**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«22» _____02_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ И ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль) / специализация: **Защищенные системы и сети связи**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **радиоэлектроники и систем связи (РСС)**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 7 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 18 | 18 | часов |
| Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| в т.ч. в форме практической подготовки | 18 | 18 | часов |
| Курсовая работа | 18 | 18 | часов |
| Самостоятельная работа | 54 | 54 | часов |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 144 | 144 | часов |
| | 4 | 4 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр |
|---|---|
| Экзамен | 7 |
| Курсовая работа | 7 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 22.02.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 85200

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Изучение принципов построения современных систем беспроводной связи и интернета вещей, ознакомление с их техническими характеристиками и перспективами развития; Приобретение необходимых теоретических и практических навыков построения беспроводных сетей и систем.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Получение необходимых знаний по теоретическим основам и физическим принципам построения функционирования систем беспроводной связи и Интернета вещей.
2. Получение необходимых знаний и навыков по моделированию систем беспроводной связи и интернета вещей.
3. Получение необходимых навыков работы с технической документацией и стандартами. современных систем радиосвязи и радиодоступа.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.11.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| **Универсальные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Профессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 85200

| | | |
|---|---|---|
| ПК-3. Способен проводить расчеты по проекту сетей и средств инфокоммуникаций с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования | ПК-3.1. Знает основы расчёта по проекту сетей и средств инфокоммуникаций с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования | Знаком с архитектурой базовой станции 5G NR. |
| | ПК-3.2. Умеет проводить расчеты по проекту сетей и средств инфокоммуникаций с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования | Может рассчитать пропускную способность линии связи. |
| | ПК-3.3. Владеет методами расчета по проекту сетей и средств инфокоммуникаций с использованием стандартных методов, приемов и средств автоматизации проектирования | Может разработать структурную схему передатчика системы IoT. |

## 4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 7 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 54 | 54 |
| Лекционные занятия | 18 | 18 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Курсовая работа | 18 | 18 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 54 | 54 |
| Подготовка к тестированию | 15 | 15 |
| Подготовка к устному опросу / собеседованию | 15 | 15 |
| Написание отчета по курсовой работе | 16 | 16 |
| Написание конспекта самоподготовки | 8 | 8 |
| **Подготовка и сдача экзамена** | 36 | 36 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 144 | 144 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 4 | 4 |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Согласована на портале № 85200

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Курс. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | | | | |
| 1 Введение | 2 | 6 | 18 | 3 | 29 | ПК-3 |
| 2 Основы помехоустойчивого кодирования | 2 | 4 | | 4 | 10 | ПК-3 |
| 3 Цифровая модуляция (манипуляция) | 2 | 2 | | 7 | 11 | ПК-3 |
| 4 Беспроводной канал связи / эквалайзирование | 2 | 2 | | 5 | 9 | ПК-3 |
| 5 Синхронизация | 2 | - | | 7 | 9 | ПК-3 |
| 6 Технология MIMO | 2 | 2 | | 7 | 11 | ПК-3 |
| 7 Технологии расширения спектра, кодовое разделение каналов | 2 | 2 | | 7 | 11 | ПК-3 |
| 8 Архитектура систем беспроводной связи и IoT | 2 | - | | 7 | 9 | ПК-3 |
| 9 Технологии физического уровня систем IoT | 2 | - | | 7 | 9 | ПК-3 |
| Итого за семестр | 18 | 18 | 18 | 54 | 108 | |
| Итого | 18 | 18 | 18 | 54 | 108 | |

## 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | |
| 1 Введение | Базовые сведения о алгоритмах формирования и обработки сигналов в системах беспроводной связи и интернета вещей. Знакомство с средой моделирования. Тренды развития технологий. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Основы помехоустойчивого кодирования | Линейные блочные коды. Сверточные коды. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Цифровая модуляция (манипуляция) | Основы цифровой модуляции (манипуляции). Амплитудная модуляция, Частотная модуляция, Фазовая модуляция. Мультиплексирование каналов. Технология ортогонального частотного мультиплексирования. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 85200

