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 УР
_____Ким М.Ю.
«29» _____10_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФОРМИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ 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: **Системы связи нового поколения**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2026 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Курсовой проект	18	18	часов
Самостоятельная работа	90	90	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	180	180	часов
	5	5	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Экзамен	7
Курсовой проект	7

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ким М.Ю.
Должность: Директор департамента по УР
Дата подписания: 29.10.2025
Уникальный программный ключ:
ed789cd8-2cc6-4431-a59e-8f386b1d44fa

Томск

Согласована на портале № 84777

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).

Индекс дисциплины: Б1.В.ДВ.01.01.07.

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 № 84777

ПК-4. Способен разрабатывать рабочую и проектную документацию и осуществлять контроль ее соответствия стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	ПК-4.1. Знает базовые принципы контроля соответствия стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам разрабатываемых проектов и технической документации	- Обучающийся знает основные нормативные документы (ГОСТ, ТУ, СНиП, СП и др.), регламентирующие разработку проектной документации.
	ПК-4.2. Умеет осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	- Обучающийся умеет анализировать проектную документацию на соответствие нормативным требованиям.
	ПК-4.3. Владеет навыками контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	Обучающийся может самостоятельно проводить экспертизу проектной документации.
ПК-5. Способен разрабатывать системы связи нового поколения и их технологии	ПК-5.1. Знает типовые решения при проектировании систем связи, в том числе нового поколения	Обучающийся знает архитектуру современных систем связи (5G, IoT)
	ПК-5.2. Умеет проводить анализ и расчеты по проектам систем связи, в том числе нового поколения	Может моделировать системы связи в специализированных программных средах (MATLAB)
	ПК-5.3. Владеет навыками разработки проектом систем связи, в том числе нового поколения	Обучающийся может разрабатывать структурные и функциональные схемы систем связи.

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 5 зачетных единиц, 180 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

Согласована на портале № 84777

Курсовой проект	18	18
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	90	90
Написание конспекта самоподготовки	27	27
Написание отчета по курсовому проекту	27	27
Подготовка к тестированию	27	27
Подготовка к устному опросу / собеседованию	9	9
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость (в часах)	180	180
Общая трудоемкость (в з.е.)	5	5

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	Курс. пр.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
7 семестр						
1 Введение	2	8	18	10	38	ПК-4, ПК-5
2 Основы помехоустойчивого кодирования	2	-		10	12	ПК-4, ПК-5
3 Цифровая модуляция (манипуляция)	2	4		10	16	ПК-4, ПК-5
4 Беспроводной канал связи / эквалайзирование	2	2		10	14	ПК-4, ПК-5
5 Синхронизация	2	-		10	12	ПК-4, ПК-5
6 Технология MIMO	2	2		10	14	ПК-4, ПК-5
7 Технологии расширения спектра, кодовое разделение каналов	2	2		10	14	ПК-4, ПК-5
8 Архитектура систем беспроводной связи и IoT	2	-		10	12	ПК-4, ПК-5
9 Технологии физического уровня систем IoT	2	-		10	12	ПК-4, ПК-5
Итого за семестр	18	18	18	90	144	
Итого	18	18	18	90	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
7 семестр			

Согласована на портале № 84777

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-4
	Итого	2	
2 Основы помехоустойчивого кодирования	Линейные блочные коды. Сверточные коды.	2	ПК-4, ПК-5
	Итого	2	
3 Цифровая модуляция (манипуляция)	Основы цифровой модуляции (манипуляции). Амплитудная модуляция, Частотная модуляция, Фазовая модуляция. Мультиплексирование каналов. Технология ортогонального частотного мультиплексирования.	2	ПК-4, ПК-5
	Итого	2	
4 Беспроводной канал связи / эквалайзирование	Основные параметры беспроводного канала связи, затухание сигнала, частотно-селективные замирания, пилотные сигналы, методы оценки канала связи, эквалайзирование.	2	ПК-4, ПК-5
	Итого	2	
5 Синхронизация	Кадровая синхронизация, частотная синхронизация, влияние ошибки синхронизации во временной и частотной области на принимаемый и передаваемый сигнал.	2	ПК-4, ПК-5
	Итого	2	
6 Технология MIMO	Основы технологии MIMO, технологии пространственно-временного кодирования, технологии пространственно-временного мультиплесирования.	2	ПК-4, ПК-5
	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-4, ПК-5
	Итого	2	
8 Архитектура систем беспроводной связи и IoT	Архитектура построения систем мобильной связи и систем Интернета вещей	2	ПК-4, ПК-5
	Итого	2	
9 Технологии физического уровня систем IoT	Знакомство с технологиями Ultra narrow band, Lora, OFDMA	2	ПК-4, ПК-5
	Итого	2	

