МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____П.В. Сенченко
«23» _____12_____ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль) / специализация: **Радиоэлектронные системы и комплексы**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**
Кафедра: **Кафедра радиотехнических систем (РТС)**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2021 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
Самостоятельная работа	56	56	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Экзамен	7

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 23.12.2020
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 57863

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Целью преподавания дисциплины является изучение основных закономерностей передачи информации в цифровых телекоммуникационных системах.

1.2. Задачи дисциплины

1. Задачей дисциплины является формирование у студентов компетенций, позволяющих самостоятельно проводить математический анализ физических процессов в аналоговых и цифровых устройствах формирования, преобразования и обработки сигналов, оценивать реальные и предельные возможности пропускной способности и помехоустойчивости телекоммуникационных систем и сетей.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль специализации (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.06.
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		
ПКР-6. Способен осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования	ПКР-6.1. Знает стадии проектирования.	Знает стадии проектирования систем цифровой радиосвязи - сотовых, транкинговых, спутниковых и радиорелейных
	ПКР-6.2. Умеет разрабатывать техническое задание на проектирование.	Умеет разрабатывать техническое задание на проектирование систем цифровой радиосвязи - сотовых, транкинговых, спутниковых и радиорелейных

Согласована на портале № 57863

ПКР-7. Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных систем и комплексов, а также принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ	ПКР-7.1. Знает принципы проектирования радиоэлектронных систем и комплексов.	Знает принципы проектирования систем цифровой радиосвязи - сотовых, транкинговых, спутниковых и радиорелейных
	ПКР-7.2. Умеет проводить расчеты характеристик радиоэлектронных устройств, радиоэлектронных систем и комплексов.	Умеет проводить расчеты характеристик систем цифровой радиосвязи - сотовых, транкинговых, спутниковых и радиорелейных
	ПКР-7.3. Владеет навыками разработки принципиальных схем радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ.	Владеет навыками разработки принципиальных схем систем цифровой радиосвязи с применением современных САПР и пакетов прикладных программ.

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

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

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

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		7 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	52	52
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	56	56
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	8	8
Написание отчета по лабораторной работе	8	8
Написание отчета по практическому занятию (семинару)	16	16
Выполнение практического задания	12	12
Подготовка к тестированию	12	12
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

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

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

Согласована на портале № 57863

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
7 семестр						
1 Цифровые виды модуляции и сигнального кодирования, их спектральная и энергетическая эффективность	2	2	4	7	15	ПКР-6, ПКР-7
2 Пропускная способность канала связи. Кодирование источника	2	2	-	6	10	ПКР-6, ПКР-7
3 Помехоустойчивое кодирование в телекоммуникационных системах	4	4	4	8	20	ПКР-6, ПКР-7
4 Сигнально-кодовые конструкции в телекоммуникационных системах	2	2	4	7	15	ПКР-6, ПКР-7
5 Сотовые системы цифровой радиосвязи	2	2	4	7	15	ПКР-6, ПКР-7
6 Цифровые радиорелейные и транкинговые системы связи	2	2	-	7	11	ПКР-6, ПКР-7
7 Спутниковые системы цифровой радиосвязи	2	2	-	7	11	ПКР-6, ПКР-7
8 Перспективные системы цифровой радиосвязи	2	2	-	7	11	ПКР-6, ПКР-7
Итого за семестр	18	18	16	56	108	
Итого	18	18	16	56	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

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

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Цифровые виды модуляции и сигнального кодирования, их спектральная и энергетическая эффективность	Анализ цифровых методов модуляции. Модемы сотовой связи FSK, MSK, GMSK и численный анализ вероятности символьной ошибки. Модемы спутниковых систем связи M-QAM, M- PSK, 16-APSK, 32-APSK, и численный анализ вероятности символьной ошибки	2	ПКР-6, ПКР-7
	Итого	2	
2 Пропускная способность канала связи. Кодирование источника	Пропускная способность канала связи. Объем сигнала и емкость канала связи, условия их согласования. Кодирования источника. Методы эффективного кодирования. Фрактальное кодирование изображений. Вейвлет-преобразования сигналов и изображений	2	ПКР-6, ПКР-7
	Итого	2	