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Беспроводной канал связи / эквалайзирование | Основные параметры беспроводного канала связи, затухание сигнала, частотно-селективные замирания, пилотные сигналы, методы оценки канала связи, эквалайзирование. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Синхронизация | Кадровая синхронизация, частотная синхронизация, влияние ошибки синхронизации во временной и частотной области на принимаемый и передаваемый сигнал. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Технология MIMO | Основы технологии MIMO, технологии пространственно-временного кодирования, технологии пространственно-временного мультиплесирования. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 7 Технологии расширения спектра, кодовое разделение каналов | Расширение спектра методом прямой последовательности, расширение спектра методом псевдослучайной перестройки рабочей частоты, кодовое разделение канала, коды Уолша, матрица Адамара. | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 8 Архитектура систем беспроводной связи и IoT | Архитектура построения систем мобильной связи и систем Интернета вещей | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 9 Технологии физического уровня систем IoT | Знакомство с технологиями Ultra narrow band, Lora, OFDMA | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 18 | |

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | |
| 1 Введение | Знакомство с ПО MAtlab/Octave | 2 | ПК-3 |
| | Формирование и обработка OFDM сигнала | 2 | ПК-3 |
| | Кадровая синхронизация | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 6 | |
| 2 Основы помехоустойчивого кодирования | Линейные блочные коды | 2 | ПК-3 |
| | Сверточные коды | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 4 | |

Согласована на портале № 85200

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3 Цифровая модуляция (манипуляция) | Двоичная фазовая манипуляция (BPSK) | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Беспроводной канал связи / эквалайзирование | Эквалайзирование OFDM символа | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Технология MIMO | Пространственное мультиплексирование | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 7 Технологии расширения спектра, кодовое разделение каналов | Кодовое разделение каналов | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 18 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

### 5.5. Курсовая работа

Содержание, трудоемкость контактной аудиторной работы и формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Содержание контактной аудиторной работы и ее трудоемкость

| Содержание контактной аудиторной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|
| **7 семестр** | | |
| Курсовая работа направлена на расчет параметров системы связи, обеспечивающей заданные характеристики, по скорости передачи данных, дальности действия, помехозащищенности и другим параметрам. | 18 | ПК-3 |
| Итого за семестр | 18 | |
| Итого | 18 | |

Примерная тематика курсовых работ:

1. Формирование сигнала системы передачи данных с использованием технологии OFDM, обеспечивающего заданные параметры системы.
2. Обработка сигнала системы передачи данных с использованием технологии OFDM, обеспечивающего заданные параметры системы.
3. Формирование сигнала системы передачи данных с использованием технологии OFDM в условиях городской среды.
4. Обработка сигнала системы передачи данных с использованием технологии OFDM в условиях городской среды.
5. Адаптация сигнала к помеховой обстановке в канале

### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | | |

Согласована на портале № 85200

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 Введение | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к устному опросу / собеседованию | 1 | ПК-3 | Устный опрос / собеседование |
| | Написание отчета по курсовой работе | 1 | ПК-3 | Курсовая работа, Отчет по курсовой работе |
| | Итого | 3 | | |
| 2 Основы помехоустойчивого кодирования | Написание конспекта самоподготовки | 1 | ПК-3 | Конспект самоподготовки |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к устному опросу / собеседованию | 1 | ПК-3 | Устный опрос / собеседование |
| | Написание отчета по курсовой работе | 1 | ПК-3 | Курсовая работа, Отчет по курсовой работе |
| | Итого | 4 | | |
| 3 Цифровая модуляция (манипуляция) | Написание конспекта самоподготовки | 1 | ПК-3 | Конспект самоподготовки |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к устному опросу / собеседованию | 2 | ПК-3 | Устный опрос / собеседование |
| | Написание отчета по курсовой работе | 2 | ПК-3 | Курсовая работа, Отчет по курсовой работе |
| | Итого | 7 | | |
| 4 Беспроводной канал связи / эквалайзирование | Написание конспекта самоподготовки | 1 | ПК-3 | Конспект самоподготовки |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к устному опросу / собеседованию | 1 | ПК-3 | Устный опрос / собеседование |
| | Написание отчета по курсовой работе | 2 | ПК-3 | Курсовая работа, Отчет по курсовой работе |
| | Итого | 5 | | |

