

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

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 ДИСЦИПЛИНЫ

Системы радиодоступа

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки / специальность: **11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

Направленность (профиль) / специализация: **Инфокоммуникационные системы беспроводного широкополосного доступа**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**

Кафедра: **ТОР, Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники**

Курс: **2**

Семестр: **3**

Учебный план набора 2017 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности   | 3 семестр | Всего | Единицы |
|---|-----------------------------|-----------|-------|---------|
| 1 | Лекции                      | 18        | 18    | часов   |
| 2 | Практические занятия        | 22        | 22    | часов   |
| 3 | Лабораторные работы         | 20        | 20    | часов   |
| 4 | Всего аудиторных занятий    | 60        | 60    | часов   |
| 5 | Самостоятельная работа      | 84        | 84    | 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: 3 семестр

Томск 2018

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного 30.10.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОР «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчики:

ст. преподаватель каф. ТОР \_\_\_\_\_

Р. Р. Абенов

доцент, зав. каф. ТОР \_\_\_\_\_

А. А. Гельцер

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:

доцент каф. ТОР \_\_\_\_\_

С. И. Богомолов

Заведующий кафедрой телекомму-  
никаций и основ радиотехники  
(ТОР) \_\_\_\_\_

А. А. Гельцер

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Целью преподавания дисциплины является изучение студентами современных методов и средств построения и функционирования многоканальных систем радиодоступа третьего и четвертого поколения.

### 1.2. Задачи дисциплины

– Основная задача - формирование у студентов знаний, умений и навыков, позволяющих проводить самостоятельный анализ возможности и целесообразности использования различных методов организации каналов множественного доступа, а также формирование навыков организации современных систем радиодоступа.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Системы радиодоступа» (Б1.В.ДВ.1.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Моделирование устройств и систем связи, Системы мобильной связи.

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты, Преддипломная практика.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-3 способностью осваивать современные и перспективные направления развития ИКТиСС;

– ОПК-4 способностью реализовывать новые принципы построения инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации;

– ПК-8 готовностью использовать современные достижения науки и передовые инфокоммуникационные технологии, методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области ИКТиСС;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** - основные принципы построения систем радиодоступа; - принципы синхронизации в современных системах множественного доступа; - методы исследования помехозащищенности систем передачи информации по каналам связи с частотно-временным рассеянием; - методы моделирования систем цифровой радиосвязи в пакетах прикладных программ.

– **уметь** - формулировать основные технические требования к цифровым системам передач; - анализировать основные процессы, связанные с формированием, передачей и приемом сигналов систем связи; - оценивать основные проблемы, связанные с эксплуатацией и внедрением цифровых систем передачи в современные телекоммуникационные сети; - представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы;

– **владеть** - проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области систем радиодоступа; - оценки влияния различных факторов на основные параметры каналов цифровых систем передачи; - навыками работы с пакетами программ для моделирования систем цифровой радиосвязи.

## 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  |
|----------------------------|-------------|-----------|
|                            |             | 3 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 60          | 60        |
| Лекции                     | 18          | 18        |

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| Практические занятия                          | 22  | 22  |
| Лабораторные работы                           | 20  | 20  |
| Самостоятельная работа (всего)                | 84  | 84  |
| Оформление отчетов по лабораторным работам    | 20  | 20  |
| Проработка лекционного материала              | 46  | 46  |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 18  | 18  |
| Всего (без экзамена)                          | 144 | 144 |
| Подготовка и сдача экзамена                   | 36  | 36  |
| 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 |
|--|---------|---------------|--------------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| 3 семестр  |         |               |              |              |                            |                         |
| 1 Методы цифровой модуляции в системах множественного радиодоступа.        | 4       | 6             | 4            | 16           | 30                         | ОПК-3, ОПК-4, ПК-8      |
| 2 Методы организации каналов в системах множественного доступа.            | 2       | 4             | 4            | 16           | 26                         | ОПК-3, ОПК-4, ПК-8      |
| 3 Оценка параметров каналов, эквалайзирование передаточной характеристики. | 2       | 4             | 4            | 14           | 24                         | ОПК-3, ОПК-4, ПК-8      |
| 4 Системы мобильной связи четвертого поколения G4. Физический уровень LTE. | 2       | 8             | 0            | 14           | 24                         | ОПК-3, ОПК-4, ПК-8      |
| 5 Физический уровень LTE, нисходящий канал (Downlink).                     | 4       | 0             | 4            | 12           | 20                         | ОПК-3, ОПК-4, ПК-8      |
| 6 Физический уровень LTE, восходящий канал (Uplink).                       | 4       | 0             | 4            | 12           | 20                         | ОПК-3, ОПК-4, ПК-8      |
| Итого за семестр   | 18      | 22            | 20           | 84           | 144                        |                         |
| Итого  | 18      | 22            | 20           | 84           | 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 |
|-------------------|---|-----------------|-------------------------|
|                   |   |                 |                         |