Согласована на портале № 57863

3 Помехоустойчивое кодирование в телекоммуникационных системах	Коды Хемминга, БЧХ (Боуза-Чоудхури-Хоквенгема), Рида-Соломона. Циклические избыточные коды CRC (Cyclic redundancy check). Сверточные коды. Декодирование сверточных кодов по методу Витерби. Турбокодирование. Сверточные турбокоды. Декодирование турбокодов. Характеристики по мехоустойчивости сверточных турбокодов. Низкоплотностные коды. Классификация LDPC-кодов. Методы построения проверочных матриц. Алгоритмы декодирования низкоплотных кодов. Каскадных кодов.	4	ПКР-6, ПКР-7
	Итого	4	
4 Сигнально-кодовые конструкции в телекоммуникационных системах	Сигнально-кодовые конструкции на основе Треллис кодовой модуляции (ТСМ) и их анализ. Исследование сигнально-кодовой конструкции на базе системы с ортогональным частотным мультиплексированием и пространственно-временным кодированием OFDM - MIMO.	2	ПКР-6, ПКР-7
	Итого	2	
5 Сотовые системы цифровой радиосвязи	Цифровые системы мобильной связи стандарта GSM. Цифровые системы мобильной связи стандарта CDMA. Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.11 (Wi-Fi). Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.15.4 ZigBee. Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.15.1 (Bluetooth). Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.16 (WiMAX). Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.20 (LTE).	2	ПКР-6, ПКР-7
	Итого	2	

Согласована на портале № 57863

6 Цифровые радиорелейные и транкинговые системы связи	Диапазоны радиоволн до 300 ГГц. ЦРРЛ аппаратура, технологии, применение. Трассы ЦРРЛ - "закрытые", "полузакрытые" и "открытые", влияние рефракции на работу ЦРРЛ. Транкинговые системах радиосвязи - аппаратура, технологии, применение. Сервисы Транкинговых систем радиосвязи. Цифровая система Транкинговой радиосвязи TETPA в России.	2	ПКР-6, ПКР-7
	Итого	2	
7 Спутниковые системы цифровой радиосвязи	Орбиты спутниковых систем радиосвязи (ССР). ССР на эллиптических, геостационарных орбитах и низкоорбитальные. Стационарные, мобильные и персональные ССР. Бортовая и наземная аппаратура и технологии.	2	ПКР-6, ПКР-7
	Итого	2	
8 Перспективные системы цифровой радиосвязи	Корпоративные системы сотовой связи Private Networks –pLTE-A 4G и New Radio 5G/6G. Технолгии 5G ультра широкополосная мобильная связь (enhanced Mobile Broadband, eMBB), сверхнадежная межмашинная связь с низкими задержками (Ultra-Reliable Low Latency Communication, URLLC), ультра узкополосная массовая межмашинная связь (Massive Machine-Type Communications, mMTC).	2	ПКР-6, ПКР-7
	Итого	2	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Цифровые виды модуляции и сигнального кодирования, их спектральная и энергетическая эффективность	Анализ цифровых методов модуляции. Модемы сотовой связи FSK, MSK, GMSK и численный анализ вероятности символьной ошибки. Модемы спутниковых систем связи M-QAM, M- PSK, 16-APSK, 32-APSK, и численный анализ вероятности символьной ошибки	2	ПКР-6, ПКР-7
	Итого	2	

