МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теоретические основы статистической радиотехники и беспроводной связи

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль) / специализация: **Системы радиосвязи и радиодоступа**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **ТОР, Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2016 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	5 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	36	36	часов
2	Практические занятия	36	36	часов
3	Лабораторные работы	36	36	часов
4	Всего аудиторных занятий	108	108	часов
5	Самостоятельная работа	108	108	часов
6	Всего (без экзамена)	216	216	часов
7	Общая трудоемкость	216	216	часов
		6.0	6.0	З.Е.

Дифференцированный зачет: 5 семестр

Томск 2018

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 23.08.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Согласована на портале № 37057

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 12 от « 4 » 7 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного 06.03.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

доцент кафедры РТС каф. РТС _____ А. С. Бернгардт

Заведующий обеспечивающей каф. РТС _____ С. В. Мелихов

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан РТФ _____ К. Ю. Попова

Заведующий выпускающей каф. ТОР _____ А. А. Гельцер

Эксперты:

Доцент кафедры радиотехнических систем (РТС) _____ В. А. Громов

Доцент кафедры телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР) _____ С. И. Богомолов

Согласована на портале № 37057

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Изучение рассматриваемой дисциплины направлено на формирование у студентов следующих компетенций.

Профессиональные компетенции (ПК):

ПК -7 – готовностью к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта

ПК -16 – готовностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования

Для достижения указанной цели на первом этапе необходимо ознакомить студентов с основными принципами и методами современной статистической теории обработки сигналов, а именно: с методами вероятностного описания случайных процессов с помощью плотностей вероятностей и моментных функций; корреляционной и спектральной теорией случайных процессов; методами синтеза оптимальных систем. На следующем этапе необходимо ознакомить студентов с технологиями мобильной связи, а именно: существующими системами беспроводного доступа, принципами их функционирования и методами оценки пропускной способности; особенностями распространения радиоволн используемых диапазонов частот; влиянием многолучёвости каналов распространения на пропускную способностью беспроводных каналов; используемыми методами модуляции и помехоустойчивого кодирования; использованием пространственно-временных методов передачи; способами выравнивания характеристик канала; технологией модуляции на нескольких несущих; широкополосными системами передачи; технологиями мульти-плексирования каналов; сотовой организацией сетей связи. Учебным планом предусмотрены лекционные, лабораторные и практические занятия.

1.2. Задачи дисциплины

– Основной задачей дисциплины является формирование у студентов компетенций, позволяющих на математическом и физическом уровне понимать сущность оптимальных преобразований сигналов в системах беспроводного доступа при наличии мешающих факторов в виде собственного шума приемно-усилительных устройств и внешних помех и оценить их влияние на пропускную способность системы. Вместе с тем задачей курса является формирование базовых знаний, умений и навыков в части применения метода статистического моделирования на ЭВМ для расчета оценок вероятностных характеристик инфокоммуникационных систем, определяющих их качество при обнаружении, раз-личении и измерении параметров сигналов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Теоретические основы статистической радиотехники и беспроводной связи» (Б1.В.ДВ.2.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Информатика, Математика, Сигналы электросвязи, Теория вероятностей и математическая статистика, Теория электрических цепей.

Последующими дисциплинами являются: Общая теория связи, Сетевые технологии высокоскоростной передачи данных, Сети связи и системы коммутации.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-7 готовностью к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта;

– ПК-16 готовностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** математические модели сигналов и помех; принципы и основы статистической теории обнаружения, различения и оценки неизвестных параметров сигналов при наличии помех; физический и содержательный смысл и взаимосвязь параметров сигнала, которые определяют потенциальные характеристики систем обнаружения (различения) и оценки параметров при наличии

Согласована на портале № 37057

собственного шума приемных устройств; типовые структуры оптимальных систем обработки сигналов при их обнаружении (различении) и оценке параметров на фоне шума приемных устройств; физические основы и технические возможности современных технологий мобильной связи; принципы многоканальной передачи и распределения информации; области применения, типы контента и требования к качеству услуг, обеспечиваемых различными современными технологиями мобильной связи.