Согласована на портале № 84777

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	Начало работы с Octave	2	ПК-4, ПК-5
	OFDM модуляция	2	ПК-4, ПК-5
	Кадровая синхронизация	2	ПК-4, ПК-5
	Частотная синхронизация	2	ПК-4, ПК-5
	Итого	8	
3 Цифровая модуляция (манипуляция)	Реализация BPSK передатчика и приёмника в Octave	2	ПК-4, ПК-5
	Реализация QPSK передатчика и приёмника в Octave	2	ПК-4, ПК-5
	Итого	4	
4 Беспроводной канал связи / эквалайзирование	Оценка канала связи/эквалайзирование	2	ПК-4, ПК-5
	Итого	2	
6 Технология MIMO	Технология MIMO	2	ПК-4, ПК-5
	Итого	2	
7 Технологии расширения спектра, кодовое разделение каналов	Кодовое разделение каналов	2	ПК-4, ПК-5
	Итого	2	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

5.5. Курсовой проект

Содержание, трудоемкость контактной аудиторной работы и формируемые компетенции в рамках выполнения курсового проекта 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-4, ПК-5
Итого за семестр	18	
Итого	18	

Примерная тематика курсовых проектов:

1. Формирование сигнала системы передачи данных с использованием технологии OFDM,

Согласована на портале № 84777

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				
1 Введение	Написание конспекта самоподготовки	3	ПК-4	Конспект самоподготовки
	Написание отчета по курсовому проекту	3	ПК-4, ПК-5	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	3	ПК-4, ПК-5	Тестирование
	Подготовка к устному опросу / собеседованию	1	ПК-4	Устный опрос / собеседование
	Итого	10		
2 Основы помехоустойчивого кодирования	Написание конспекта самоподготовки	3	ПК-4, ПК-5	Конспект самоподготовки
	Написание отчета по курсовому проекту	3	ПК-4, ПК-5	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	3	ПК-4, ПК-5	Тестирование
	Подготовка к устному опросу / собеседованию	1	ПК-4, ПК-5	Устный опрос / собеседование
	Итого	10		
3 Цифровая модуляция (манипуляция)	Написание конспекта самоподготовки	3	ПК-4, ПК-5	Конспект самоподготовки
	Написание отчета по курсовому проекту	3	ПК-4, ПК-5	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	3	ПК-4, ПК-5	Тестирование
	Подготовка к устному опросу / собеседованию	1	ПК-4, ПК-5	Устный опрос / собеседование
	Итого	10		

Согласована на портале № 84777

4 Беспроводной канал связи / эквалайзирование	Написание конспекта самоподготовки	3	ПК-4, ПК-5	Конспект самоподготовки
	Написание отчета по курсовому проекту	3	ПК-4, ПК-5	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	3	ПК-4, ПК-5	Тестирование
	Подготовка к устному опросу / собеседованию	1	ПК-4, ПК-5	Устный опрос / собеседование
	Итого	10		
5 Синхронизация	Написание конспекта самоподготовки	3	ПК-4, ПК-5	Конспект самоподготовки
	Написание отчета по курсовому проекту	3	ПК-4, ПК-5	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	3	ПК-4, ПК-5	Тестирование
	Подготовка к устному опросу / собеседованию	1	ПК-4, ПК-5	Устный опрос / собеседование
	Итого	10		
6 Технология MIMO	Написание конспекта самоподготовки	3	ПК-4, ПК-5	Конспект самоподготовки
	Написание отчета по курсовому проекту	3	ПК-4, ПК-5	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	3	ПК-4, ПК-5	Тестирование
	Подготовка к устному опросу / собеседованию	1	ПК-4, ПК-5	Устный опрос / собеседование
	Итого	10		
7 Технологии расширения спектра, кодовое разделение каналов	Написание конспекта самоподготовки	3	ПК-4, ПК-5	Конспект самоподготовки
	Написание отчета по курсовому проекту	3	ПК-4, ПК-5	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	3	ПК-4, ПК-5	Тестирование
	Подготовка к устному опросу / собеседованию	1	ПК-4, ПК-5	Устный опрос / собеседование
	Итого	10		

Согласована на портале № 84777

8 Архитектура систем беспроводной связи и IoT	Написание конспекта самоподготовки	3	ПК-4, ПК-5	Конспект самоподготовки
	Написание отчета по курсовому проекту	3	ПК-4, ПК-5	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	3	ПК-4, ПК-5	Тестирование
	Подготовка к устному опросу / собеседованию	1	ПК-4, ПК-5	Устный опрос / собеседование
	Итого	10		
9 Технологии физического уровня систем IoT	Написание конспекта самоподготовки	3	ПК-4, ПК-5	Конспект самоподготовки
	Написание отчета по курсовому проекту	3	ПК-4, ПК-5	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	3	ПК-4, ПК-5	Тестирование
	Подготовка к устному опросу / собеседованию	1	ПК-4, ПК-5	Устный опрос / собеседование
	Итого	10		
Итого за семестр		90		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		126		

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. пр.	Сам. раб.	
ПК-4	+	+	+	+	Конспект самоподготовки, Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту, Тестирование, Устный опрос / собеседование, Экзамен
ПК-5	+	+	+	+	Конспект самоподготовки, Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту, 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

Согласована на портале № 84777

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	7	8	8	23
Устный опрос / собеседование	7	8	8	23
Тестирование	8	8	8	24
Экзамен				30
Итого максимум за период	22	24	24	100
Нарастающим итогом	22	46	70	100

Балльные оценки для курсового проекта представлены в таблице 6.1.1.