Согласована на портале № 57863

2 Пропускная способность канала связи. Кодирование источника	Пропускная способность канала связи. Объем сигнала и емкость канала связи, условия их согласования. Кодирования источника. Методы эффективного кодирования. Фрактальное кодирование изображений. Вейвлет-преобразования сигналов и изображений	2	ПКР-6, ПКР-7
	Итого	2	
3 Помехоустойчивое кодирование в телекоммуникационных системах	Коды Хемминга, БЧХ (Боуза-Чоудхури-Хоквенгема), Рида-Соломона. Циклические избыточные коды CRC (Cyclic redundancy check). Сверточные коды. Декодирование сверточных кодов по методу Витерби. Турбокодирование. Сверточные турбокоды. Декодирование турбокодов. Характеристики по мехоустойчивости сверточных турбокодов. Низкоплотностные коды. Классификация LDPC-кодов. Методы построения проверочных матриц. Алгоритмы декодирования низкоплотных кодов. Каскадных кодов.	4	ПКР-6, ПКР-7
	Итого	4	
4 Сигнально-кодовые конструкции в телекоммуникационных системах	Сигнально-кодовые конструкции на основе Треллис кодовой модуляции (TCM) и их анализ. Исследование сигнально-кодовой конструкции на базе системы с ортогональным частотным мультиплексированием и пространственно-временным кодированием OFDM - MIMO.	2	ПКР-6, ПКР-7
	Итого	2	
5 Сотовые системы цифровой радиосвязи	Цифровые системы мобильной связи стандарта GSM. Цифровые системы мобильной связи стандарта CDMA. Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.11 (Wi-Fi). Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.15.4 ZigBee. Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.15.1 (Bluetooth). Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.16 (WiMAX). Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.20 (LTE).	2	ПКР-6, ПКР-7
	Итого	2	

Согласована на портале № 57863

6 Цифровые радиорелейные и транкинговые системы связи	Диапазоны радиоволн до 300 ГГц. ЦРРЛ аппаратура, технологии, применение. Трассы ЦРРЛ - "закрытые", "полузакрытые" и "открытые", влияние рефракции на работу ЦРРЛ. Транкинговые системах радиосвязи - аппаратура, технологии, применение. Сервисы Транкинговых систем радиосвязи. Цифровая система Транкинговой радиосвязи ТЕТРА в России.	2	ПКР-6, ПКР-7
	Итого	2	
7 Спутниковые системы цифровой радиосвязи	Орбиты спутниковых систем радиосвязи (ССР). ССР на эллиптических, геостационарных орбитах и низкообитальные. Стационарные, мобильные и персональные ССР. Бортовая и наземная аппаратура и технологии.	2	ПКР-6, ПКР-7
	Итого	2	
8 Перспективные системы цифровой радиосвязи	Корпоративные системы сотовой связи Private Networks –pLTE-A 4G и New Radio 5G/6G. Технолгии 5G ультра широкополосная мобильная связь (enhanced Mobile Broadband, eMBB), сверхнадежная межмашинная связь с низкими задержками (Ultra-Reliable Low Latency Communication, URLLC), ультра узкополосная массовая межмашинная связь (Massive Machine- Type Communications, mMTC).	2	ПКР-6, ПКР-7
	Итого	2	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			

Согласована на портале № 57863

1 Цифровые виды модуляции и сигнального кодирования, их спектральная и энергетическая эффективность	Анализ цифровых методов модуляции. Модемы сотовой связи FSK, MSK, GMSK и численный анализ вероятно сти символьной ошибки. Модемы спутниковых систем связи M-QAM, M-PSK, 16-APSK, 32-APSK, и численный анализ вероятности символьной ошибки	4	ПКР-6, ПКР-7
	Итого	4	
3 Помехоустойчивое кодирование в телекоммуникационных системах	Коды Хемминга, БЧХ (Боуза-Чоудхури-Хоквенгема), Рида-Соломона. Циклические избыточные коды CRC (Cyclic redundancycheck). Сверточные коды. Декодирование сверточных кодов по методу Витерби. Турбокодирование. Сверточные турбокоды. Декодирование турбокодов. Характеристики по мехоустойчивости сверточных турбокодов. Низкоплотностные коды. Классификация LDPC-кодов. Методы построения проверочных матриц. Алгоритмы декодирования низкоплотных кодов. Каскадных кодов.	4	ПКР-6, ПКР-7
	Итого	4	
4 Сигнально-кодовые конструкции в телекоммуникационных системах	Сигнально-кодовые конструкции на основе Треллис кодовой модуляции (TCM) и их анализ. Исследование сигнально-кодовой конструкции на базе системы с ортогональным частотным мультиплексированием и пространственно-временным кодированием OFDM - MIMO.	4	ПКР-6, ПКР-7
	Итого	4	
5 Сотовые системы цифровой радиосвязи	Цифровые системы мобильной связи стандарта GSM. Цифровые системы мобильной связи стандарта CDMA. Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.11 (Wi-Fi). Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.15.4 ZigBee. Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.15.1 (Bluetooth). Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.16 (WiMAX). Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.20 (LTE).	4	ПКР-6, ПКР-7
	Итого	4	
	Итого за семестр	16	

