

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор департамента по учебной работе

Ким М.Ю.

«29» 10 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ФОРМИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ СИСТЕМ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ И  
ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки / специальность: **11.04.01 Радиотехника**

Направленность (профиль) / специализация: **Радиотехнические системы**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Передовая инженерная школа «Электронное приборостроение и системы связи»  
(ПИШ)**

Кафедра: **передовая инженерная школа (ПИШ)**

Курс: **1**

Семестр: **2**

Учебный план набора 2026 года

**Объем дисциплины и виды учебной деятельности**

| Виды учебной деятельности          | 2 семестр | Всего | Единицы |
|------------------------------------|-----------|-------|---------|
| Лекционные занятия                 | 18        | 18    | часов   |
| Практические занятия               | 18        | 18    | часов   |
| Самостоятельная работа             | 108       | 108   | часов   |
| Общая трудоемкость                 | 144       | 144   | часов   |
| (включая промежуточную аттестацию) | 4         | 4     | з.е.    |

**Формы промежуточной аттестации**

**Семестр**

Зачет с оценкой

2

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Ким М.Ю.

Должность: Директор департамента по учебной  
работе

Дата подписания: 29.10.2025

Уникальный программный ключ:

ed789cd8-2cc6-4431-a59e-8f386b1d44fa

Томск

Согласована на портале № 84778

## **1. Общие положения**

### **1.1. Цели дисциплины**

1. Изучение принципов формирования и обработки сигналов современных систем мобильной связи и интернета вещей, ознакомление с их техническими характеристиками и перспективами развития; Приобретение необходимых теоретических и практических навыков формирования и обработки сигналов систем мобильной связи и Интернета вещей.

### **1.2. Задачи дисциплины**

1. Рассмотрение принципов и особенностей формирования и обработки сигналов систем мобильной связи и Интернета вещей.

2. Изучение принципов моделирования современных протоколов систем мобильной связи и Интернета вещей.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП**

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль проектно-профессиональной подготовки.

Индекс дисциплины: Б1.В.01.ДВ.02.02.

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 |
|-----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>Универсальные компетенции</b>        |                                   |                                               |
| -                                       | -                                 | -                                             |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b> |                                   |                                               |
| -                                       | -                                 | -                                             |
| <b>Профессиональные компетенции</b>     |                                   |                                               |

|                                                                                                                 |                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-2. Способен использовать современные достижения науки и передовые технологии в профессиональной деятельности | ПК-2.1. Знает современные подходы к исследованию и разработке объектов профессиональной деятельности                                                                   | Знает:<br>основные принципы формирования и обработки сигналов в современных системах мобильной связи и интернета вещей;<br>этапы эволюции систем связи от 1G до 5G и тенденции их дальнейшего развития;<br>архитектуру и технологии физического уровня протокола NB-IoT, структуру сигналов и каналов, принципы синхронизации;<br>архитектуру систем связи LoRaWAN, принципы формирования LoRa-сигнала на основе расширения спектра методом линейной частотной модуляции (chirp spread spectrum), методы кадровой и частотной синхронизации;<br>принципы сверхузкополосной модуляции (UNB) и особенности технологий физического уровня протоколов Sigfox, XNB, NB-FI;<br>архитектуру систем связи 5G NR, структуру сигналов и каналов, принципы кадровой и частотной синхронизации 5G NR;<br>сравнительные характеристики технологий LPWAN и сотовых стандартов IoT с точки зрения области применения, энергоэффективности и пропускной способности. |
|                                                                                                                 | ПК-2.2. Умеет проводить исследования и разработку с использованием современных достижений науки и передовых технологий при решении задач профессиональной деятельности | анализировать структуру и параметры сигналов протоколов NB-IoT, LoRaWAN, Sigfox, XNB, NB-FI и 5G NR;<br>проводить моделирование процессов формирования и обработки сигналов систем мобильной связи и интернета вещей с применением современного программного обеспечения;<br>выполнять расчёты параметров физического уровня (полосы частот, скорости передачи, энергетического бюджета канала) для различных протоколов IoT;<br>реализовывать алгоритмы кадровой и частотной синхронизации для сигналов LoRa и 5G NR;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                                                                                                                 | ПК-2.3. Владеет современными технологиями проектирования объектов профессиональной деятельности                                                                        | методами синтеза алгоритмов формирования и обработки сигналов систем мобильной связи и интернета вещей;<br>инструментальными средствами математического и имитационного моделирования физического уровня систем связи (MATLAB/Simulink, GNU Radio, и др.);<br>технологиями реализации алгоритмов синхронизации, демодуляции и декодирования сигналов рассматриваемых стандартов;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