| 3 семестр  |  |    |                          |
|--|--|----|--------------------------|
| 1 Методы цифровой модуляции в системах множественного радиодоступа.        | Многопозиционная квадратурная амплитудная модуляция QAM-M. Ортогональная модуляция. Ортогональное частотное мультиплексирование данных OFDM. Пик фактор.   | 4  | ОПК-3,<br>ОПК-4,<br>ПК-8 |
|  | Итого  | 4  |                          |
| 2 Методы организации каналов в системах множественного доступа.            | Кодовое уплотнение каналов CDMA. Многочастотное кодовое уплотнение MC-CDMA. Частотное ортогональное уплотнение каналов OFDMA, формирование OFDMA символа. Частотное ортогональное уплотнение каналов, формирование SC-FDMA символа.  | 2  | ОПК-3,<br>ОПК-4,<br>ПК-8 |
|  | Итого  | 2  |                          |
| 3 Оценка параметров каналов, эквалайзирования передаточной характеристики. | Модели каналов распространением распространения радиоволн, каналы с частотно-временным рассеянием. Передаточная характеристика канала. Оценка параметров каналов с частотно-временным рассеянием. Эквалайзирования передаточной характеристики каналов с частотно-временным рассеянием | 2  | ОПК-3,<br>ОПК-4,<br>ПК-8 |
|  | Итого  | 2  |                          |
| 4 Системы мобильной связи четвертого поколения G4. Физический уровень LTE. | Физический уровень LTE, документ ETSI 3GPP TS36.211 V10.3.0. Структура кадра в режимах частотного и временного дуплекса (FDD и TDD). Частотно-временной ресурс системы, ресурсная сетка ресурсные блоки, ресурсные элементы.   | 2  | ОПК-3,<br>ОПК-4,<br>ПК-8 |
|  | Итого  | 2  |                          |
| 5 Физический уровень LTE, нисходящий канал (Downlink).                     | Физические каналы и физические сигналы Downlink. Обобщенная структура формирования OFDMA символа физического канала PDSCH.. Модуляция, пространственное мультиплексирование. Пилотные сигналы, распределение в ресурсной сетке. Сигналы позиционирования. Сигналы синхронизации.       | 4  | ОПК-3,<br>ОПК-4,<br>ПК-8 |
|  | Итого  | 4  |                          |
| 6 Физический уровень LTE, восходящий канал (Uplink).                       | Физические каналы и физические сигналы Uplink. Обобщенная структура формирования SC-FDMA символа физического канала PUSCH. Модуляция, пространственное мультиплексирование. Канал случайного доступа PRACH.  | 4  | ОПК-3,<br>ОПК-4,<br>ПК-8 |
|  | Итого  | 4  |                          |
| Итого за семестр   |  | 18 |                          |

### 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 |
| Предшествующие дисциплины  |   |   |   |   |   |   |
| 1 Моделирование устройств и систем связи   | +   | + | + | + | + | + |
| 2 Системы мобильной связи  | +   | + | + | + | + | + |
| Последующие дисциплины   |   |   |   |   |   |   |
| 1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты | +   | + | + | + | + | + |
| 2 Преддипломная практика   | +   | + | + | + | + | + |

#### 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. |  |
| ОПК-3       | +            | +          | +         | +         | Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест |
| ОПК-4       | +            | +          | +         | +         | Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест |
| ПК-8        | +            | +          | +         | +         | Экзамен, 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.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов                      | Наименование лабораторных работ            | Трудоёмкость, ч | Формируемые компетенции |
|--|--|-----------------|-------------------------|
| 3 семестр                              |  |                 |                         |
| 1 Методы цифровой модуляции в системах | OFDM модуляция: формирование OFDM символа. | 4               | ОПК-3,<br>ОПК-4,        |
|  | Итого                                      | 4               |                         |

