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

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ СВЯЗИ

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: **3, 4**
Семестр: **6, 7**
Учебный план набора 2021 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	6 семестр	7 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	28		28	часов
Практические занятия	14		14	часов
Лабораторные занятия	16		16	часов
Курсовая работа		18	18	часов
Самостоятельная работа	50	54	104	часов
Подготовка и сдача экзамена	36		36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	72	216	часов
	4	2	6	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Экзамен	6
Курсовая работа	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 № 61468

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

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

1.2. Задачи дисциплины

1. Основной задачей дисциплины является формирование у студентов компетенций, позволяющих самостоятельно проводить математический анализ физических процессов в 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: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль специальности (general hard skills – GHS).
Индекс дисциплины: Б1.О.03.24.
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		
ОПК-1. Способен представить адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы естественных наук и математики	Знает как подбирать соответствующую литературу и использовать содержащуюся там информацию.
	ОПК-1.2. Умеет анализировать проблемы, процессы и явления в области физики, использовать на практике базовые знания и методы физических исследований, а также умеет применять методы решения математических задач в профессиональной области	Умеет обосновывать достоверность полученных результатов.
	ОПК-1.3. Владеет практическими навыками решения инженерных задач	Владеет математическим аппаратом для решения задач теоретической и прикладной радиотехники, методами исследования и моделирования систем передачи информации

Согласована на портале № 61468

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 и системотехники.
	ПКР-6.2. Умеет разрабатывать техническое задание на проектирование.	Умеет оценивать возможность технической реализации проекта.

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 6 зачетных единиц, 216 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	
		6 семестр	7 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	76	58	18
Лекционные занятия	28	28	
Практические занятия	14	14	
Лабораторные занятия	16	16	
Курсовая работа	18		18
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	104	50	54
Подготовка к дискуссии	2	2	
Подготовка к тестированию	10	10	
Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения	8	8	
Выполнение индивидуального задания	11	11	
Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	1	1	
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	5	5	
Подготовка к устному опросу / собеседованию	5	5	
Подготовка к контрольной работе	3	3	
Написание отчета по лабораторной работе	2	2	
Подготовка к защите отчета по практическому занятию	3	3	
Подготовка к защите курсовой работы	4		4
Написание отчета по курсовой работе	50		50
Подготовка и сдача экзамена	36	36	
Общая трудоемкость (в часах)	216	144	72
Общая трудоемкость (в з.е.)	6	4	2

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 № 61468

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Курс. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
6 семестр							
1 Введение	1	1	-	-	2	4	ОПК-1, ПКР-6
2 Математические модели сигналов и помех	3	1	-	-	4	8	ОПК-1, ПКР-6
3 Преобразования сигналов в системах связи	4	2	4	-	9	19	ОПК-1, ПКР-6
4 Помехоустойчивое кодирование	6	2	8	-	14	30	ОПК-1, ПКР-6
5 Кодирование источника	2	2	-	-	9	13	ОПК-1, ПКР-6
6 Методы приема цифровых сигналов	7	2	-	-	4	13	ОПК-1, ПКР-6
7 Многостанционный доступ	4	2	4	-	6	16	ОПК-1, ПКР-6
8 Заключение	1	2	-	-	2	5	ОПК-1, ПКР-6
Итого за семестр	28	14	16	0	50	108	
7 семестр							
9 Курсовое проектирование-Многоканальная цифровая СПИ	-	-	-	18	54	72	ОПК-1, ПКР-6
Итого за семестр	0	0	0	18	54	72	
Итого	28	14	16	18	104	180	

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
6 семестр			
1 Введение	Информация и сигнал. Сигнал и его спектр. Виды информационных систем: передачи, хранения, извлечения информации и проч. Линии и среды передачи. Принципы преобразования сообщений в электрические сигналы. Современные системы передачи информации и история их возникновения.	1	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	1	

Согласована на портале № 61468

2 Математические модели сигналов и помех	Виды сигналов и каналов для их передачи: непрерывный, дискретный, цифровой. Цифровые сигналы: символ, алфавит, основание кода, ряд распределения, основные числовые характеристики, собственная информация и энтропия, избыточность. Примеры символов и физический смысл их числовых характеристик. Последовательность символов – полное вероятностное описание и числовые характеристики. Пропускная способность канала без помех. Пропускная способность двоичного симметричного канала с ошибками. Дискретные сигналы: непрерывная случайная величина, плотность вероятности, числовые характеристики, дифференциальная энтропия. Стационарная последовательность непрерывных случайных величин. Непрерывные сигналы: функционал плотности вероятности и числовые характеристики стационарного случайного процесса, спектр плотности мощности. Непрерывные сигналы, обладающие максимальной неопределенностью. Взаимная информация. Помехи в системах передачи информации. Аддитивная помеха. Пропускная способность непрерывного канала с аддитивным белым гауссовским шумом. Мультипликативная помеха. Временные, частотные и пространственные селективные замирания в канале со случайно изменяющимися параметрами.Методы аналитического и геометрического представления сигналов и помех.	3	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	3	

Согласована на портале № 61468

3 Преобразования сигналов в системах связи	Обобщенная модель информационной системы и ее модификации для систем связи, радиолокации, радионавигации, телеуправления, телеметрии и т.п. Задачи приема. Симплексные, дуплексные и полудуплексные системы. Прямой и обратный каналы. Преобразование Фурье и его свойства, примеры. Фильтрация непрерывного сигнала, модуляция (АМ, АМ ОБП, ЧМ) и детектирование. Дискретные сигналы: квантование по времени непрерывного сигнала, теорема отсчетов, АЦП и ЦАП, ДПФ и его свойства, БПФ. Цифровые сигналы: элементарные преобразования, линейная цифровая фильтрация, генерирование последовательностей символов. Модуляция гармонической несущей цифровым сигналом (АМ, ЧМ, ФМ, ОФМ, КАМ), корреляционный прием и согласованная фильтрация. Векторное представление сигналов. Спектры модулированных сигналов, межсимвольная интерференция, OFDM, методы передачи и приема. Виды кодирования цифровых сигналов. Принципы статистического анализа и синтеза информационных систем.	4	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	4	