Таблица 6.1.1 – Балльные оценки для курсового проекта

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 курсовому проекту	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)

Согласована на портале № 84777

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. 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.

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

Согласована на портале № 84777

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;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для курсового проекта

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:

- Google Chrome;
- LibreOffice;
- 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, 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;

Согласована на портале № 84777

- 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

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-4, ПК-5	Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Устный опрос / собеседование	Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования
		Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 84777

2 Основы помехоустойчивого кодирования	ПК-4, ПК-5	Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Устный опрос / собеседование	Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования
		Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Цифровая модуляция (манипуляция)	ПК-4, ПК-5	Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Устный опрос / собеседование	Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования
		Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
4 Беспроводной канал связи / эквалайзирование	ПК-4, ПК-5	Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Устный опрос / собеседование	Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования
		Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 84777

5 Синхронизация	ПК-4, ПК-5	Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Устный опрос / собеседование	Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования
		Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
6 Технология MIMO	ПК-4, ПК-5	Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Устный опрос / собеседование	Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования
		Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
7 Технологии расширения спектра, кодовое разделение каналов	ПК-4, ПК-5	Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Устный опрос / собеседование	Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования
		Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 84777

8 Архитектура систем беспроводной связи и IoT	ПК-4, ПК-5	Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Устный опрос / собеседование	Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования
		Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
9 Технологии физического уровня систем IoT	ПК-4, ПК-5	Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Устный опрос / собеседование	Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования
		Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		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

Согласована на портале № 84777

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 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или 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. 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,
    4. В зависимости от расположения reference signals.
3. При OFDM модуляции циклический префикс добавляется
    1. Во временной области,
    2. В частотной области ,
    3. И во временной и в частотной области,

Согласована на портале № 84777

4. Путем дублирования несущей частоты.

4. Циклический префикс используется для
    1. Временной синхронизации,
    2. Частотной синхронизации,
    3. Для защиты от межсимвольной интерференции,
    4. Для увеличения скорости передачи данных.
5. Межсимвольная интерференция в OFDM вызвана
    1. Временем передачи сигнала,
    2. Многолучевостью распространения,
    3. Ошибкой частотной синхронизации,
    4. Высокой скорость передачи данных.
6. Передаточная функция описывает канал связи
    1. Во временной области,
    2. В частотной области,
    3. Как во временной так и в частотной области
    4. В виде вероятностного распределения ошибок
7. Импульсная характеристика описывает канал связи
    1. Во временной области
    2. В частотной области
    3. Как во временной так и в частотной области
    4. В виде вероятностного распределения ошибок
8. Доплеровский сдвиг частоты зависит от:
    1. Несущей частоты
    2. Скорости передатчика
    3. Оба варианта
    4. Мощности передатчика
9. К какому искажению созвездия приведет ошибка временной синхронизации при использовании технологии OFDM
    1. Фазовому набегу,
    2. Зашумлению созвездия,
    3. Оба варианта
    4. К масштабированию созвездия
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
    4. Отношение принятых битов к общему количеству переданных.

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Структурная схема QAM модулятора
2. Технология OFDM,
3. Технология OFDMA,
4. Технология SC-FDMA,
5. Передаточная функция канала связи (Импульсная характеристика канала связи)

9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты курсового проекта

1. Каковы преимущества и недостатки OFDM по сравнению с другими методами модуляции?
2. Каков алгоритм обнаружения пилотного символа в принятой последовательности?
3. Для чего нужен циклический префикс? Как его длина влияет на работу системы?
4. Что такое эквалайзирование, оценка канала связи?
5. Как пик фактор влияет на работу системы связи?

9.1.4. Примерный перечень тематик курсовых проектов

1. Формирование сигнала системы передачи данных с использованием технологии OFDM,

Согласована на портале № 84777

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 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.

9.1.6. 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,
6. Частота дискретизации, интервал дискретизации,
7. Время когерентности и полоса когерентности канала связи.

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

Согласована на портале № 84777

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.

Согласована на портале № 84777

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОР
протокол № 2 от «30» 9 2025 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ИРЭТ	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Заведующий обеспечивающей каф. ТОР	Е.В. Рогожников	Согласовано, b84f9d06-d731-4645-a26c-4b95ce5bb9b9
Начальник учебного управления	Г.А. Цой	Согласовано, 8a5745e4-63a0-4946-bbb0-ce4977ac113e

ЭКСПЕРТЫ:

Заведующий кафедрой, каф. ТОР	Е.В. Рогожников	Согласовано, 89e0aaec-be8a-4f7b-bd1a-f43585db8135
Ассистент, каф. ТОР	Н.Г. Калашникова	Согласовано, 7fd7ed64-c5ab-4932-bae7-32758973d1bc

РАЗРАБОТАНО:

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

Согласована на портале № 84777