– **уметь** аргументировано изложить постановку задачи статистического синтеза оптимального обнаружителя – различителя полезного сигнала на фоне помехи; выполнять типовые расчеты вероятностных характеристик систем обнаружения и передачи информации; выбирать на практике тип современной технологии для организации мобильной связи конкретного проекта; разрабатывать и обосновывать соответствующие техническому заданию и современному уровню развития теории и техники структурные схемы систем связи и архитектуру соответствующих мобильных сетей с учетом условий их эксплуатации, включая требования экономики, качества предоставляемых услуг, охраны труда и окружающей среды; обоснованно выбирать функциональные блоки систем и сетей связи с учетом требований электромагнитной совместимости, технологичности, удобства и надежности эксплуатации, экономической и спектральной эффективности; осуществлять расчет или обоснованный выбор значений параметров функциональных блоков систем связи на основе результатов анализа требований к качеству предоставляемых услуг, стремясь к их технико-экономической оптимизации; проводить имитационный или натурный эксперимент по измерению основных показателей и характеристик систем и их функциональных блоков. быть готовым осваивать принципы работы, технические характеристики и конструктивные особенности используемого оборудования и средств передачи информации, осуществлять их техническую эксплуатацию.

– **владеть** специальной терминологией; способами статистического описания свойств сигналов и помех; общей методологией статистического анализа устройств обработки сигналов и синтеза оптимальных систем обработки сигналов в инфокоммуникационных системах; первичными навыками выбора функциональных блоков систем беспроводной связи и их объединения для совместной работы при составлении проекта системы, его реализации и технической эксплуатации;

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		5 семестр
Аудиторные занятия (всего)	108	108
Лекции	36	36
Практические занятия	36	36
Лабораторные работы	36	36
Самостоятельная работа (всего)	108	108
Подготовка к контрольным работам	5	5
Выполнение домашних заданий	8	8
Оформление отчетов по лабораторным работам	29	29
Проработка лекционного материала	36	36
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	30	30
Всего (без экзамена)	216	216
Общая трудоемкость, ч	216	216
Зачетные Единицы	6.0	6.0

Согласована на портале № 37057

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
5 семестр						
1 Введение	1	0	0	1	2	ПК-16, ПК-7
2 Сведения из теории вероятностей	2	2	0	5	9	ПК-16, ПК-7
3 Математическое описание случайных сигналов и помех	3	3	4	9	19	ПК-16, ПК-7
4 Спектральный анализ сигналов	3	3	0	7	13	ПК-16, ПК-7
5 Гауссовские случайные процессы	2	3	4	10	19	ПК-16, ПК-7
6 Отклик линейных систем на воздействие случайных сигналов	3	3	0	9	15	ПК-16, ПК-7
7 Оптимальные линейные системы	3	3	6	16	28	ПК-16, ПК-7
8 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов при наличии помех	3	2	6	13	24	ПК-16, ПК-7
9 Преобразования сигналов в каналах связи. Модуляция.	3	3	12	14	32	ПК-16, ПК-7
10 Кодирование сигналов в системах мобильной связи.	3	4	4	9	20	ПК-16, ПК-7
11 Многолучевое распространение сигналов мобильной связи.	3	3	0	4	10	ПК-16, ПК-7
12 Демодуляция цифровых сигналов.	3	3	0	4	10	ПК-16, ПК-7
13 Многоканальная передача и многостанционный доступ. Широкополосная беспроводная связь.	3	4	0	6	13	ПК-16, ПК-7
14 Заключение.	1	0	0	1	2	ПК-16, ПК-7
Итого за семестр	36	36	36	108	216	
Итого	36	36	36	108	216	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			