Согласована на портале № 61468

4 Помехоустойчивое кодирование	Способность кода обнаруживать и исправлять шибки, кодовое расстояние.Теоремы Шеннона о кодировании в цифровом канале с помехами. Линейные блочные коды. Код Хемминга. Циклические коды. Порождающий полином. Способы кодирования и декодирования циклических кодов. Декодирование в системах с каналом переспроса. Помехоустойчивость систем с обратной связью (ОС). Кодирование в каналах с мультипликативной помехой, перемежение символов. Особенности систем передачи информации, в которых применяется помехоустойчивое кодирование.	6	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	6	
5 Кодирование источника	Статистическое кодирование. Коды Шеннона-Фано, Хаффмана, блоковое кодирование. Метод Лемпела–Зива.Теорема Шеннона о кодировании в цифровом канале без ошибок. Методы сжатия с потерей информации. Специализированные методы кодирования: вокодер, MP-3, MPEG и проч.	2	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	2	

Согласована на портале № 61468

6 Методы приема цифровых сигналов	Априорная информация о сигналах и помехах. Когерентные и некогерентные системы передачи информации. Постановка задачи об оптимальном демодуляторе (приемнике) цифровых сигналов. Критерии качества. Критерий максимума средней вероятности правильного приема. Решающая схема, построенная по правилу максимума апостериорной вероятности. Отношение правдоподобия. Оптимальный прием в канале с постоянными параметрами при наличии аддитивного белого шума. Вероятность ошибки при приеме многопозиционных сигналов. Прием сигнала в условиях многолучевости. Способы разнесенного приема. Регенерация цифрового сигнала в ретрансляторах. Поэлементный прием цифровых сигналов и прием "в целом".	7	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	7	
7 Многостанционный доступ	Основные положения теории разделения сигналов в системах многоканальной связи. Системы передачи с линейно-независимыми сигналами. Условия разделимости сигналов, определитель Грама. Геометрическая трактовка разделения сигналов. Многостанционный доступ с частотным и временным методами разделения каналов. Структурные схемы многоканальных систем с ЧРК и ВРК, особенности формирования групповых сигналов и построения разделяющих устройств. Кодовое разделение каналов. Междуканальные помехи. Синхронизация в системах передачи информации с многостанционным доступом.	4	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	4	
8 Заключение	Перспективы развития систем передачи информации.	1	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	1	

Согласована на портале № 61468

	Итого за семестр	28	
7 семестр			
9 Курсовое проектирование-Многоканальная цифровая СПИ	Многоканальная цифровая СПИ предназначена для передачи цифровых сигналов от M однотипных источников информации по одному или нескольким арендуемым стандартным аналоговым каналам и характеризуется следующими параметрами: 1) число каналов M; 2) длина двоичной кодовой комбинации (слова) на входе канала Kc, бит; 3) средняя скорость на входе канала Vc, слов/с; 4) тип корректирующего кода; 5) тип манипуляции; 6) способ уплотнения каналов; 7) битовая вероятность ошибки на выходе демодулятора в прямом канале Pб; 8) спектральная плотность мощности аддитивного белого шума на входах приемников прямого и обратного каналовNo, Вт/Гц; 9) затухание в прямом и обратном каналах, Gдб.	-	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	-	
	Итого за семестр	-	
	Итого	28	

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
6 семестр			
1 Введение	Способы передачи информации	1	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	1	
2 Математические модели сигналов и помех	Аддитивные и мультипликативные помехи. Методы аналитического и геометрического представления сигналов и помех.	1	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	1	

Согласована на портале № 61468

3 Преобразования сигналов в системах связи	АЦП и ЦАП. Корреляционный приемник. Модуляция гармонической несущей цифровым сигналом. Линейная цифровая фильтрация, генерирование последовательностей символов	2	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	2	
4 Помехоустойчивое кодирование	Способность кода обнаруживать и исправлять ошибки, кодовое расстояние. Линейные блоковые коды. Код Хемминга. Циклические коды. Декодирование в системах с каналом переспроса.	2	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	2	
5 Кодирование источника	Собственная информация, энтропия, избыточность. Коды Шеннона-Фано, Хаффмана, Лемпела–Зива. Взаимная информация, скорость пере-дачи информации, пропускная способность канала.	2	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	2	
6 Методы приема цифровых сигналов	Отношение правдоподобия и преобразования сигнала с шумом. Прием цифрового сигнала в канале с постоянными параметрами при наличии аддитивного белого шума. Разнесенный прием. Предельные характеристики системы передачи информации.	2	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	2	
7 Многостанционный доступ	Условия разделимости сигналов, определитель Грама. Многостанционный доступ с частотным и временным методом разделения каналов. Междуканальные помехи. Синхронизация в системах передачи информации с многостанционным доступом.	2	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	2	
8 Заключение	Характеристики СПИ	2	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	2	
Итого за семестр		14	
Итого		14	

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
6 семестр			

Согласована на портале № 61468

3 Преобразования сигналов в системах связи	Исследование аналого-цифрового преобразователя	4	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	4	
4 Помехоустойчивое кодирование	Исследование сверточного кодирования и порогового декодирования.	4	ОПК-1, ПКР-6
	Исследование помехоустойчивости кода с проверкой на четность и циклического кода.	2	ОПК-1, ПКР-6
	Биортогональные коды.	2	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	8	
7 Многостанционный доступ	Исследование системы связи с временным разделением каналов с время-импульсной модуляцией.	4	ОПК-1, ПКР-6
	Итого	4	
Итого за семестр		16	
Итого		16	