#### 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  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|
|                                                                                                                       |             | 2 семестр |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>                                               | 36          | 36        |
| Лекционные занятия                                                                                                    | 18          | 18        |
| Практические занятия                                                                                                  | 18          | 18        |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 108         | 108       |
| Подготовка к зачету с оценкой                                                                                         | 42          | 42        |
| Подготовка к тестированию                                                                                             | 42          | 42        |
| Подготовка к устному опросу / собеседованию                                                                           | 24          | 24        |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b>                                                                                   | 144         | 144       |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>                                                                                    | 4           | 4         |

#### 5. Структура и содержание дисциплины

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

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 | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| <b>2 семестр</b>                                                                                                                                                   |              |               |              |                            |                         |
| 1 Введение                                                                                                                                                         | 4            | 2             | 22           | 28                         | ПК-2                    |
| 2 Технологии физического уровня протокола NB-IoT                                                                                                                   | 4            | 4             | 22           | 30                         | ПК-2                    |
| 3 Технологии физического уровня протокола LoraWan                                                                                                                  | 4            | 4             | 22           | 30                         | ПК-2                    |
| 4 Сверхузкополосная модуляция (UNB), технологии физического уровня протоколов Sigfox, XNB, NB-FI, формирование и обработка сигналов с сверхузкополосной модуляцией | 2            | 4             | 22           | 28                         | ПК-2                    |
| 5 Технологии физического уровня стандарта 5G NR                                                                                                                    | 4            | 4             | 20           | 28                         | ПК-2                    |
| Итого за семестр                                                                                                                                                   | 18           | 18            | 108          | 144                        |                         |
| Итого                                                                                                                                                              | 18           | 18            | 108          | 144                        |                         |

##### 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 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| <b>2 семестр</b>                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                         |                                      |                         |
| 1 Введение                                                                                                                                                         | Предмет и задачи курса. Основные принципы формирования и обработки сигналов систем мобильной связи и интернета вещей.<br>Эволюция систем связи 1G - 5G. | 4                                    | ПК-2                    |
|                                                                                                                                                                    | Итого                                                                                                                                                   | 4                                    |                         |
| 2 Технологии физического уровня протокола NB-IoT                                                                                                                   | Архитектура систем связи NB-IoT, формирование и обработка сигналов протоколов NB-IoT, сигналы и каналы NB-IoT, синхронизация NB-IoT.                    | 4                                    | ПК-2                    |
|                                                                                                                                                                    | Итого                                                                                                                                                   | 4                                    |                         |
| 3 Технологии физического уровня протокола LoraWan                                                                                                                  | Архитектура систем связи LoraWan, формирование и обработка Lora сигнала, кадровая и частотная синхронизация Lora.                                       | 4                                    | ПК-2                    |
|                                                                                                                                                                    | Итого                                                                                                                                                   | 4                                    |                         |
| 4 Сверхузкополосная модуляция (UNB), технологии физического уровня протоколов Sigfox, XNB, NB-FI, формирование и обработка сигналов с сверхузкополосной модуляцией | Технологии физического уровня протоколов Sigfox, XNB, NB-FI, формирование и обработка сигналов с сверхузкополосной модуляцией.                          | 2                                    | ПК-2                    |
|                                                                                                                                                                    | Итого                                                                                                                                                   | 2                                    |                         |
| 5 Технологии физического уровня стандарта 5G NR                                                                                                                    | Архитектура систем связи 5G NR, формирование и обработка сигналов протокола 5G NR, сигналы и каналы 5G NR, кадровая и частотная синхронизация 5G NR.    | 4                                    | ПК-2                    |
|                                                                                                                                                                    | Итого                                                                                                                                                   | 4                                    |                         |
| 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 |
|------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| <b>2 семестр</b>                   |                                               |                 |                         |
| 1 Введение                         | Начало работы с Octave/Matlab                 | 2               | ПК-2                    |
|                                    | Итого                                         | 2               |                         |