Согласована на портале № 85200

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 Синхронизация | Написание конспекта самоподготовки | 1 | ПК-3 | Конспект самоподготовки |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к устному опросу / собеседованию | 2 | ПК-3 | Устный опрос / собеседование |
| | Написание отчета по курсовой работе | 2 | ПК-3 | Курсовая работа, Отчет по курсовой работе |
| | Итого | 7 | | |
| 6 Технология MIMO | Написание конспекта самоподготовки | 1 | ПК-3 | Конспект самоподготовки |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к устному опросу / собеседованию | 2 | ПК-3 | Устный опрос / собеседование |
| | Написание отчета по курсовой работе | 2 | ПК-3 | Курсовая работа, Отчет по курсовой работе |
| | Итого | 7 | | |
| 7 Технологии расширения спектра, кодовое разделение каналов | Написание конспекта самоподготовки | 1 | ПК-3 | Конспект самоподготовки |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к устному опросу / собеседованию | 2 | ПК-3 | Устный опрос / собеседование |
| | Написание отчета по курсовой работе | 2 | ПК-3 | Курсовая работа, Отчет по курсовой работе |
| | Итого | 7 | | |
| 8 Архитектура систем беспроводной связи и IoT | Написание конспекта самоподготовки | 1 | ПК-3 | Конспект самоподготовки |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к устному опросу / собеседованию | 2 | ПК-3 | Устный опрос / собеседование |
| | Написание отчета по курсовой работе | 2 | ПК-3 | Курсовая работа, Отчет по курсовой работе |
| | Итого | 7 | | |

Согласована на портале № 85200

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 9 Технологии физического уровня систем IoT | Написание конспекта самоподготовки | 1 | ПК-3 | Конспект самоподготовки |
| | Подготовка к тестированию | 2 | ПК-3 | Тестирование |
| | Подготовка к устному опросу / собеседованию | 2 | ПК-3 | Устный опрос / собеседование |
| | Написание отчета по курсовой работе | 2 | ПК-3 | Курсовая работа, Отчет по курсовой работе |
| | Итого | 7 | | |
| Итого за семестр | | 54 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 90 | | |

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. зан. | Прак. зан. | Курс. раб. | Сам. раб. | |
| ПК-3 | + | + | + | + | Конспект самоподготовки, Курсовая работа, Отчет по курсовой работе, Тестирование, Устный опрос / собеседование, Экзамен |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля | 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 |
|---|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | | |
| Конспект самоподготовки | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Устный опрос / собеседование | 9 | 9 | 9 | 27 |
| Тестирование | 9 | 9 | 10 | 28 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Итого максимум за период | 23 | 23 | 24 | 100 |
| Нарастающим итогом | 23 | 46 | 70 | 100 |

Балльные оценки для курсовой работы представлены в таблице 6.1.1.

Согласована на портале № 85200

Таблица 6.1.1 – Балльные оценки для курсовой работы

| Формы контроля | 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 |
|---|---|---|---|---|
| **7 семестр** | | | | |
| Отчет по курсовой работе | 35 | 35 | 30 | 100 |
| Итого максимум за период | 35 | 35 | 30 | 100 |
| Нарастающим итогом | 35 | 70 | 100 | 100 |

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

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

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

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка | 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) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Основы радиосвязи [Текст] : учебное пособие для вузов / В. А. Романюк ; Министерство образования Российской Федерации, Московский государственный институт электронной техники (технический университет) (М.). - М. : Юрайт, 2011. - 288 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.).

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

3. Моделирование беспроводных систем связи: Учебное пособие / А. С. Вершинин - 2014. 231 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3911.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Сети передачи данных: Учебное пособие / А. В. Пуговкин - 2015. 138 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5895.

Согласована на портале № 85200

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Многоканальная цифровая система передачи информации: Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта расчетного задания, самостоятельной работы / А. С. Бернгардт, Ю. П. Акулиничев - 2016. 41 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6583.
2. Проектирование систем беспроводной связи и интернета вещей: Методические указания для выполнения лабораторных и практических работ для студентов технических направлений подготовки и специальностей квалификации бакалавр по дисциплине Проектирование систем беспроводной связи и интернета вещей / Е. В. Рогожников, Э. Дмитриев, К. В. Диноченко - 2023. 42 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10676.