|  |   |    |                          |
|--|---|----|--------------------------|
| множественного радиодоступа.   |   |    | ПК-8                     |
| 2 Методы организации каналов в системах множественного доступа.            | OFDM модуляция: прием и обработка OFDM символа.                     | 4  | ОПК-3,<br>ОПК-4,<br>ПК-8 |
|  | Итого   | 4  |                          |
| 3 Оценка параметров каналов, эквалайзирование передаточной характеристики. | Метод множественного доступа с частотным разделением каналов OFDMA. | 4  | ОПК-3,<br>ОПК-4,<br>ПК-8 |
|  | Итого   | 4  |                          |
| 5 Физический уровень LTE, нисходящий канал (Downlink).                     | Процедура первичной синхронизация в LTE.                            | 4  | ОПК-3,<br>ОПК-4,<br>ПК-8 |
|  | Итого   | 4  |                          |
| 6 Физический уровень LTE, восходящий канал (Uplink).                       | Процедура эквалайзирования в LTE                                    | 4  | ОПК-3,<br>ОПК-4,<br>ПК-8 |
|  | Итого   | 4  |                          |
| Итого за семестр   |   | 20 |                          |

### 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  |
|--|--|-----------------|--------------------------|
| 3 семестр  |  |                 |                          |
| 1 Методы цифровой модуляции в системах множественного радиодоступа.        | Многопозиционная квадратурная амплитудная модуляция                          | 2               | ОПК-3,<br>ОПК-4,<br>ПК-8 |
|  | OFDM модуляция.  | 4               |                          |
|  | Итого  | 6               |                          |
| 2 Методы организации каналов в системах множественного доступа.            | Частотное ортогональное уплотнение каналов OFDMA.                            | 4               | ОПК-3,<br>ОПК-4,<br>ПК-8 |
|  | Итого  | 4               |                          |
| 3 Оценка параметров каналов, эквалайзирование передаточной характеристики. | Канал с частотно-временным рассеянием.                                       | 4               | ОПК-3,<br>ОПК-4,<br>ПК-8 |
|  | Итого  | 4               |                          |
| 4 Системы мобильной связи четвертого поколения G4. Физический уровень LTE. | Псевдослучайные последовательности Задова-Чу, первичная синхронизация в LTE. | 4               | ОПК-3,<br>ОПК-4,<br>ПК-8 |
|  | Формирование канала PUSCH в LTE.   | 2               |                          |
|  | Канал PRACH в LTE.   | 2               |                          |
|  | Итого  | 8               |                          |
| Итого за семестр   |  | 22              |                          |

## 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   |
|--|---|-----------------|-------------------------|--|
| <b>3 семестр</b>   |   |                 |                         |  |
| 1 Методы цифровой модуляции в системах множественного радиодоступа.        | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4               | ОПК-3, ОПК-4, ПК-8      | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
|  | Проработка лекционного материала              | 8               |                         |  |
|  | Оформление отчетов по лабораторным работам    | 4               |                         |  |
|  | Итого   | 16              |                         |  |
| 2 Методы организации каналов в системах множественного доступа.            | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4               | ОПК-3, ОПК-4, ПК-8      | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
|  | Проработка лекционного материала              | 8               |                         |  |
|  | Оформление отчетов по лабораторным работам    | 4               |                         |  |
|  | Итого   | 16              |                         |  |
| 3 Оценка параметров каналов, эквалайзирование передаточной характеристики. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 4               | ОПК-3, ОПК-4, ПК-8      | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
|  | Проработка лекционного материала              | 6               |                         |  |
|  | Оформление отчетов по лабораторным работам    | 4               |                         |  |
|  | Итого   | 14              |                         |  |
| 4 Системы мобильной связи четвертого поколения G4. Физический уровень LTE. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 6               | ОПК-3, ОПК-4, ПК-8      | Опрос на занятиях, Тест, Экзамен                               |
|  | Проработка лекционного материала              | 8               |                         |  |
|  | Итого   | 14              |                         |  |
| 5 Физический уровень LTE, нисходящий канал (Downlink).                     | Проработка лекционного материала              | 8               | ОПК-3, ОПК-4, ПК-8      | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
|  | Оформление отчетов по лабораторным работам    | 4               |                         |  |
|  | Итого   | 12              |                         |  |



|  |  |     |                    |  |
|--|--|-----|--------------------|--|
| 6 Физический уровень LTE, восходящий канал (Uplink). | Проработка лекционного материала           | 8   | ОПК-3, ОПК-4, ПК-8 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
|  | Оформление отчетов по лабораторным работам | 4   |                    |  |
|  | Итого                                      | 12  |                    |  |
| Итого за семестр                                     |  | 84  |                    |  |
|  | Подготовка и сдача экзамена                | 36  |                    | Экзамен  |
| Итого  |  | 120 |                    |  |