|                                                                                                                                                                      |                                                   |    |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----|------|
| 2 Технологии физического уровня протокола NB-IoT                                                                                                                     | Формирование кадра NB-IoT.                        | 2  | ПК-2 |
|                                                                                                                                                                      | Кадровая и частотная синхронизация NB-IoT         | 2  | ПК-2 |
|                                                                                                                                                                      | Итого                                             | 4  |      |
| 3 Технологии физического уровня протокола LoraWan                                                                                                                    | Формирование сигнала, модуляция/демодуляция LoRa. | 2  | ПК-2 |
|                                                                                                                                                                      | Кадровая и частотная синхронизация LoRa.          | 2  | ПК-2 |
|                                                                                                                                                                      | Итого                                             | 4  |      |
| 4 Сверхзаклополосная модуляция (UNB), технологии физического уровня протоколов Sigfox, XNB, NB-FI, формирование и обработка сигналов с сверхзаклополосной модуляцией | Формирование сигнала сигнала UNB.                 | 2  | ПК-2 |
|                                                                                                                                                                      | Обработка сигнала UNB                             | 2  | ПК-2 |
|                                                                                                                                                                      | Итого                                             | 4  |      |
| 5 Технологии физического уровня стандарта 5G NR                                                                                                                      | Формирование SS-Block 5G NR                       | 2  | ПК-2 |
|                                                                                                                                                                      | Кадровая и частотная синхронизация 5G NR          | 2  | ПК-2 |
|                                                                                                                                                                      | Итого                                             | 4  |      |
| Итого за семестр                                                                                                                                                     |                                                   | 18 |      |
| Итого                                                                                                                                                                |                                                   | 18 |      |

#### 5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

#### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

#### 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               |
|------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------------|
| <b>2 семестр</b>                   |                                             |                 |                         |                              |
| 1 Введение                         | Подготовка к зачету с оценкой               | 8               | ПК-2                    | Зачёт с оценкой              |
|                                    | Подготовка к тестированию                   | 8               | ПК-2                    | Тестирование                 |
|                                    | Подготовка к устному опросу / собеседованию | 6               | ПК-2                    | Устный опрос / собеседование |
|                                    | Итого                                       | 22              |                         |                              |

|                                                                                                                                                                    |                                             |     |      |                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----|------|------------------------------|
| 2 Технологии физического уровня протокола NB-IoT                                                                                                                   | Подготовка к зачету с оценкой               | 8   | ПК-2 | Зачёт с оценкой              |
|                                                                                                                                                                    | Подготовка к тестированию                   | 8   | ПК-2 | Тестирование                 |
|                                                                                                                                                                    | Подготовка к устному опросу / собеседованию | 6   | ПК-2 | Устный опрос / собеседование |
|                                                                                                                                                                    | Итого                                       | 22  |      |                              |
| 3 Технологии физического уровня протокола LoraWan                                                                                                                  | Подготовка к зачету с оценкой               | 8   | ПК-2 | Зачёт с оценкой              |
|                                                                                                                                                                    | Подготовка к тестированию                   | 8   | ПК-2 | Тестирование                 |
|                                                                                                                                                                    | Подготовка к устному опросу / собеседованию | 6   | ПК-2 | Устный опрос / собеседование |
|                                                                                                                                                                    | Итого                                       | 22  |      |                              |
| 4 Сверхузкополосная модуляция (UNB), технологии физического уровня протоколов Sigfox, XNB, NB-FI, формирование и обработка сигналов с сверхузкополосной модуляцией | Подготовка к зачету с оценкой               | 8   | ПК-2 | Зачёт с оценкой              |
|                                                                                                                                                                    | Подготовка к тестированию                   | 8   | ПК-2 | Тестирование                 |
|                                                                                                                                                                    | Подготовка к устному опросу / собеседованию | 6   | ПК-2 | Устный опрос / собеседование |
|                                                                                                                                                                    | Итого                                       | 22  |      |                              |
| 5 Технологии физического уровня стандарта 5G NR                                                                                                                    | Подготовка к зачету с оценкой               | 10  | ПК-2 | Зачёт с оценкой              |
|                                                                                                                                                                    | Подготовка к тестированию                   | 10  | ПК-2 | Тестирование                 |
|                                                                                                                                                                    | Итого                                       | 20  |      |                              |
| Итого за семестр                                                                                                                                                   |                                             | 108 |      |                              |
| Итого                                                                                                                                                              |                                             | 108 |      |                              |