5.5. Курсовая работа

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

Таблица 5.5 – Содержание контактной аудиторной работы и ее трудоемкость

Содержание контактной аудиторной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр		
Выдача индивидуальных вариантов заданий, разъяснение их смысла и требований к отчету. Методика анализа литературы и разработки укрупненной функциональной схемы СПИ.	4	ПКР-6
Выполнение расчетной части задания. Разработка окончательной функциональной схемы СПИ, написание отчета.	12	ПКР-6
Предварительная проверка, коррекция и защита отчета по курсовой работе.	2	ПКР-6
Итого за семестр	18	
Итого	18	

Примерная тематика курсовых работ:

1. Многоканальная цифровая система передачи информации - вариант 1
2. Многоканальная цифровая система передачи информации - вариант 2
3. Многоканальная цифровая система передачи информации - вариант 3
4. Многоканальная цифровая система передачи информации - вариант 4
5. Многоканальная цифровая система передачи информации - вариант 5

Общая часть задания

Многоканальная цифровая СПИ предназначена для передачи цифровых сигналов от M однотипных источников информации по одному или нескольким арендуемым стандартным аналоговым каналам и характеризуется следующими параметрами:

1) число каналов M;
2) длина двоичной кодовой комбинации (слова) на входе канала Kc, бит;
3) средняя скорость на входе канала Vc, слов/с;
4) тип корректирующего кода;

Согласована на портале № 61468

5) тип манипуляции;
6) способ уплотнения каналов;
7) битовая вероятность ошибки на выходе демодулятора в прямом канале Рб;
8) спектральная плотность мощности аддитивного белого шума на входах приемников прямого и обратного каналов No, Вт/Гц;
9) затухание в прямом и обратном каналах G, дб.

Вопросы, подлежащие разработке:

1) разработка укрупненной структурной схемы системы в целом для передачи в одном направлении;
2) выбор способов введения и численных значений параметров синхросигналов;
3) выбор способа мультиплексирования - биты, байты, слова (при временном уплотнении каналов);
4) расчет значений всех временных интервалов, определяющих структуру цифровых канальных и (при временном уплотнении каналов) группового сигналов с учетом влияния повторной передачи кодовых комбинаций при обнаружении ошибок;
5) выбор численных значений параметров корректирующего кода, обнаруживающего ошибки, при которых обеспечивается минимальная требуемая мощность передатчика при заданной битовой вероятности ошибки на выходе демодулятора;
6) определение типа и параметров модуляции, битовой вероятности ошибки и мощности передатчика в канале переспроса;
7) вычисление битовой вероятности ошибки на выходе демодулятора, вычисление вероятности ошибки при приеме кодового слова и битовой вероятности ошибки на выходе декодера в режиме исправления ошибки при выбранной мощности передатчика и используемых параметрах корректирующего кода;
8) расчет битовой вероятности ошибки на выходе демодулятора в системе, не использующей помехоустойчивое кодирование, при выбранной мощности передатчика;
9) разработка детальной функциональной схемы кодера и декодера, обнаруживающего ошибки, для выбранного корректирующего кода, либо моделирование в среде Matlab (по выбору студента);
10) расчет полосы частот, необходимой для передачи группового сигнала и сигнала переспроса на выходе системы;
11) разработка функциональной схемы модулятора и демодулятора в первой ступени уплотнения;
12) выбор численных значений параметров модуляции в первой и, в случае необходимости, последующих ступенях уплотнения;
13) разработка функциональной схемы устройства тактовой синхронизации, приемников канального и, при необходимости, циклового синхросигналов;
14) вычисление вероятностей ошибок ложного фазирования и сбоя синхронизации и определение емкостей накопителей по входу в синхронизм и выходу из синхронизма;
15) оценка частоты появления ошибок и заключение о ее соответствии назначению системы;
16) разработка способа сопряжения системы с аналоговой аппаратурой частотного уплотнения телефонных каналов для передачи групповых сигналов по одному или нескольким арендуемым стандартным трактам; 17) разработка структурной схемы системы в целом для передачи в одном направлении.

Варианты различаются численными значениями исходных данных, приведенными в руководстве по курсовому проектированию.

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
6 семестр				

Согласована на портале № 61468

1 Введение	Подготовка к дискуссии	1	ОПК-1, ПКР-6	Дискуссия
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-6	Тестирование
	Итого	2		
2 Математические модели сигналов и помех	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ПКР-6	Тестирование
	Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения	1	ОПК-1, ПКР-6	Задачи и упражнения
	Выполнение индивидуального задания	1	ОПК-1, ПКР-6	Индивидуальное задание
	Итого	4		
3 Преобразования сигналов в системах связи	Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения	1	ОПК-1, ПКР-6	Задачи и упражнения
	Выполнение индивидуального задания	2	ОПК-1, ПКР-6	Индивидуальное задание
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-6	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	1	ОПК-1, ПКР-6	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ОПК-1, ПКР-6	Лабораторная работа
	Подготовка к устному опросу / собеседованию	2	ОПК-1, ПКР-6	Устный опрос / собеседование
	Итого	9		

Согласована на портале № 61468

4 Помехоустойчивое кодирование	Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения	1	ОПК-1, ПКР-6	Задачи и упражнения
	Выполнение индивидуального задания	4	ОПК-1, ПКР-6	Индивидуальное задание
	Подготовка к контрольной работе	2	ОПК-1, ПКР-6	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-6	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ОПК-1, ПКР-6	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ОПК-1, ПКР-6	Отчет по лабораторной работе
	Подготовка к устному опросу / собеседованию	2	ОПК-1, ПКР-6	Устный опрос / собеседование
	Итого	14		
5 Кодирование источника	Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения	4	ОПК-1, ПКР-6	Задачи и упражнения
	Подготовка к защите отчета по практическому занятию	3	ОПК-1, ПКР-6	Защита отчета по практическому занятию
	Подготовка к тестированию	2	ОПК-1, ПКР-6	Тестирование
	Итого	9		
6 Методы приема цифровых сигналов	Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения	1	ОПК-1, ПКР-6	Задачи и упражнения
	Выполнение индивидуального задания	2	ОПК-1, ПКР-6	Индивидуальное задание
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-6	Тестирование
	Итого	4		

