передачу на поднесущих в выделенной полосе частот, условием отсутствия межканальных помех является фильтрация канальных сигналов по частоте;

3) Каждый канал ведет передачу на поднесущих в выделенной полосе частот, условием отсутствия межканальных помех является введение защитного интервала в OFDM символ;

4) Каждый канал ведет передачу на поднесущих в выделенной полосе частот, условием отсутствия межканальных помех является введение защитного интервала по частоте

Квадратурное представление узкополосного сигнала:

1) $S(t) = i(t)\cos(\omega t) - q(t)\sin(\omega t)$, где i(t) и q(t) медленно меняющиеся амплитуды, соответственно синфазная и квадратурная

2) $S(t) = A(t)\cos(\omega t)$, где A(t) действительная медленно меняющаяся амплитуда

3) $S(t) = i(t)\cos(\omega t) - q(t)\sin(\omega t)$, где i(t) и q(t) комплексные медленно меняющиеся амплитуды, соответственно, синфазная и квадратурная

4) $S(t) = i(t)\cos(\omega t)$ где i(t) комплексная медленно меняющаяся амплитуда

Определение OFDM символа:

1) Дискретные отсчеты OFDM символа являются результатом выполнения обратного дискретного преобразования Фурье, в коэффициенты которого отображены символы сообщения

2) Дискретные отсчеты OFDM символа являются результатом выполнения прямого дискретного преобразования Фурье

3) Дискретные отсчеты OFDM символа являются результатом выполнения прямого дискретного преобразования Фурье,в коэффициенты которого отображены символы сообщения

4) Дискретные отсчеты OFDM символа являются результатом выполнения обратного дискретного преобразования Фурье

Символ модуляции в цифровых каналах связи...:

1) Определенный на конечном интервале времени сигнал, переносящий биты сообщения.

2) Определенный на конечном интервале времени сигнал, в параметры которого отображены (записаны) биты сообщения.

3) Транспортный сигнал, переносящий информацию

4) Битовый сигнал, переносящий сообщение

Какими параметрами определяется требуемая полоса пропускания цифрового канала связи:

1) Скоростью передачи информации

2) Скоростью передачи информации и скоростью канального кодирования

3) Скоростью канального кодирования

4) Скоростью передачи символа модуляции

Какому условию должны удовлетворять генерирующие полиномы М-последовательности:

1) Ортогональности

2) Полиномы должны быть простыми

3) Степень полинома должна быть равна длине регистра сдвига

4) Коэффициенты полинома могут принимать значения 0 или 1

Широкополосные сигналы это:

1) Сигналы для которых произведение ширины спектра на интервал определения намного больше единицы

2) Сигналы с шириной спектра намного большей несущей

3) Сигналы с шириной спектра сравнимой с несущей

4) Сигналы с высокой скоростью передачи информации

Широкополосные каналы связи это:

1) Каналы с шириной спектра сигнала намного большей скорости передачи информации

2) Каналы с шириной спектра сигнала намного большей несущей

3) Каналы с шириной спектра сигнала сравнимой с несущей

4) Каналы с высокой скоростью передачи информации

Как определяется скорость канального кодирования:

Согласована на портале № 38801

1) Скорость, с которой передаются символы кода

2) Скорость, с которой кодер генерирует биты кода

3) Скорость, с которой передаются биты сообщения после кодирования

4) Отношение скорости передачи информации к скорости передачи символов кода

С какой целью в системе связи с временным уплотнением каналов пакеты мобильной станции вводится защитный интервал:

1) Устранения межсимвольной помехи

2) Передачи служебных команд

3) Синхронизации

4) Устранения межканальной помехи

Как определяется скорость передачи информации

1) Скорость, с которой передаются биты

2) Скорость, с которой источник генерирует биты сообщения

3) Скорость, с которой передаются биты сообщения после кодирования

4) Скорость, с которой передаются символы модуляции

Множественный доступ с кодовым разделением, способ устранения межканальных помех

1) Кодовые каналы организуются на основе присвоения каждому каналу индивидуального кода и каждый код передается последовательно во времени

2) Кодовые каналы организуются на основе присвоения каждому каналу индивидуального кода и каждый код передается на своей частоте

3) Кодовые каналы организуются на основе присвоения каждому каналу индивидуального кода и между кодами вводится защитный интервал

4) (Кодовые каналы организуются на основе присвоения каждому каналу индивидуального кода, условием отсутствия межканальных помех является ортогональность кодов

Множественный доступ с временным разделением, способ устранения межканальных помех:

1) Пользователи на интервале кадра ведут передачу последовательно

2) Пользователи ведут передачу на разных частотах

3) Каждому пользователю в кадре выделяется временное окно, в течении которого он ведет передачу, для устранения межканальных помех в каждом окне вводится защитный интервал, в течении передача не ведется