#### 7.3.2. 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.

### 7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

## 8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

### 8.1. 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 достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

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

Учебная аудитория "Цифровая связь": учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, 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), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 309 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Mathworks Matlab;

Согласована на портале № 85200

### 8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для курсовой работы

Учебная аудитория "Цифровая связь": учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, 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), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 309 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Mathworks Matlab;

### 8.4. 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, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

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

### 8.5. 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 зрения** 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.

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

Согласована на портале № 85200

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|---|---|---|---|
| 1 Введение | ПК-3 | Устный опрос / собеседование | Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования |
| | | Отчет по курсовой работе | Примерный перечень тематик курсовых работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 2 Основы помехоустойчивого кодирования | ПК-3 | Конспект самоподготовки | Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки |
| | | Устный опрос / собеседование | Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования |
| | | Отчет по курсовой работе | Примерный перечень тематик курсовых работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 3 Цифровая модуляция (манипуляция) | ПК-3 | Конспект самоподготовки | Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки |
| | | Устный опрос / собеседование | Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования |
| | | Отчет по курсовой работе | Примерный перечень тематик курсовых работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Согласована на портале № 85200

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Беспроводной канал связи / эквалайзирование | ПК-3 | Конспект самоподготовки | Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки |
| | | Устный опрос / собеседование | Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования |
| | | Отчет по курсовой работе | Примерный перечень тематик курсовых работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 5 Синхронизация | ПК-3 | Конспект самоподготовки | Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки |
| | | Устный опрос / собеседование | Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования |
| | | Отчет по курсовой работе | Примерный перечень тематик курсовых работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 6 Технология MIMO | ПК-3 | Конспект самоподготовки | Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки |
| | | Устный опрос / собеседование | Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования |
| | | Отчет по курсовой работе | Примерный перечень тематик курсовых работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 7 Технологии расширения спектра, кодовое разделение каналов | ПК-3 | Конспект самоподготовки | Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки |
| | | Устный опрос / собеседование | Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования |
| | | Отчет по курсовой работе | Примерный перечень тематик курсовых работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Согласована на портале № 85200

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 Архитектура систем беспроводной связи и IoT | ПК-3 | Конспект самоподготовки | Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки |
| | | Устный опрос / собеседование | Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования |
| | | Отчет по курсовой работе | Примерный перечень тематик курсовых работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 9 Технологии физического уровня систем IoT | ПК-3 | Конспект самоподготовки | Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки |
| | | Устный опрос / собеседование | Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования |
| | | Отчет по курсовой работе | Примерный перечень тематик курсовых работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка | Баллы за ОМ | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения | | |
|---|---|---|---|---|
| | | знать | уметь | владеть |
| 2 (неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов | отсутствие знаний или фрагментарные знания | отсутствие умений или частично освоенное умение | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков |
| 3 (удовлетворительно) | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков |
| 4 (хорошо) | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |

Согласована на портале № 85200

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 (отлично) | ≥ 90% от максимальной суммы баллов | сформированные систематические знания | сформированное умение | успешное и систематическое применение навыков |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка | Формулировка требований к степени компетенции |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале<br>или<br>Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3 (удовлетворительно) | Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения. |
| 5 (отлично) | Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины. |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. 1. При использовании модуляции QAM 16, один отсчет на выходе модулятора соответствует:
   1) 2 битам,
   2) 8 битам,
   3) 4 битам,
   4) 1 биту.
2. При OFDM модуляции пилотные поднесущие формируются:
   1) Во временной области,
   2) В частотной области,
   3) И во временной и в частотной области
3. При OFDM модуляции циклический префикс добавляется
   1) Во временной области,
   2) В частотной области ,
   3) И во временной и в частотной области.
4. Циклический префикс используется для
   1) Временной синхронизации,
   2) Частотной синхронизации,
   3) Для защиты от межсимвольной интерференции.
5. Межсимвольная интерференция в OFDM вызвана
   1) Временем передачи сигнала,
   2) Многолучевостью распространения,
   3) Ошибкой частотной синхронизации.