Согласована на портале № 57863

Итого	16	

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
7 семестр				
1 Цифровые виды модуляции и сигнального кодирования, их спектральная и энергетическая эффективность	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПКР-6, ПКР-7	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПКР-6, ПКР-7	Отчет по лабораторной работе
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	1	ПКР-6, ПКР-7	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Выполнение практического задания	1	ПКР-6, ПКР-7	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	1	ПКР-6, ПКР-7	Тестирование
	Итого	7		
2 Пропускная способность канала связи. Кодирование источника	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	2	ПКР-6, ПКР-7	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Выполнение практического задания	2	ПКР-6, ПКР-7	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-6, ПКР-7	Тестирование
	Итого	6		

Согласована на портале № 57863

3 Помехоустойчивое кодирование в телекоммуникационных системах	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПКР-6, ПКР-7	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПКР-6, ПКР-7	Отчет по лабораторной работе
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	2	ПКР-6, ПКР-7	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Выполнение практического задания	1	ПКР-6, ПКР-7	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	1	ПКР-6, ПКР-7	Тестирование
	Итого	8		
4 Сигнально-кодовые конструкции в телекоммуникационных системах	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПКР-6, ПКР-7	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПКР-6, ПКР-7	Отчет по лабораторной работе
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	1	ПКР-6, ПКР-7	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Выполнение практического задания	1	ПКР-6, ПКР-7	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	1	ПКР-6, ПКР-7	Тестирование
	Итого	7		

Согласована на портале № 57863

5 Сотовые системы цифровой радиосвязи	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПКР-6, ПКР-7	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПКР-6, ПКР-7	Отчет по лабораторной работе
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	1	ПКР-6, ПКР-7	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Выполнение практического задания	1	ПКР-6, ПКР-7	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	1	ПКР-6, ПКР-7	Тестирование
	Итого	7		
6 Цифровые радиорелейные и транкинговые системы связи	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	3	ПКР-6, ПКР-7	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Выполнение практического задания	2	ПКР-6, ПКР-7	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-6, ПКР-7	Тестирование
	Итого	7		
7 Спутниковые системы цифровой радиосвязи	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	3	ПКР-6, ПКР-7	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Выполнение практического задания	2	ПКР-6, ПКР-7	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-6, ПКР-7	Тестирование
	Итого	7		
8 Перспективные системы цифровой радиосвязи	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	3	ПКР-6, ПКР-7	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Выполнение практического задания	2	ПКР-6, ПКР-7	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-6, ПКР-7	Тестирование
	Итого	7		
Итого за семестр		56		

Согласована на портале № 57863

	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		92		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности 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.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПКР-6	+	+	+	+	Лабораторная работа, Практическое задание, Тестирование, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию (семинару)
ПКР-7	+	+	+	+	Лабораторная работа, Практическое задание, Тестирование, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию (семинару)

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
7 семестр				
Лабораторная работа	8	10	10	28
Практическое задание	4	4	4	12
Тестирование	2	2	2	6
Отчет по лабораторной работе	4	4	4	12
Отчет по практическому занятию (семинару)	4	4	4	12
Экзамен				30
Итого максимум за период	22	24	24	100
Нарастающим итогом	22	46	70	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

Согласована на портале № 57863

< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Голиков, А. М. Системы радиосвязи и сети телерадиовещания: Курс лекций, компьютерные лабораторные работы, компьютерный практикум, задание на самостоятельную работу [Электронный ресурс] / А. М. Голиков. — Изд. перераб. и доп. — Томск: ТУСУР, 2018. — 354 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8848.

7.2. Дополнительная литература

1. Голиков, А. М. Кодирование в телекоммуникационных системах: Курс лекций, компьютерные лабораторные работы, компьютерный практикум, задание на самостоятельную работу [Электронный ресурс] / А. М. Голиков. — Изд. перераб. и доп. — Томск: ТУСУР, 2018. — 319 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8851.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Голиков, А. М. Системы радиосвязи и сети телерадиовещания: Курс лекций, компьютерные лабораторные работы, компьютерный практикум, задание на самостоятельную работу [Электронный ресурс] / А. М. Голиков. — Изд. перераб. и доп. — Томск: ТУСУР, 2018. — 354 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8848 ..