Согласована на портале № 61468

7 Многостанционный доступ	Выполнение индивидуального задания	2	ОПК-1, ПКР-6	Индивидуальное задание
	Подготовка к контрольной работе	1	ОПК-1, ПКР-6	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-6	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ОПК-1, ПКР-6	Лабораторная работа
	Подготовка к устному опросу / собеседованию	1	ОПК-1, ПКР-6	Устный опрос / собеседование
	Итого	6		
8 Заключение	Подготовка к дискуссии	1	ОПК-1, ПКР-6	Дискуссия
	Подготовка к тестированию	1	ОПК-1, ПКР-6	Тестирование
	Итого	2		
Итого за семестр		50		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
7 семестр				
9 Курсовое проектирование-Многоканальная цифровая СПИ	Подготовка к защите курсовой работы	4	ОПК-1, ПКР-6	Защита курсовой работы
	Написание отчета по курсовой работе	50	ОПК-1, ПКР-6	Курсовая работа, Отчет по курсовой работе
	Итого	54		
Итого за семестр		54		
Итого		140		

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.	Курс. раб.	Сам. раб.	

Согласована на портале № 61468

ОПК-1	+	+	+	+	+	Защита курсовой работы, Защита отчета по лабораторной работе, Защита отчета по практическому занятию, Индивидуальное задание, Контрольная работа, Устный опрос / собеседование, Отчет по курсовой работе, Курсовая работа, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен, Дискуссия, Задачи и упражнения, Отчет по лабораторной работе
ПКР-6	+	+	+	+	+	Защита курсовой работы, Защита отчета по лабораторной работе, Защита отчета по практическому занятию, Индивидуальное задание, Контрольная работа, Устный опрос / собеседование, Отчет по курсовой работе, Курсовая работа, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен, Дискуссия, Задачи и упражнения, Отчет по лабораторной работе

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
6 семестр				
Защита отчета по лабораторной работе	0	6	6	12
Защита отчета по практическому занятию	2	2	2	6
Индивидуальное задание	0	4	4	8
Контрольная работа	0	4	4	8
Устный опрос / собеседование	1	1	1	3
Лабораторная работа	0	4	4	8
Тестирование	1	2	2	5
Дискуссия	1	1	1	3
Задачи и упражнения	1	3	3	7
Отчет по лабораторной работе	0	4	6	10
Экзамен				30
Итого максимум за период	6	31	33	100
Нарастающим итогом	6	37	70	100

Балльные оценки для курсовой работы представлены в таблице 6.1.1.
Таблица 6.1.1 – Балльные оценки для курсовой работы

Согласована на портале № 61468

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				
Устный опрос / собеседование	10	10	10	30
Отчет по курсовой работе	0	0	70	70
Итого максимум за период	10	10	80	100
Нарастающим итогом	10	20	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

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

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

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

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Теория электрической связи: Учебное пособие / Ю. П. Акулиничев, А. С. Бернгардт - 2015. 196 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5858.

7.2. Дополнительная литература

1. Радиотехнические цепи и сигналы. Часть 1 Теория сигналов и линейные цепи: Учебное пособие / Н. А. Каратаева - 2012. 261 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2798.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

Согласована на портале № 61468

1. Теория электрической связи: Учебно - методическое пособие для проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов / Ю. П. Акулиничев - 2012. 202 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1758.

2. 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.

3. Теория и техника передачи информации : Методические указания по проведению лабораторных работ и организации самостоятельной работы студентов / А. В. Новиков, А. С. Бернгардт - 2015. 48 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4978.

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

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 защищенных систем связи: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 432 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Приборы измерительные (17 шт.);
- Макеты лабораторные: "Исследование спектров импульсных модулированных сигналов", "Исследование преобразования непрерывных величин в цифровой двоичный код", "Исследование многоканальной системы передачи информации с временным разделением каналов", "Исследование системы связи с дельта-модуляцией", "Исследование биортогонального кода", "Исследование сверточного кода", "Код с проверкой на четность и циклический код";
- Компьютер WS3;
- Компьютер Celeron (4 шт.);
- Телевизор плазменный Pioneer с диагональю экрана 51;
- Комплект специализированной учебной мебели;

Согласована на портале № 61468

- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Microsoft Windows 7 Pro;
- OpenOffice;
- Opera;
- PTC Mathcad 13, 14;

Лаборатория защищенных систем связи: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 432 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Приборы измерительные (17 шт.);
- Макеты лабораторные: "Исследование спектров импульсных модулированных сигналов", "Исследование преобразования непрерывных величин в цифровой двоичный код", "Исследование многоканальной системы передачи информации с временным разделением каналов", "Исследование системы связи с дельта-модуляцией", "Исследование биортогонального кода", "Исследование сверточного кода", "Код с проверкой на четность и циклический код";
- Компьютер WS3;
- Компьютер Celeron (4 шт.);
- Телевизор плазменный Pioneer с диагональю экрана 51;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- Microsoft Windows 7 Pro;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;
- Opera;
- PTC Mathcad 13, 14;

Лаборатория защищенных систем связи: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 432 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Приборы измерительные (17 шт.);
- Макеты лабораторные: "Исследование спектров импульсных модулированных сигналов", "Исследование преобразования непрерывных величин в цифровой двоичный код", "Исследование многоканальной системы передачи информации с временным разделением каналов", "Исследование системы связи с дельта-модуляцией", "Исследование биортогонального кода", "Исследование сверточного кода", "Код с проверкой на четность и циклический код";
- Компьютер WS3;
- Компьютер Celeron (4 шт.);
- Телевизор плазменный Pioneer с диагональю экрана 51;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Microsoft Windows 7 Pro;
- Opera;
- PTC Mathcad 13, 14;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория защищенных систем связи: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034,