Согласована на портале № 85200

6. Передаточная функция описывает канал связи
   1) Во временной области,
   2) В частотной области,
   3) Как во временной так и в частотной области
7. Импульсная характеристика описывает канал связи
   1) Во временной области
   2) В частотной области
   3) Как во временной так и в частотной области.
8. Доплеровский сдвиг частоты зависит от:
   1) Несущей частоты
   2) Скорости передатчика
   3) Оба варианта
9. К какому искажению созвездия приведет ошибка временной синхронизации при использовании технологии OFDM: 1) Фазовому набегу,
   2) Зашумлению созвездия,
   3) Оба варианта
10. Вероятность битовой ошибки это
   1) Количество ошибочно демодулированных бит,
   2) Отношение количества ошибочно демодулированных бит к общему количеству переданных бит,
   3) Отношение мощности сигнала к мощности шума

### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Формирование BPSK сигнала (от битовой последовательности до сигнала на выходе антенны),
2. Прием и обработка BPSK сигнала, (от сигнала на входе приемной антенны до битовой последовательности).
3. Технология OFDM,
4. Технология OFDMA,
5. Технология SC-FDMA,

### 9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты курсовой работы

1. Многолучевой канал связи, влияние на передаваемый сигнал,
2. Что такое эквалайзирование, оценка канала связи.
3. Алгоритм обнаружения пилотного символа в принятой последовательности,
4. Пик фактор, его влияние на работу системы связи,
5. Адаптивная модуляция.

### 9.1.4. Примерный перечень тематик курсовых работ

1. Формирование сигнала системы передачи данных с использованием технологии OFDM, обеспечивающего заданные параметры системы.
2. Обработка сигнала системы передачи данных с использованием технологии OFDM, обеспечивающего заданные параметры системы.
3. Формирование сигнала системы передачи данных с использованием технологии OFDM в условиях городской среды.
4. Обработка сигнала системы передачи данных с использованием технологии OFDM в условиях городской среды.
5. Адаптация сигнала к помеховой обстановке в канале

### 9.1.5. Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования

1. Межсимвольная интерференция для OFDM и QAM модулированного сигнала, природа возникновения, влияние на передаваемый сигнал.
2. Что такое эквалайзирование, оценка канала связи.
3. Пилотные сигналы и пилотные поднесущие,
4. Многолучевой канал связи, влияние на передаваемый сигнал,
5. АБГШ, влияние белого шума на передаваемый сигнал,

Согласована на портале № 85200

6. Частота дискретизации, интервал дискретизации,
7. Время когерентности и полоса когерентности канала связи.

### 9.1.6. Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки

1. Технология Multicarrier CDMA.
2. Алгоритм оценки и устранения частотного сдвига для OFDM систем связи.
3. Частотная синхронизация и ее влияние на работу системы связи,
4. Технология MIMO, пространственно-временное кодирование,
5. Технология MIMO, пространственное мультиплексирование.

## 9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

## 9.3. 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 9.4.

Таблица 9.4 – 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) |

Согласована на портале № 85200

| | | |
|---|---|---|
| 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, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 9.4. 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.

Согласована на портале № 85200

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОР
протокол № 4 от « 9 » 2 2023 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. РСС | А.В. Фатеев | Согласовано, 595be322-a579-4ae5-8d93-e5f4ee9ceb7d |
| Заведующий обеспечивающей каф. ТОР | Е.В. Рогожников | Согласовано, b84f9d06-d731-4645-a26c-4b95ce5bb9b9 |
| Начальник учебного управления | И.А. Лариошина | Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73 |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Старший преподаватель, каф. РСС | Ю.В. Зеленецкая | Согласовано, 1f099a64-e28d-4307-a5f6-d9d92630e045 |
| Доцент, каф. ТОР | Е.Ю. Агеев | Согласовано, 1380771b-dd3c-4ac1-8e1d-30fb96b5fa40 |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Доцент, каф. ТОР | Е.В. Рогожников | Разработано, 89e0aaec-be8a-4f7b-bd1a-f43585db8135 |

Согласована на портале № 85200