Согласована на портале № 37057

1 Введение	Информация и сигналы. Основные понятия и определения.	1	ПК-16, ПК-7
	Итого	1	
2 Сведения из теории вероятностей	Основные понятия и определения теории вероятностей; теоремы сложения и умножения; надёжность системы. Описание случайных величин; дискретные и непрерывные случайные величины; плотность вероятности; функция распределения. Числовые характеристики случайных величин; математическое ожидание, СКО и дисперсия, корреляционная функция, начальный и центральный моменты. Гауссовские случайные величины.	2	ПК-16, ПК-7
	Итого	2	
3 Математическое описание случайных сигналов и помех	Понятие случайного процесса. Вероятностное описание случайных процессов. Моментные функции случайного процесса. Стационарные случайные процессы. Эргодические случайные процессы. Временные средние. Описание совокупности двух случайных процессов. Свойства кореляционной и взаимно корреляционной функций. Белый шум.	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
4 Спектральный анализ сигналов	Спектральная плотность мощности. Свойства спектральной плотности мощности. Взаимная спектральная плотность мощности. Определение моментных функций и спектральной плотности мощности по экспериментальным данным.	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
5 Гауссовские случайные процессы	Понятие гауссовского случайного процесса и его свойства. Узкополосные гауссовские случайные процессы.	2	ПК-16, ПК-7
	Итого	2	
6 Отклик линейных систем на воздействие случайных сигналов	Постановка задачи анализа линейных систем. Анализ линейной системы в переходном режиме при стационарном воздействии. Имитация случайного процесса с заданной спектральной плотностью. Формирующий фильтр. Анализ линейной системы в стационарном (установившемся режиме). Чисто белый шум и системы с ограниченной полосой пропускания. Эквивалентная шумовая полоса. Взаимная корреляционная функция входного воздействия и отклика линейной системы.	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
7 Оптимальные линейные системы	Понятие оптимальной системы. Критерий оптимальности. Оптимизация систем путем подбора их параметров. Оптимальные системы, максимизирующие отношение сигнал/шум. Оптимальные системы, минимизирующие средний квадрат ошибки.	3	ПК-16, ПК-7

Согласована на портале № 37057

	Итого	3	
8 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов при наличии помех	Согласованный линейный фильтр. Примеры построения согласованных линейных фильтров. Обнаружение и различение сигналов при наличии помех (байесовский метод).Элементы теории оценки неизвестных параметров сигнала.	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
9 Преобразования сигналов в каналах связи. Модуляция.	Информация и сигналы. Основные понятия и определения. Модель системы передачи информации. Методы аналитического и геометрического представления сигналов и помех. Непрерывные сигналы. Дискретные сигналы. Цифровые сигналы. Символ, алфавит, основание кода. Вероятностное описание последовательности символов. Примеры цифровых сигналов. Примеры непрерывных сигналов. Белый шум. Узкополосный процесс. Аддитивные и мультипликативные помехи. Аналого–цифровое и цифроаналоговое преобразования. Основные характеристики, шумы квантования. Векторное представление сигналов. Модуляция гармонической несущей непрерывным сигналом. Модуляция гармонической несущей цифровым сигналом. Базовые методы модуляции. Многопозиционные методы модуляции. Спектры модулированных сигналов и полоса частот, требуемая для передачи. Межсимвольная интерференция. Модуляция на нескольких несущих.Аналоговые, дискретные и цифровые каналы передачи сигналов.Последовательный и параллельный способы передачи.	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
10 Кодирование сигналов в системах мобильной связи.	Кодирование и декодирование цифровых сигналов. Основные задачи кодирования. Принципы помехоустойчивого кодирования. Кор-ректирующие коды. Линейные блочные коды. Об-наружение и исправление ошибок. Кодовое расстояние. Порождающие и проверочные матрицы. Коды Хемминга.Циклические коды. Порождающий полином. Способы кодирования и декодирования циклических кодов. Декодирование в системах с каналом переспроса. Системы с информационной и решающей обратной связью. Помехоустойчивость систем с обратной связью (ОС). Сверточные коды (СК). Структура и основные характеристики СК. Кодирование в каналах с памятью, перемежение символов.Комбинирование кодов, понятие об итеративных, каскадных и турбокодах. Сигнально-кодовые конструкции.	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
11 Многолучевое распространение	Канал многолучевого распространения волн как фильтр со случайно изменяющимися параметра-	3	ПК-16, ПК-7