2. Голиков, А. М. Кодирование в телекоммуникационных системах: Курс лекций, компьютерные лабораторные работы, компьютерный практикум, задание на самостоятельную работу [Электронный ресурс] / А. М. Голиков. — Изд. перераб. и доп. — Томск: ТУСУР, 2018. — 319 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8851 .

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:

Согласована на портале № 57863

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. 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

Лаборатория радиоэлектронных систем передачи информации: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ); 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 401 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Компьютер (8 шт.);
- Монитор (19” SAMSUNG 1730S) (8 шт.);
- Клавиатура (8 шт.);
- Мышь (оптическая) (8 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Far Manager;
- Free Pascal;
- Free Pascal Lazarus (версия 1.6);
- GIMP;
- Google Chrome;
- Microsoft Windows Server 2008;
- Microsoft Windows XP;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;
- Opera;
- Opera Developer;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Scilab;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория радиоэлектронных систем передачи информации: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ); 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 401 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Компьютер (8 шт.);
- Монитор (19” SAMSUNG 1730S) (8 шт.);
- Клавиатура (8 шт.);

Согласована на портале № 57863

- Мышь (оптическая) (8 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Far Manager;
- Free Pascal;
- Free Pascal Lazarus (версия 1.6);
- GIMP;
- Google Chrome;
- Microsoft Windows Server 2008;
- Microsoft Windows XP;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;
- Opera;
- Opera Developer;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Scilab;

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:
- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

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

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для

Согласована на портале № 57863

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 Цифровые виды модуляции и сигнального кодирования, их спектральная и энергетическая эффективность	ПКР-6, ПКР-7	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
2 Пропускная способность канала связи. Кодирование источника	ПКР-6, ПКР-7	Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий

Согласована на портале № 57863

3 Помехоустойчивое кодирование в телекоммуникационных системах	ПКР-6, ПКР-7	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
4 Сигнально-кодовые конструкции в телекоммуникационных системах	ПКР-6, ПКР-7	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
5 Сотовые системы цифровой радиосвязи	ПКР-6, ПКР-7	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий

Согласована на портале № 57863

6 Цифровые радиорелейные и транкинговые системы связи	ПКР-6, ПКР-7	Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
7 Спутниковые системы цифровой радиосвязи	ПКР-6, ПКР-7	Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
8 Перспективные системы цифровой радиосвязи	ПКР-6, ПКР-7	Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий

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 № 57863

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. Какой из фазовых видов модуляции обеспечивает наибольшую помехоустойчивость: 1) BPSK; 2) QPSK; 3) 8-PSK; 4) 16-QAM.
2. Какой из видов частотной модуляции имеет минимальную ширину спектра: 1) FSK; 2) MSK; 3) GMSK; 4) M-FSK.
3. Какой из методов кодирования источника производит кодирование с потерями: 1) Коды Шеннона-Фано; 2) Алгоритм Лемпеля – Зива; 3) Вейвлет преобразование; 4) Коды Хаффмана.
4. Какой код является блоковым: -1) Код Хемминга; 2) БЧХ (Боуза-Чоудхури-Хоквенгема); 3) Рида- Соломона; 4) Файра.
5. Какие из кодов и сигнально-кодовых конструкций наиболее приближены к верхней границе Шеннона: 1) АФМ-16-СК; 2) БЧХ; 3) ФМ-2; 4) АМ-2.
6. Какова длина ключа шифра DES: 1) 48; 2) 56; 3) 128; 4) 256.
7. Какова длина ключа шифра AES: 1) 128, 192, 256; 2) 32, 48, 56; 3) 48, 56, 128; 4) 56, 128, 256.
8. Отечественный стандарт блочного шифрования ГОСТ может работать в следующих

Согласована на портале № 57863

режимах. Какой из них работает как синхронный поточный шифр: 1) Режим простой замены; 2) Режим гаммирования; 3) Режим гаммирования с обратной связью; 4) Режим выработки имитовставки.