### 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 |
|-------------------------------|--|---|---|------------------|
| 3 семестр                     |  |   |   |                  |
| Опрос на занятиях             | 5  | 5   | 5   | 15               |
| Отчет по лабораторной работе  | 15   | 15  | 10  | 40               |
| Тест                          | 5  | 5   | 5   | 15               |
| Итого максимум за период      | 25   | 25  | 20  | 70               |
| Экзамен                       |  |   |   | 30               |
| Нарастающим итогом            | 25   | 50  | 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        | В (очень хорошо)        |
|                                 | 75 - 84        | С (хорошо)              |
|                                 | 70 - 74        | D (удовлетворительно)   |
| 65 - 69                         |                |                         |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 60 - 64        | E (посредственно)       |
|                                 | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Крук Б.И., Попандопуло В.И., Шувалов В.П. Телекоммуникационные системы и сети [Электронный ресурс]: Учебное пособие в 3 томах. – Современные технологии.- Изд. 4е , доп. И испр. – М. Горячая линия – Телеком. 2012. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/5185/#1> (дата обращения: 09.07.2018).

2. Крухмалев В.В., Гордиенко В.Н., Моченов А.Д. Цифровые системы передачи [Электронный ресурс]: Учебное пособие для ВУЗов / под редакцией А.Д. Моченова. – 2-е изд., перераб. И доп. – М. Горячая линия – Телеком, 2012. – 376 стр. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/5168/#1> (дата обращения: 09.07.2018).

### 12.2. Дополнительная литература

1. Системы цифровой радиосвязи. Базовые методы и характеристики : Учебное пособие для вузов / Л. Н. Волков, М. С. Немировский, Ю. С. Шинаков. - М. : Экотрендз, 2005. - 390[2] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.)

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Многоканальные системы цифровой радиосвязи [Электронный ресурс]: Методическое пособие к лабораторным работам / Демидов А. Я. - 2012. 24 с. - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/1609> (дата обращения: 09.07.2018).

2. Многоканальные системы цифровой радиосвязи [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по самостоятельной работе\_ / Демидов А. Я. - 2012. 45 с. - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/1598> (дата обращения: 09.07.2018).

3. Многоканальные цифровые системы передачи [Электронный ресурс]: Методическое пособие к практическим занятиям по специальностям для всех технических направлений радиотехнического факультета / Демидов А. Я. - 2014. 25 с. - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/4185> (дата обращения: 09.07.2018).

#### 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 обращаться к базам данных, информаци-

онно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: <https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh>

2. Теория и практика ЦОС <http://www.dsplib.ru/>

### **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:

- Google Chrome
- Keysight SystemVue

##### **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:

- Google Chrome
- Keysight SystemVue
- Mathworks Matlab

##### **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 видеомониторов 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**

В чем заключается ключевое отличие технологий физического уровня стандарта 4G от 3G?  
использование неортогональных методов частотного мультиплексирования  
использование цифровой модуляции  
предоставление доступа в Интернет  
использование схемы мультиплексирования OFDMA

Физический уровень сетей LTE реализован на базе двух технологий:

- OFDMA и CDMA
- OFDMA и SC-RSMA
- TDMA и FDMA
- OFDMA и SC-FDMA

Что можно отнести к недостаткам OFDM?

Использование защитных интервалов снижает эффективность метода

Метод чувствителен к эффекту Доплера

Технология характеризуется высоким уровнем пик-фактора, что приводит к чрезмерным энергетическим затратам, поэтому в восходящей линии используется SC-FDMA

Нет правильного ответа

Все ответы верны

Длительность кадра в стандарте LTE составляет

100 мкс

1 мс

2 мс

10 мс

В системе LTE канал PDCCH – это...

физический канал для передачи HARQ ACK/NACK в ответ при передаче информации "вверх".

физический канал передачи вещательной информации.

физический канал передачи запросов случайного доступа.

физический нисходящий канал управления для передачи служебной информации.

Для оценки состояния радиоканала в системе LTE...

используются слепые методы оценки

выделена специальная преамбула

используются зашифрованные символы

используются пилотные поднесущие

Хэндовер – это...

задержка отдельных пакетов приложений, в частности, VoIP

смена обслуживающего шлюза

излишняя загрузка служебных каналов, приводящая к потерям сеансов связи

эстафетная передача активного (т. е. находящегося в режиме сеанса связи или соединения) абонента при пересечении им различных географических зон.

Сколько бит кодируется в одном символе QAM-16?

2

16

8

4

Структура кадра LTE, применяемого как в полнодуплексном, так и полудуплексном FDD-режимах, предполагает деление кадра на 20 слотов, каждый из которых имеет длительность

5 мс

10 мс

1 мс

0,5 мс

Для какого вида цифровой манипуляции символьная и информационная скорость совпадают?