Согласована на портале № 61468

Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 432 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Приборы измерительные (17 шт.);
- Макеты лабораторные: "Исследование спектров импульсных модулированных сигналов", "Исследование преобразования непрерывных величин в цифровой двоичный код", "Исследование многоканальной системы передачи информации с временным разделением каналов", "Исследование системы связи с дельта-модуляцией", "Исследование биортогонального кода", "Исследование сверточного кода", "Код с проверкой на четность и циклический код";
- Компьютер WS3;
- Компьютер Celeron (4 шт.);
- Телевизор плазменный Pioneer с диагональю экрана 51;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Adobe Acrobat Reader;
- Far Manager;
- Google Chrome;
- Microsoft Windows 7 Pro;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;
- Opera;
- PTC Mathcad 13, 14;

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для курсовой работы

Лаборатория защищенных систем связи: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 432 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Приборы измерительные (17 шт.);
- Макеты лабораторные: "Исследование спектров импульсных модулированных сигналов", "Исследование преобразования непрерывных величин в цифровой двоичный код", "Исследование многоканальной системы передачи информации с временным разделением каналов", "Исследование системы связи с дельта-модуляцией", "Исследование биортогонального кода", "Исследование сверточного кода", "Код с проверкой на четность и циклический код";
- Компьютер WS3;
- Компьютер Celeron (4 шт.);
- Телевизор плазменный Pioneer с диагональю экрана 51;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;
- Opera;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Scilab;

8.5. 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.;

Согласована на портале № 61468

- 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.

8.6. 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	ОПК-1, ПКР-6	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Дискуссия	Примерный перечень тем для дискуссий

Согласована на портале № 61468

2 Математические модели сигналов и помех	ОПК-1, ПКР-6	Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Задачи и упражнения	Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений
3 Преобразования сигналов в системах связи	ОПК-1, ПКР-6	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Устный опрос / собеседование	Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Задачи и упражнения	Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений

Согласована на портале № 61468

4 Помехоустойчивое кодирование	ОПК-1, ПКР-6	Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Устный опрос / собеседование	Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Задачи и упражнения	Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
5 Кодирование источника	ОПК-1, ПКР-6	Защита отчета по практическому занятию	Примерный перечень вопросов для защиты практических занятий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Задачи и упражнения	Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений
6 Методы приема цифровых сигналов	ОПК-1, ПКР-6	Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Задачи и упражнения	Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений

Согласована на портале № 61468

7 Многостанционный доступ	ОПК-1, ПКР-6	Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Устный опрос / собеседование	Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
8 Заключение	ОПК-1, ПКР-6	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Дискуссия	Примерный перечень тем для дискуссий
9 Курсовое проектирование-Многоканальная цифровая СПИ	ОПК-1, ПКР-6	Защита курсовой работы	Примерный перечень вопросов для защиты курсовой работы
		Отчет по курсовой работе	Примерный перечень тематик курсовых работ

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 № 61468

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. В когерентной СПИ генераторы несущей в передатчике и приемнике должны обладать такой стабильностью, чтобы при отключении ФАПЧ фазы выдаваемых колебаний не расходились заметно в течение: 1) импульса; 2) сеанса связи; 3) нескольких сотен импульсов; 4) одного периода несущей.
2. Некогерентной называется система передачи информации, в которой ожидаемые значения начальных фаз всех принимаемых импульсов: 1) известны; 2) неизвестны; 3) оцениваются в процессе приема;
3. Прием очередного импульса рассматривается как прием сигнала с известной начальной фазой в СПИ: 1) когерентной; 2) некогерентной; 3) частично-когерентной; 4) всегда.
4. Прием очередного импульса рассматривается как прием сигнала со случайной начальной фазой, равномерно распределенной в интервале $0–2\pi$, в СПИ: 1) когерентной; 2) некогерентной; 3) частично-когерентной; 4) всегда.
5. Битовая вероятность ошибки на выходе демодулятора в двоичной когерентной СПИ при наличии аддитивного белого шума зависит лишь от: 1) величины разнесения несущих частот сигналов, соответствующих символам 0 и 1; 2) отношения амплитуд полезного

Согласована на портале № 61468

сигнала и шума; 3) от-
ношения энергии разностного сигнала к спектральной плотности мощности шума; 4) отношения энергий сигналов, соответствующих символам 0 и 1.

6. Помехоустойчивость при корреляционном приеме определяется: 1) величиной отношения средних мощносей сигнала и помехи на входе приемника в полосе сигнала; 2) мощностью сигнала на входе приемника; 3) мощностью шума на входе приемника; 4) отношением мощности шума
на выходе приемника к мощности шума на входе.
7. Необходимое условие возможности линейного разделения канальных сигналов без взаимных помех в многоканальной СПИ: 1) сигналы должны быть аналоговыми; 2) сигналы должны быть линейно независимыми; 3) сигналы должны быть цифровыми; 4) сигналы должны быть случайными.
8. Синхронизация не требуется: 1) в многоканальных СПИ с временным разделением каналов; 2) в многоканальных СПИ с кодовым разделением каналов. 3) в многоканальных цифровых СПИ с частотным разделением каналов; 4) в многоканальных аналоговых СПИ с частотным разделением каналов.
9. Ортогональность канальных сигналов необходима: 1) для уменьшения требуемой полосы частот; 2) для упрощения устройства разделения каналов; 3) для увеличения отношения сигнал/шум; 4) для увеличения скорости передачи информации.
10. При уплотнении каналов в системе с ВРК используют: 1) мультиплексор; 2) набор полосовых фильтров; 3) блок генераторов N гармонических колебаний и смесителей; 4) блок N генераторов ортогональных двоичных последовательностей.
11. При уплотнении каналов в системе с ЧРК используют: 1) мультиплексор; 2) набор полосовых фильтров; 3) блок генераторов N гармонических колебаний и смесителей; 4) блок N генераторов ортогональных двоичных последовательностей.
12. Причина появления мультипликативной помехи – это: 1) многолучевой механизм распространения волн на трассе; 2) непрямоугольность частотных характеристик канальных полосовых фильтров; 3) низкое отношение сигнал-шум; 4) излучение посторонних источников.
13. Ожидаемое сообщение считается случайным: 1) всегда; 2) лишь если имеются замирания; 3) лишь если имеются помехи; 4) только при передаче в канале без помех.
14. При передаче сигнала с понижением битовой скорости ширина его спектра: 1) увеличивается; 2) уменьшается; 3) не меняется; 4) не меняется, но сам спектр сдвигается в область более низких частот.