4) Пользователи на интервале кадра ведут передачу последовательно и в данные вставляют защитный интервал

Как определяется скорость передачи информации:

1) Скорость, с которой передаются биты

2) Скорость, с которой источник генерирует биты сообщения

3) Скорость, с которой передаются биты сообщения после кодирования

4) Скорость, с которой передаются символы модуляции

Широкополосные сигналы:

1) Сигналы для которых произведение ширины спектра на интервал определения намного больше единицы

2) Сигналы с шириной спектра намного большей несущей

3) Сигналы с шириной спектра сравнимой с несущей

4) Сигналы с высокой скоростью передачи информации

Для чего используется OFDM-модуляция:

1) Для борьбы с межсимвольной интерференцией

2) Для повышения дальности радиосвязи

3) Для борьбы с узкополосной помехой

4) Для снижения вычислительной сложности

Процедура эквалайзирования в системах связи используется для:

1) Управления скоростью передачи данных

2) Устранения искажений, вызванных каналом передачи

3) Мультиплексирования пользовательских каналов

4) Детектирования низкочастотной огибающей сигнала

Согласована на портале № 38801

Совокупность технических средств и среды распространения, обеспечивающая передачу сообщений, называется

1) Система передачи информации
2) Система передачи сообщений
3) Канал передачи сообщений
4) Линия связи

С ростом частоты сигнала затухание в линии связи:

1) Уменьшается
2) Не изменяется
3) Увеличивается
4) Флуктуирует

Качество передачи сигналов передачи данных оцениваются:

1) Искажениями формы сигналов
2) Отсутствием искажения в принятой информации
3) Числом ошибок в принятой информации
4) Мощностью принятого сигнала

Дуплексной передачи связью называется:

1) Осуществляется передача сигналов в одной паре проводников в одном направлении
2) Осуществляется передача сигналов в одном направлении в четырехпроводной линии связи
3) Одновременной передачи сигналов между абонентами в обоих направлениях, т.е. канал связи должен быть двустороннего действия.
4) Поочередная передача сигналов в обоих направлениях

Увеличение индекса квадратурной модуляции приведет к:

1) К увеличению скорости передачи и возрастает вероятность ошибки .
2) К уменьшению вероятности ошибки
3) К уменьшению скорости передачи
4) Ничего не изменится

### 14.1.2. Экзаменационные вопросы

Принципы построение математических моделей

Принципы системного подхода в моделировании

Цифровой канал связи, модели физических каналов

Векторное представление сигнала, квадратурный модулятор

Межсимвольная интерференция фильтр Найквиста

Многопозиционная квадратурная модуляция

Многопозиционная OFDM модуляция

Модель системы связи с частотным уплотнением каналов (FDMA)

Модель системы связи с временным уплотнением каналов(TDMA)

Модель системы связи с частотным ортогональным уплотнением каналов(OFDMA)

Псевдослучайные последовательности и их свойства, линейные последовательности максимальной длины

Последовательности Голда (g-последовательности), последовательности Касами (k-последовательности).

Канал передачи данных для систем MIMO 2×2

Системы подвижной связи второго поколения

Построение пролетов ЦРРЛ, расчет уровней сигналов

Спутниковые системы связи с использованием геостационарных ретрансляторов

### 14.1.3. Темы опросов на занятиях

Цифровой канал связи, модели физических каналов, линейный фильтрующий канал, линейный фильтрующий канал с переменными параметрами

Множественный доступ с частотным разделением, множественный доступ с временным разделением, множественный доступ с кодовым разделением, множественной доступ с ортогональным частотным мультиплексированием (OFDMA)

Спутниковые системы связи с использованием геостационарных ретрансляторов, спутни-

Согласована на портале № 38801

ковые системы связи с использованием негеостационарных

### 14.1.4. Темы домашних заданий

Модель шумоподобного сигнала
Модель формирования OFDM символа
Модель CDMA канала
Модель OFDMA канала
Модель канала передачи данных для систем MIMO 2×2

### 14.1.5. Вопросы на самоподготовку

Модель цифрового канала связи;
Комплексное представление сигналов, комплексная огибающая;
Векторное представление сигнала, квадратурный модулятор;
Межсимвольная интерференция фильтр Найквиста, формирующий фильтр Найквиста для устранения МСИ
Ортогональное частотное мультиплексирование данных (OFDM)
Множественный доступ с частотным разделением
Множественный доступ с временным разделением.
Множественный доступ с кодовым разделением.
Множественной доступ с ортогональным частотным разделением (OFDMA).

### 14.1.6. Темы лабораторных работ

Моделирование приемника цифровой системы связи
Моделирование передающей части цифровой системы связи
Моделирование системы восстановления несущего колебания
Моделирование петли символьной синхронизации

## 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;

Согласована на портале № 38801

– 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 здоровья 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 № 38801