8PSK

16QAM

QPSK

BPSK

Ортогональность ансамбля сигналов означает, что...  
все сигналы этого ансамбля имеют одинаковую амплитуду и частоту, но различную начальную фазу  
среднее значение всех сигналов ансамбля стремится к нулю  
взаимно-корреляционная функция двух любых различных сигналов из этого ансамбля не имеет выраженного максимума  
скалярное произведение между двумя любыми различными сигналами из этого ансамбля равно нулю

Ансамбль сигналов с ортогональным частотным разнесением принято называть...  
набором гармоник  
частотной модуляцией  
полным набором гармоник  
OFDM-сигналом

Циклический префикс OFDM-символа – это...  
часть OFDM-символа, известная на приемной стороне  
специальная преамбула для обнаружения начала символа  
защитный интервал, состоящий из неиспользуемых поднесущих  
копия части OFDM-символа, взятая “с конца” полезного интервала

Циклический префикс OFDM-символа необходим для...  
устранения влияния канала распространения радиоволн  
согласованной фильтрации  
повышения скорости передачи  
сохранения ортогональности

Сколько поднесущих охватывает один ресурсный блок?  
7  
6  
15  
12

Сколько SC-FDMA-символов входит в один ресурсный блок в режиме работы с расширенным циклическим префиксом?  
15  
12  
7  
6

Скремблирование – это...  
обратимое преобразование информации в целях сокрытия от неавторизованных лиц, с предоставлением, в это же время, авторизованным пользователям доступа к ней  
процесс преобразования сигнала из формы, удобной для непосредственного использования информации, в форму, удобную для передачи, хранения или автоматической переработки  
вид помехоустойчивого кодирования  
обратимое преобразование цифрового потока без изменения скорости передачи с целью получения свойств случайной последовательности

В качестве пилотной последовательности в системе LTE используются...  
последовательности Баркера  
функции Уолша

коды Голда  
последовательности Задова-Чу

Периодическая автокорреляционная функция последовательности Задова-Чу...  
не имеет ярко выраженного максимума  
имеет множество максимумов  
является плавно нарастающей функцией  
является дельта-функцией

Пилотные сигналы необходимы для...  
устранения межсимвольной интерференции  
оценки смещения по времени  
оценки частотного сдвига  
оценки передаточной характеристики канала

#### **14.1.2. Экзаменационные вопросы**

Многопозиционная квадратурная амплитудная модуляция QAM-M. Ортогональная модуляция. Ортогональное частотное мультиплексирование данных OFDM. Пик-фактор.

Кодовое уплотнение каналов CDMA. Многочастотное кодовое уплотнение MC-CDMA. Частотное ортогональное уплотнение каналов OFDMA, формирование OFDMA символа. Частотное ортогональное уплотнение каналов, формирование SC-FDMA символа.

Модели каналов распространением распространения радиоволн, каналы с частотно-временным рассеянием. Передаточная характеристика канала. Оценка параметров каналов с частотно-временным рассеянием. Эквалайзирование передаточной характеристики каналов с частотно-временным рассеянием

Физический уровень LTE, документ ETSI 3GPP TS36.211 V10.3.0. Структура кадра в режимах частотного и временного дуплекса (FDD и TDD). Частотно-временной ресурс системы, ресурсная сетка ресурсные блоки, ресурсные элементы.

Физические каналы и физические сигналы Downlink. Обобщенная структура формирования OFDMA символа физического канала PDSCH. Модуляция, пространственное мультиплексирование. Пилотные сигналы, распределение в ресурсной сетке. Сигналы позиционирования. Сигналы синхронизации.

Физические каналы и физические сигналы Uplink. Обобщенная структура формирования SC-FDMA символа физического канала PUSCH. Модуляция, пространственное мультиплексирование. Канал случайного доступа PRACH.

#### **14.1.3. Темы опросов на занятиях**

Эквалайзирование передаточной характеристики каналов с частотно-временным рассеянием. Формирование OFDMA символа. Физический уровень LTE, документ ETSI 3GPP TS36.211 V10.3.0. Физические каналы и физические сигналы Downlink. Физические каналы и физические сигналы Uplink.

#### **14.1.4. Темы лабораторных работ**

OFDM модуляция: формирование OFDM символа.

OFDM модуляция: прием и обработка OFDM символа.

Метод множественного доступа с частотным разделением каналов OFDMA.

Процедура первичной синхронизация в LTE.

Процедура эквалайзирования в LTE.

### **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 | Виды дополнительных оценочных | Формы контроля и оценки |
|-----------|-------------------------------|-------------------------|
|-----------|-------------------------------|-------------------------|

| обучающихся                                   | материалов  | 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 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.