### 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. | Сам. раб. |                                                             |
| ПК-2                    | +                         | +          | +         | Зачёт с оценкой, Тестирование, Устный опрос / собеседование |

## 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 |
|------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------|
| <b>2 семестр</b>             |                                                |                                             |                                                           |                  |
| Зачёт с оценкой              | 0                                              | 0                                           | 0                                                         | 0                |
| Устный опрос / собеседование | 16                                             | 18                                          | 18                                                        | 52               |
| Тестирование                 | 16                                             | 16                                          | 16                                                        | 48               |
| Итого максимум за период     | 32                                             | 34                                          | 34                                                        | 100              |
| Нарастающим итогом           | 32                                             | 66                                          | 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                                                  | E (посредственно)       |
|                                      | 60 – 64                                                  |                         |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов                                           | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Основы радиосвязи: 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. 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.).

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. Методы манипуляции цифровой радиосвязи: Учебное пособие для лекционных и практических занятий, курсового проектирования, самостоятельной работы / С. В. Мелихов - 2017. 64 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7028>.

### **7.3. Учебно-методические пособия**

#### **7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия**

1. Формирование и обработка сигналов систем мобильной связи и Интернета вещей: Методические указания для выполнения практических работ и самостоятельной работы / Е. В. Рогожников, Э. М. Дмитриев, К. В. Диноченко - 2024. 94 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/10932>.

#### **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**

Учебно-научная лаборатория систем связи: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, 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, 230/1 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Анализатор спектра DSA832E. Rigol 8 шт.

Генератор стандартных функций и сигналов DG5071.Rigol 11 шт.

Осциллограф цифровой MSO5104.Rigol 14 шт.

Панель интерактивная со встраиваемым ПК

Монитор 27" 14 шт.

Системный блок AMD Ryzn 7 14 шт.

Стол рабочий CP-14-7 в сборке 1 8 шт.

- Комплект специализированной учебной мебели;

- Рабочее место преподавателя.
- Программное обеспечение:
- Microsoft Office 2019;
- Microsoft Windows 10 Pro;
- Visual Studio;

### 8.3. 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, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 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.

### 8.4. 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

### 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-2 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой                         |
|                                                                                                                                                                  |      | Устный опрос / собеседование | Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования |
|                                                                                                                                                                  |      | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий                            |
| 2 Технологии физического уровня протокола NB-IoT                                                                                                                 | ПК-2 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой                         |
|                                                                                                                                                                  |      | Устный опрос / собеседование | Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования |
|                                                                                                                                                                  |      | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий                            |
| 3 Технологии физического уровня протокола LoraWan                                                                                                                | ПК-2 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой                         |
|                                                                                                                                                                  |      | Устный опрос / собеседование | Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования |
|                                                                                                                                                                  |      | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий                            |
| 4 Сверхзкополосная модуляция (UNB), технологии физического уровня протоколов Sigfox, XNB, NB-FI, формирование и обработка сигналов с сверхзкополосной модуляцией | ПК-2 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой                         |
|                                                                                                                                                                  |      | Устный опрос / собеседование | Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования |
|                                                                                                                                                                  |      | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий                            |
| 5 Технологии физического уровня стандарта 5G NR                                                                                                                  | ПК-2 | Зачёт с оценкой              | Перечень вопросов для зачета с оценкой                         |
|                                                                                                                                                                  |      | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий                            |