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Информация. Канал связи. Линия связи.
2. Дискретные и цифровые сигналы, их статистическое описание.
3. Код, алфавит кода, основание кода. Дискретный сигнал, как кодовая комбинация.
4. Аддитивные и мультипликативные помехи. Нормальный белый шум.
5. Методы аналитического и геометрического представления сигналов и помех. Энергии сигналов и расстояние между ними, независимость и ортогональность сигналов.
6. Модель системы передачи информации. Основная терминология в области цифровой связи.
7. Основные этапы преобразования сигнала в цифровых системах связи.
8. Дискретизация во времени непрерывного сигнала. Восстановление непрерывного сигнала из дискретного. Шум дискретизации.
9. Модуляция импульсной несущей непрерывным сигналом. АИМ, ШИМ, ВИМ, вид спектров.
10. АЦП и ЦАП. Основные характеристики, шум квантования, компандирование. Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ), основной цифровой сигнал.
11. Количество информации, единицы измерения, свойства. Собственная информация, энтропия, избыточность.
12. Энтропия последовательности символов. Условная энтропия, удельная энтропия, избыточность и причины ее появления.
13. Средняя взаимная информация. Скорость создания, скорость передачи и скорость потери информации. Техническая скорость передачи информации.

Согласована на портале № 61468

14. Информация в непрерывных сигналах. Дифференциальная энтропия непрерывного отсчета. Условная дифференциальная энтропия.
15. Пропускная способность дискретного канала связи, определение. Пропускная способность двоичного симметричного канала. Пропускная способность непрерывного канала. Энергетическая и частотная эффективность.
16. Согласование канала с источником информации. Код, алфавит кода, основание кода. Классификация кодов. Кодирование источника. Теорема Шеннона для канала без помех. Эффективные коды, принципы эффективного кодирования.
17. Код Хаффмана, пример кодирования алфавита из 4-х символов с вероятностями (1/8, 1/8, 1/4, 1/2), избыточность и эффективность до и после кодирования.
18. Код Шеннона - Фано, пример кодирования алфавита из 4-х символов с вероятностями (1/8, 1/8, 1/4, 1/2), избыточность и эффективность до и после кодирования.
19. Сжатие информации. Алгоритм Лемпела –Зива.
20. Кодирование в канале с помехами. Прямая и обратная теоремы о кодировании. Основные принципы помехоустойчивого кодирования. Классификация кодов.
21. Линейные блочные коды. Геометрическое представление кода. Кодовое расстояние, кратность обнаруживаемых и исправляемых ошибок.
22. Линейные блочные коды с однократной проверкой на четность. Синдромные и проверочные соотношения. Схема кодера и декодера
23. Линейные блочные коды с проверкой на четность. Производящая и проверочная матрицы. Приведение к каноническому виду. Определение кодового расстояния по матрицам G и H.
24. Код Хемминга. Свойства. Структура производящей и проверочной матриц. Систематический код Хэмминга (7,4). Кодер и декодер.
25. Неравенство Хэмминга. Его физический смысл и значение в теории кодирования.
26. Ортогональные и биортогональные коды. Матрица Адамара.
27. Циклические коды. Основные свойства. Полиномиальное представление, производящий и проверочный полиномы. Требования к производящему полиному.
28. Циклические коды. Алгоритмы кодирования циклического кода, схема кодера систематического кода.
29. Алгоритм декодирования циклического кода, схема декодера циклического кода.
30. Циклические коды Хэмминга, коды БЧХ.
31. Сверточные коды. Основные свойства, производящие полиномы, пример кодера со скоростью кода 1/2.
32. Понятие о матричных, каскадных и турбокодах.
33. Использование канала переспроса. Виды обратной связи. Определение вероятностей ошибок при работе декодера в режиме обнаружения ошибок при независимых ошибках. Битовая
вероятность ошибки.
34. Определение вероятностей ошибок при работе декодера в режиме исправления ошибок при независимых ошибках. Битовая вероятность ошибки.
35. Модуляция гармонической несущей цифровым сигналом. АМ, ЧМ, ФМ, относительная или дифференциальная ФМ (ОФМ). Причина ее применения.
36. Модуляция гармонической несущей аналоговым сигналом. АМ, ЧМ, ФМ, однополосная АМ (АМОБП). Вид спектров модулированных сигналов и полоса частот, требуемая для передачи.
37. Многопозиционные методы модуляции и причины их применения.
38. Межсимвольная интерференция и методы ее устранения. Модуляция ортогональных несущих цифровым сигналом (ортогональные частотно-разделенные сигналы, OFDM).
39. Компромиссы при использовании модуляции и кодирования, цели разработчика систем связи, характеристика вероятности появления ошибки, минимальная ширина полосы по Найквисту, теорема Шеннона-Хартли о пропускной способности канала.
40. Перемежение (интерливинг) символов, цели и методы применения. Варианты построения перемежителей.
41. Скремблирование. Цели применения.
42. Множественный доступ с частотным разделением каналов. Достоинства и недостатки, междуканальные искажения.

Согласована на портале № 61468

43. Множественный доступ с временным разделением каналов. Достоинства и недостатки, междуканальные искажения.
44. Множественный доступ с кодовым разделением каналов. Расширение спектра. Прямое расширение (Метод прямой последовательности).
45. Расширение спектра. Методы программной скачкообразной перестройки частоты.
46. Ортогональное частотное уплотнение каналов (OFDMA)
47. Демодуляция цифровых сигналов. Корреляционный приемник и согласованный фильтр.
48. Демодуляция цифровых сигналов. Когерентность (синфазность). Когерентные, квазикогерентные и некогерентные системы. Синхронизация.
49. Прием сигналов в условиях многолучевости.
50. Радиорелейные линии. Ретрансляция и регенерация сигналов.