9. Чему равна величиной предельной энергетической эффективности (предел Шеннона): 1) 1,59 Дб; 2) 1,69 Дб; 3) 2,56 Дб; 4) 3,22 Дб.
10. Системы мобильной связи стандарта IEEE 802.15.1(Bluetooth). Какой метод расширения спектра используется в стандарте IEEE 802.11 (WIFI): 1) CDMA: 2) DSSS; 3) FHSS; 4) Коды Баркера.

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Поясните термин «Свёрточный код». Важнейшие отличия сверточных кодов от блоковых? Что представляет собой свёрточный кодер?
2. Дайте определения (приведите формулы) показателей информационной, энергетической и частотной эффективности ТКС
3. Средства обеспечения безопасности GSM сетей. Опишите принцип работы семейства алгоритмов А5, используемых для шифрования трафика в сетях GSM.
4. Пропускная способность канала связи. Кодирование источника
5. Как судят о совершенстве методов передачи цифровой информации по степени приближения реальных значений эффективности к предельным значениям?
6. Для чего используются Ассиметричные криптосистемы?
7. Как определяется энергетический выигрыш от применения помехоустойчивого кодирования?
8. Перечислите виды многоуровневой фазовой модуляции
9. По каким схемам производится аппаратная реализация Поточных шифров
10. Коды Боуза-Чоудхури-Хоквенгема (БЧХ).
11. Дайте определение предельной эффективности телекоммуникационных систем и границы К. Шеннона.
12. Сравните основные характеристики шифров DES и AES. Перечислите основные характеристики DES и AES.
13. Энергетическая и спектральная эффективность цифровой радиосвязи.
14. Как называются, как производятся и чем отличаются Многоуровневые модуляции M-PSK, M-QAM?
15. Опишите услуги 5G: сверхширокополосная мобильная связь (enhanced Mobile Broadband, eMBB). Опишите услуги 5G: сверхнадежная межмашинная связь с низкими задержками (Ultra-Reliable Low Latency Communication, URLLC). Опишите услуги 5G: массовая межмашинная связь (Massive Machine-Type Communications, mMTC).
16. Как называются, как производятся и чем отличаются Многоуровневые модуляции M-FSK, MSK и GMSK?
17. Какая модуляция обеспечивает большую помехоустойчивось систем передачи информации M-PSK или M-QPSK?
18. Какие скорости передачи информации достигались при тестировании 5G в мире? Какие задержки достигались при тестировании 5G?
19. Коды Рида-Соломона в каналах с независимыми ошибками.
20. Дайте определение и сравните характеристики модуляций 16-APSK и 32-APSK.
21. Перечислите характеристики сетей мобильной связи 1G, 2G, 3G, 4G: (зоны обслуживания, количество каналов, Скорости передачи, Дальность действия, Диапазоны частот, Ширину полосы).
22. Перечислите методы кодирования источника без потерь.
23. Что такое CRC кодирование? Перечислите все полиномы CRC кодирования и запишите полиномы для CRC-1 и СКС-30.
24. Приведите основные технические характеристики системы мобильной связи WiMAX. Как работает скремблер WiMAX?
25. Кодирование/декодирование в беспроводных системах цифрового вещания и связи. Коды LDPC
26. Как производится кодирование и декодирование Хэмминга?
27. Приведите основные технические характеристики системы мобильной связи IEEE 802.11ax (WiFi6). Какая максимальная скорость передачи WiFi6?

Согласована на портале № 57863

28. Модемы сотовой системы связи (FSK, MSK, GFSK, GMSK).
29. Перечислите методы помехоустойчивого кодирования. Дайте их характеристику.
30. Приведите основные технические характеристики системы мобильной связи IEEE 802.11n. Что такое DSSS и FHSS?
31. Что такое Низкоплотностные коды LDPC? Опишите методы LDPC кодирования.
32. Перечислите виды многоуровневой фазовой модуляции.
33. Сравните основные характеристики шифров DES и AES. Перечислите основные характеристики DES и AES. Опишите работу Алгоритма шифрования DES. Опишите работу Алгоритма шифрования AES.
34. Чем отличаются методы мягкого и жесткого сверточного декодирования Витерби?
35. Опишите криптографические протоколы SSL и TLS. Опишите криптографические протоколы IP SEC. Что включает в себя протокол IP SEC? Перечислите уровни моделей ISO/OSI и уровни TCP/IP.
36. Что такое Джиттер? Опишите методы его измерения. Как Джиттер используется для оценки помехоустойчивости систем связи.
37. Дайте определение и сравните характеристики модуляций 16-APSK и 32-APSK.
38. Приведите основные технические характеристики системы мобильной связи IEEE 802.11ax (WiFi 6). Какая максимальная скорость передачи WiFi6?
39. Перечислите методы помехоустойчивого кодирования.
40. Опишите методы кодирования с потерями - фрактальные и вейвлет.