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<br>(неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов         | отсутствие знаний или фрагментарные знания                                          | отсутствие умений или частично освоенное умение             | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков    |
| 3<br>(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 |
| 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<br>(неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне <b>ориентирования</b> , 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<br>(удовлетворительно)   | Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.                                                                                                                                                                                           |
| 4 (хорошо)                 | Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> 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 <b>системном</b> 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

- Ошибка в частотной синхронизации при обработке QAM модулированного сигнала приведет:
  - К зашумлению созвездия
  - К фазовому набегу
  - К амплитудным искажениям
  - К ошибке тактовой синхронизации
- Интервал между поднесущими в NB-IoT DL равен:
  - 25 кГц
  - 30 кГц
  - 15 кГц
  - 50 кГц
- Полоса сигнала в системе связи, работающей по технологии UNB составляет
  - 100 Гц

- b) 100кГц
  - c) 100 МГц
  - d) 10 МГц
4. Протокол NB-IoT наиболее близок к
    - a) 5G NR
    - b) LTE
    - c) Sigfox
    - d) LoraWan
  5. Модуль базовой станции который не используется в 5G
    - a) Cu
    - b) Du
    - c) Ru
    - d) BBU
  6. В sigfox применяется модуляция
    - a) QPSK
    - b) BPSK
    - c) DBPSK
    - d) GFSK
  7. В синхроблок 5G NR входит канал:
    - a) PRACH
    - b) PBCH
    - c) PDSCH
    - d) PDCCH
  8. DMRS в 5G NR это
    - a) опорный сигнал
    - b) сигнал синхронизации
    - c) канал для передачи пользовательских данных
    - d) канал для передачи служебных данных
  9. При увеличении SF скорость передачи данных
    - a) увеличивается
    - b) уменьшается
    - c) не изменяется
  10. В основе LoraWan лежит модуляция
    - a) BPSK
    - b) ЛЧМ
    - c) DBPSK
    - d) OFDM
  11. Интерфейс между базовой станцией и ядром сети это
    - a) Fronthaul
    - b) Midhaul
    - c) Backhaul
    - d) Другое

#### **9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой**

1. Сигналы и каналы 5G NR.
2. Сигналы и каналы NB-IoT.
3. Технология UNB.
4. Технология Lora.
5. Синхронизация 5G NR.

#### **9.1.3. Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования**

1. От чего зависит полоса сигнала.
2. На что влияет полоса сигнала.
3. Что такое циклический префикс.
4. Что такое скорость кодирования.
5. Как определить пик-фактор сигнала.

## 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)                                                        |
| 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.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПИШ  
протокол № 3 от «21» 10 2025 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                          | Инициалы, фамилия | Подпись                                                  |
|------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------|
| Заведующий выпускающей каф. ПИШ    | А.С. Перин        | Согласовано,<br>a0f1668d-d020-4ff4-<br>9a8a-4ff4e15b36fe |
| Заведующий обеспечивающей каф. ПИШ | А.С. Перин        | Согласовано,<br>a0f1668d-d020-4ff4-<br>9a8a-4ff4e15b36fe |
| Начальник учебного управления      | Г.А. Цой          | Согласовано,<br>8a5745e4-63a0-4946-<br>bbb0-ce4977ac113e |

### ЭКСПЕРТЫ:

|                                                                                                                                            |                 |                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------|
| Заместитель директора по образованию, каф.<br>Передовая инженерная школа "Электронное<br>приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева | А.В. Жечева     | Согласовано,<br>10222954-0bcd-4026-<br>99f7-5b18919a1928 |
| Доцент, каф. Передовая инженерная школа<br>"Электронное приборостроение и системы связи" им.<br>А.В. Кобзева                               | Е.В. Рогожников | Согласовано,<br>89e0aaec-be8a-4f7b-<br>bd1a-f43585db8135 |

### РАЗРАБОТАНО:

|                                                                                                              |                 |                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------|
| Доцент, каф. Передовая инженерная школа<br>"Электронное приборостроение и системы связи" им.<br>А.В. Кобзева | Е.В. Рогожников | Разработано,<br>89e0aaec-be8a-4f7b-<br>bd1a-f43585db8135 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------|