9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты курсовой работы

1. По каким признакам можно определить, что проверочная матрица принадлежит коду, способному исправить любую одиночную ошибку?
2. Чем обусловлена популярность циклических кодов? Из каких логических элементов состоят кодер и декодер?
3. В чем заключается фундаментальное свойство комбинаций циклического кода?
4. Может ли помехоустойчивый код быть безызбыточным?
5. Почему декодирование по минимуму расстояния применяется редко?
6. Являются ли сверточные коды блочными, и чем обусловлена их популярность?
7. Какова цель перемежения символов?
8. Какие способы комбинирования кодов используют в системах связи?

9.1.4. Примерный перечень тематик курсовых работ

1. Многоканальная цифровая система передачи информации - вариант 1
2. Многоканальная цифровая система передачи информации - вариант 2
3. Многоканальная цифровая система передачи информации - вариант 3
4. Многоканальная цифровая система передачи информации - вариант 4
5. Многоканальная цифровая система передачи информации - вариант 5

Общая часть задания

Многоканальная цифровая СПИ предназначена для передачи цифровых сигналов от M однотипных источников информации по одному или нескольким арендуемым стандартным аналоговым каналам и характеризуется следующими параметрами:

1) число каналов M;
2) длина двоичной кодовой комбинации (слова) на входе канала Kc, бит;
3) средняя скорость на входе канала Vc, слов/с;
4) тип корректирующего кода;
5) тип манипуляции;
6) способ уплотнения каналов;
7) битовая вероятность ошибки на выходе демодулятора в прямом канале Pб;
8) спектральная плотность мощности аддитивного белого шума на входах приемников прямого и обратного каналов No, Вт/Гц;
9) затухание в прямом и обратном каналах G, дб.

Вопросы, подлежащие разработке:

1) разработка укрупненной структурной схемы системы в целом для передачи в одном направлении;
2) выбор способов введения и численных значений параметров синхросигналов;
3) выбор способа мультиплексирования - биты, байты, слова (при временном уплотнении каналов);
4) расчет значений всех временных интервалов, определяющих структуру цифровых канальных и (при временном уплотнении каналов) группового сигналов с учетом влияния повторной передачи кодовых комбинаций при обнаружении ошибок;
5) выбор численных значений параметров корректирующего кода, обнаруживающего ошибки, при которых обеспечивается минимальная требуемая мощность передатчика при заданной битовой вероятности ошибки на выходе демодулятора;
6) определение типа и параметров модуляции, битовой вероятности ошибки и мощности

Согласована на портале № 61468

передатчика в канале переспроса;
7) вычисление битовой вероятности ошибки на выходе демодулятора, вычисление вероятности ошибки при приеме кодового слова и битовой вероятности ошибки на выходе декодера в режиме исправления ошибки при выбранной мощности передатчика и используемых параметрах корректирующего кода;
8) расчет битовой вероятности ошибки на выходе демодулятора в системе, не использующей помехоустойчивое кодирование, при выбранной мощности передатчика;
9) разработка детальной функциональной схемы кодера и декодера, обнаруживающего ошибки, для выбранного корректирующего кода, либо моделирование в среде Matlab (по выбору студента);
10) расчет полосы частот, необходимой для передачи группового сигнала и сигнала переспроса на выходе системы;
11) разработка функциональной схемы модулятора и демодулятора в первой ступени уплотнения;
12) выбор численных значений параметров модуляции в первой и, в случае необходимости, последующих ступенях уплотнения;
13) разработка функциональной схемы устройства тактовой синхронизации, приемников канального и, при необходимости, циклового синхросигналов;
14) вычисление вероятностей ошибок ложного фазирования и сбоя синхронизации и определение емкостей накопителей по входу в синхронизм и выходу из синхронизма;
15) оценка частоты появления ошибок и заключение о ее соответствии назначению системы;
16) разработка способа сопряжения системы с аналоговой аппаратурой частотного уплотнения телефонных каналов для передачи групповых сигналов по одному или нескольким арендуемым стандартным трактам; 17) разработка структурной схемы системы в целом для передачи в одном направлении.

Варианты различаются численными значениями исходных данных, приведенными в руководстве по курсовому проектированию.

9.1.5. Примерный перечень тем для дискуссий

1. Технология MIMO и работа при наличии мультипликативных помех.
2. Почему удобно использовать разные методы аналитического и геометрического представления сигналов и помех.
3. Причины широкого использования псевдослучайных последовательностей.
4. Основные методы сжатия с потерей информации.
5. Поэлементный прием цифровых сигналов и прием "в целом".

9.1.6. Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий

1. Математическое описание сигналов и помех.
2. Кодирование источника.
3. Кодирование канала.
4. Ошибки при демодуляции.
5. Регенерация цифрового сигнала.

Типовой пример оформления расчетной работы

Расчетная работа 4, дата сдачи :xxx Каждую из работ представить в виде отдельной брошюры. Все расчеты сопровождать подробными пояснениями вплоть до подстановки численных значений. После завершения всех вычислений по каждой из задач результаты округляются до двух знаков после десятичной точки и приводятся в виде таблицы в том же порядке, как они даны в задании. Последнее (дополнительное) значение в таблице ответов – это сумма S всех приведенных в ней значений (контрольная сумма).

1) Номер варианта работы равен номеру N студента в списке группы.

2) Файл в формате Word 2007 с именем “Фамилия-Группа-Номер работы” направлять по адресу: xxx@mail.ru. Использовать подтверждение об открытии сообщения. Возможно представление твердой копии.

3) Оформление в соответствии со стандартом ТУСУР. Обязательны ссылки на источники, в т. ч. студенческие.

4) Баллы по работам, представленным позже 24 час указанной даты, начисляются в половинном размере.

Согласована на портале № 61468

5) Работы, содержащие признаки копирования, даже с подстановкой собственных данных, рассматриваться не будут.