9.1.3. Темы лабораторных работ

1. Анализ цифровых методов модуляции. Модемы сотовой связи FSK, MSK, GMSK и численный анализ вероятно сти символьной ошибки. Модемы спутниковых систем связи M-QAM, M-PSK, 16-APSK, 32-APSK, и численный анализ вероятности символьной ошибки
2. Коды Хемминга, БЧХ (Боуза- Чоудхури-Хоквенгема), Рида- Соломона. Циклические избыточные коды CRC (Cyclic redundancycheck). Сверточные коды. Декодирование сверточных кодов по методу Витерби. Турбокодирование. Сверточные турбокоды. Декодирование турбокодов. Характеристики по мехоустойчивости сверточных турбокодов. Низкоплотностные коды. Классификация LDPC-кодов. Методы построения проверочных матриц. Алгоритмы декодирования низкоплотных кодов. Каскадных кодов.
3. Сигнально-кодовые конструкции на основе Треллис кодовой модуляции (TCM) и их анализ. Исследование сигнально-кодовой конструкции на базе системы с ортогональным частотным мультиплексированием и пространственно-временным кодированием OFDM - MIMO.
4. Цифровые системы мобильной связи стандарта GSM. Цифровые системы мобильной связи стандарта CDMA. Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.11 (Wi-Fi). Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.15.4 ZigBee. Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.15.1 (Bluetooth). Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.16 (WiMAX). Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.20 (LTE).

9.1.4. Темы практических заданий

Анализ цифровых методов модуляции. Модемы сотовой связи FSK, MSK, GMSK и численный анализ вероятности символьной ошибки. Модемы спутниковых систем связи M-QAM, M- PSK, 16-APSK, 32-APSK, и численный анализ вероятности символьной ошибки

1. Пропускная способность канала связи. Объем сигнала и емкость канала связи, условия их согласования. Кодирования источника. Методы эффективного кодирования. Фрактальное кодирование изображений. Вейвлет- преобразования сигналов и изображений
2. Коды Хемминга, БЧХ (Боуза- Чоудхури-Хоквенгема), Рида- Соломона. Циклические избыточные коды CRC (Cyclic redundancy check). Сверточные коды. Декодирование сверточных кодов по методу Витерби. Турбокодирование. Сверточные турбокоды. Декодирование турбокодов. Характеристики по мехоустойчивости сверточных турбокодов. Низкоплотностные коды. Классификация LDPC-кодов. Методы построения проверочных матриц. Алгоритмы декодирования низкоплотных кодов. Каскадных кодов.
3. Сигнально-кодовые конструкции на основе Треллис кодовой модуляции (TCM) и их

Согласована на портале № 57863

анализ. Исследование сигнально-кодовой конструкции на базе системы с ортогональным частотным мультиплексированием и пространственно-временным кодированием OFDM - MIMO.

4. Цифровые системы мобильной связи стандарта GSM. Цифровые системы мобильной связи стандарта CDMA. Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.11 (Wi-Fi). Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.15.4 ZigBee. Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.15.1 (Bluetooth). Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.16 (WiMAX). Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.20 (LTE).
5. Диапазоны радиоволн до 300 ГГц. ЦРРЛ аппаратура, технологии, применение. Трассы ЦРРЛ - "закрытые", "полузакрытые" и "открытые", влияние рефракции на работу ЦРРЛ. Транкинговые системах радиосвязи - аппаратура, технологии, применение. Сервисы Транкинговых систем радиосвязи. Цифровая система Транкинговой радиосвязи TETPA в России.
6. Орбиты спутниковых систем радиосвязи (ССР). ССР на эллиптических, геостационарных орбитах и низкообитальные. Стационарные, мобильные и персональные ССР. Бортовая и наземная аппаратура и технологии.
7. Корпоративные системы сотовой связи Private Networks –pLTE-A 4G и New Radio 5G/6G. Технолгии 5G ультра широкополосная мобильная связь (enhanced Mobile Broadband, eMBB), сверхнадежная межмашинная связь с низкими задержками (Ultra-Reliable Low Latency Communication, URLLC), ультра узкополосная массовая межмашинная связь (Massive Machine- Type Communications, mMTC).