Примеры расчетных заданий

Задача 1 – Битовая вероятность ошибки при передаче цифрового сигнала

Источник информации создает цифровой поток В мегабит в секунду. На вход радиолинии с выхода передатчика подается последовательность двоичных радиоимпульсов, модулированных по закону М (М=1 для АМ, М=2 для ЧМ с ортогональными сигналами, М=3 для ФМ). Задана требуемая вероятность битовой ошибки Рош на выходе оптимального когерентного демодулятора Рош и ослабления в линии F. На входе приемника присутствует аддитивный белый гауссовский шум со спектральной плотностью No. Определить требуемую среднюю мощность W передаваемых сигналов обоих видов (0 и 1) без использования корректирующего кода (W1), при использовании (n,k)-кода Хэмминга в режиме исправления ошибки (W2) и в режиме обнаружения ошибки

(W3). Определить в каждом из режимов вероятность битовой ошибки на выходе линии связи (декодера) (РБ1, РБ2, РБ3). При расчетах считать, что вероятность ошибки в канале переспроса (режим обнаружения ошибки) пренебрежимо мала по сравнению с вероятностью появления искаженной комбинации на выходе декодера. Примечания: 1) 1пВт=10-12 Вт. 2) При вычислении отношения сигнал/шум необходимо учитывать, что длительность передаваемых импульсов должна уменьшаться при увеличении избыточности, чтобы обеспечить заданную скорость передачи В информационных символов.

Задача 2. Регенерация цифрового сигнала при передаче на большие расстояния

На кабельной линии, содержащей n регенерационных участков, регенерация двоичных импульсов в полном смысле этого слова проводится лишь в обслуживаемых регенерационных пунктах (ОРП), размещенных на каждом m-м участке. На остальных участках размещены необслуживаемые регенерационные пункты (НРП), в которых входной сигнал лишь усиливается. Определить вероятность ошибки при демодуляции сигнала на выходе некогерентной линии Рош, если при n=1

эта величина известна [1]. Найти отношение сигнал/шум q1, которое потребовалось бы для обеспечения той же вероятности ошибки Рош на выходе линии для двух случаев: 1) все регенераторы –

это НРП (qНРП, дБ); 2) все регенераторы – это ОРП (qОРП, дБ).

9.1.7. Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений

1. Дискретизация непрерывных сигналов, АЦП и ЦАП.
2. Линейные блочные коды, коды Хэмминга.
3. Циклические коды, коды БЧХ .
4. Скорость передачи информации. Пропускная способность канала.
5. Избыточность и кодирование в каналах без помех.
6. Демодуляция цифровых сигналов.
7. Многостанционный доступ.

9.1.8. Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ

1. Из каких соображений выбирается шаг квантования непрерывного сигнала по времени?
2. Дайте определения терминов: сообщение, сигнал, помеха, канал связи, линия связи, многоканальная связь, многостанционный доступ, техническая скорость передачи.
3. Почему шаг квантования непрерывного сигнала по времени выбирается меньше того значения, которое следует из теоремы отсчетов
4. Какие коды называются корректирующими?
5. Что значит «обнаружить ошибки» при декодировании кодовой комбинации?
6. Что значит «исправить ошибки» при декодировании кодовой комбинации?

9.1.9. Примерный перечень вопросов для устного опроса / собеседования

1. В чем смысл разнесённого приёма сигналов и какие виды разнесения вы знаете
2. Что изменится, если при определении всех информационных понятий изменить основание логарифма? Повлияет ли это на основные результаты, которые даёт теория

Согласована на портале № 61468

информации?
3. Каково назначение кодирования в канале без помех?
4. Чем хорош или плох источник информации, обладающий большой энтропией?
5. Можно ли при помощи взаимной информации измерять степень зависимости случайных величин x и y? Если это так, то чем это лучше оценки степени зависимости при помощи коэффициента корреляции?

9.1.10. Темы лабораторных работ

1. Исследование аналого-цифрового преобразователя
2. Исследование сверточного кодирования и порогового декодирования.
3. Исследование помехоустойчивости кода с проверкой на четность и циклического кода.
4. Биортогональные коды.
5. Исследование системы связи с временным разделением каналов с время-импульсной модуляцией.

9.1.11. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Математическое описание сигналов и помех.
2. Кодирование источника.
3. Кодирование канала.
4. Ошибки при демодуляции.
5. Регенерация цифрового сигнала

9.1.12. Примерный перечень вопросов для защиты практических занятий

1. Сформулируйте, в чем состоит отличие цифрового сигнала от дискретного, от непрерывного.
2. Что нужно задать для полного вероятностного описания: последовательности отсчетов сигнала; непрерывной случайной функции
3. В чем отличие аддитивной помехи от мультипликативной? Приведите примеры каналов связи с такими помехами.
4. Какие преимущества дает представление сигналов как элементов векторного пространства?
5. В чем отличие Евклидова пространства от пространства Хемминга?
6. Будут ли линейно независимые сигналы ортогональными?
7. Опишите этапы аналого-цифрового преобразования непрерывного сигнала.
8. Опишите этапы цифро-аналогового преобразования.

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

Согласована на портале № 61468

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.

Основная рекомендация сводится к обеспечению равномерной активной работы студентов над курсом в течение учебного семестра.

При изучении курса следует стараться понять то общее, что объединяет рассматриваемые вопросы. Например, для методов передачи сигналов ключевым является понятие избыточности и ее роль при передаче информации. Для методов приема общей является идея уменьшения апостериорной неопределенности относительно передаваемого сигнала по сравнению с априорной неопределенностью.

Лекционные занятия рекомендуется проводить с применением демонстрационного материала, например, с демонстрацией презентаций.

Практические занятия и лабораторные работы также желательно проводить с использованием имеющихся на кафедре демонстрационных материалов. Используя имеющиеся оригинальные программы, ряд задач можно выполнять дома.

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

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

Согласована на портале № 61468

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 № 61468

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС
протокол № 4 от «19» 11 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:

Профессор, каф. РТС	Ю.П. Акулиничев	Разработано, bd8b7ed3-fbb2-4918-8be3-330023fdd6c5

Согласована на портале № 61468