9.1.5. Темы практических занятий

1. Анализ цифровых методов модуляции. Модемы сотовой связи FSK, MSK, GMSK и численный анализ вероятности символьной ошибки. Модемы спутниковых систем связи M-QAM, M- PSK, 16-APSK, 32-APSK, и численный анализ вероятности символьной ошибки
2. Пропускная способность канала связи. Объем сигнала и емкость канала связи, условия их согласования. Кодирования источника. Методы эффективного кодирования. Фрактальное кодирование изображений. Вейвлет- преобразования сигналов и изображений
3. Коды Хемминга, БЧХ (Боуза- Чоудхури-Хоквенгема), Рида- Соломона. Циклические избыточные коды CRC (Cyclic redundancy check). Сверточные коды. Декодирование сверточных кодов по методу Витерби. Турбокодирование. Сверточные турбокоды. Декодирование турбокодов. Характеристики по мехоустойчивости сверточных турбокодов. Низкоплотностные коды. Классификация LDPC-кодов. Методы построения проверочных матриц. Алгоритмы декодирования низкоплотных кодов. Каскадных кодов.
4. Сигнально-кодовые конструкции на основе Треллис кодовой модуляции (TCM) и их анализ. Исследование сигнально-кодовой конструкции на базе системы с ортогональным частотным мультиплексированием и пространственно-временным кодированием OFDM - MIMO.
5. Цифровые системы мобильной связи стандарта GSM. Цифровые системы мобильной связи стандарта CDMA. Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.11 (Wi-Fi). Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.15.4 ZigBee. Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.15.1 (Bluetooth). Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.16 (WiMAX). Цифровые системы мобильной связи стандарта IEEE 802.20 (LTE).
6. Диапазоны радиоволн до 300 ГГц. ЦРРЛ аппаратура, технологии, применение. Трассы ЦРРЛ - "закрытые", "полузакрытые" и "открытые", влияние рефракции на работу ЦРРЛ. Транкинговые системах радиосвязи - аппаратура, технологии, применение. Сервисы Транкинговых систем радиосвязи. Цифровая система Транкинговой радиосвязи TETPA в России.
7. Орбиты спутниковых систем радиосвязи (ССР). ССР на эллиптических, геостационарных орбитах и низкообитальные. Стационарные, мобильные и персональные ССР. Бортовая и наземная аппаратура и технологии.
8. Корпоративные системы сотовой связи Private Networks –pLTE-A 4G и New Radio 5G/6G. Технолгии 5G ультра широкополосная мобильная связь (enhanced Mobile Broadband,

Согласована на портале № 57863

eMBB), сверхнадежная межмашинная связь с низкими задержками (Ultra-Reliable Low Latency Communication, URLLC), ультра узкополосная массовая межмашинная связь (Massive Machine- Type Communications, mMTC).

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 9.2.

Таблица 9.2 – 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

Согласована на портале № 57863

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 № 57863

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС
протокол № 4 от « 1 » 12 2020 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. РТС	А.А. Мещеряков	Согласовано, 5bbb058c-a625-4513-8e7f-25eb16694704
Заведующий обеспечивающей каф. РТС	А.А. Мещеряков	Согласовано, 5bbb058c-a625-4513-8e7f-25eb16694704
Начальник учебного управления	Е.В. Саврук	Согласовано, fa63922b-1fce-4a6a-845d-9ce7670b004c

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. РТС	В.А. Громов	Согласовано, bbaa5b2b-4c38-484f-a5bb-85f9ddafe277
Старший преподаватель, каф. РТС	Д.О. Ноздреватых	Согласовано, bd0039b0-9c48-4859-9803-60c9ddba7116

РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. РТС	А.М. Голиков	Разработано, d76b3893-b3a9-44a5-84f8-e53e691ec9d0

Согласована на портале № 57863