Согласована на портале № 37057

сигналов мобильной связи.	ми. Математические модели многолучевых каналов связи. Искажения сигналов вызываемые многолучевым распространением. Способы обработки сигналов в условиях многолучевого распространения. Частотное мультиплексирование ортогональных несущих (OFDM)		
	Итого	3	
12 Демодуляция цифровых сигналов.	Априорная информация о сигналах и помехах. Аддитивные и мультипликативные помехи. Когерентные и некогерентные системы передачи информации. Синхронизация и фазирование. Оптимальный прием в канале с постоянными параметрами при наличии аддитивного белого шума. Корреляционный приемник, согласованный фильтр.Сравнительная оценка помехоустойчивости АМ, ЧМ, ФМ сигналов. Относительная фазовая модуляция. Вероятность ошибки при приеме многопозиционных сигналов. Прием сигнала в условиях многолучевости. Разнесенный прием. Регенерация цифрового сигнала в ретрансляторах.	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
13 Многоканальная передача и многостанционный доступ. Широкополосная беспроводная связь.	Основные положения теории разделения сигналов в системах многоканальной связи 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. Междуканальные помехи. Многостанционный доступ с кодовым разделением каналов. Принципы генерирования и свойства ортогональных и псевдослучайных (шумоподобных) последовательностей. Пропускная способность систем многоканальной связи. Влияние взаимных помех на пропускную способность канала.Основы технологии ортогонального частотного разделения каналов (OFDMA).Основы формирования пространственных каналов. Системы со многими выходами и многими входами.	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
14 Заключение.	Перспективы развития беспроводных систем передачи информации.	1	ПК-16, ПК-7
	Итого	1	
Итого за семестр		36	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин

Согласована на портале № 37057

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Предшествующие дисциплины														
1 Информатика				+		+	+		+	+		+		
2 Математика		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
3 Сигналы электросвязи			+	+		+	+							
4 Теория вероятностей и математическая статистика		+	+		+									
5 Теория электрических цепей				+		+	+							
Последующие дисциплины														
1 Общая теория связи		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Сетевые технологии высокоскоростной передачи данных									+	+	+	+	+	
3 Сети связи и системы коммутации										+	+	+	+	

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-7	+	+	+	+	Контрольная работа, Домашнее задание, Отчет по индивидуальному заданию, Выполнение контрольной работы, Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест, Дифференцированный зачет
ПК-16	+	+	+	+	Контрольная работа, Домашнее задание, Отчет по индивидуальному заданию, Выполнение контрольной работы, Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест, Дифференцированный зачет

Согласована на портале № 37057

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
3 Математическое описание случайных сигналов и помех	Статистическое описание случайных сигналов	4	ПК-16, ПК-7
	Итого	4	
5 Гауссовские случайные процессы	Статистические свойства смеси регулярного сигнала и узкополосного стационарного гауссовского шума	4	ПК-16, ПК-7
	Итого	4	
7 Оптимальные линейные системы	Оптимальное обнаружение полезного сигнала на фоне шума	6	ПК-16, ПК-7
	Итого	6	
8 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов при наличии помех	Изучение методов оценки неизвестных параметров полезных сигналов при наличии помех	6	ПК-16, ПК-7
	Итого	6	
9 Преобразования сигналов в каналах связи. Модуляция.	Преобразователи непрерывных величин в цифровой код	4	ПК-16, ПК-7
	Система связи с дельта-модуляцией	4	
	Спектры импульсно-модулированных сигналов	4	
	Итого	12	
10 Кодирование сигналов в системах мобильной связи.	Коды с проверкой на четность Циклические коды	4	ПК-16, ПК-7
	Итого	4	
Итого за семестр		36	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
2 Сведения из теории вероятностей	Основные понятия и определения теории вероятностей; теоремы сложения и умножения. Описа-	2	ПК-16, ПК-7

Согласована на портале № 37057

	ние случайных величин; дискретные и непрерывные случайные величины; плотность вероятности; функция распределения. Числовые характеристики случайных величин; математическое ожидание, СКО и дисперсия, корреляционная функция, начальный и центральный моменты. Гауссовские случайные величины.		
	Итого	2	
3 Математическое описание случайных сигналов и помех	Понятие случайного процесса. Вероятностное описание случайных процессов. Моментные функции случайного процесса. Стационарные случайные процессы. Эргодические случайные процессы. Временные средние. Свойства кореляционной и взаимно корреляционной функций. Белый шум.	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
4 Спектральный анализ сигналов	Спектральная плотность мощности. Свойства спектральной плотности мощности. Формула Винера-Хинчина	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
5 Гауссовские случайные процессы	Понятие гауссовского случайного процесса и его свойства. Узкополосные гауссовские случайные процессы.	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
6 Отклик линейных систем на воздействие случайных сигналов	Постановка задачи анализа линейных систем. Переходный и установившийся режим. Анализ линейной системы в стационарном (установившемся режиме). Чисто белый шум и системы с ограниченной полосой пропускания. Имитация случайного процесса с заданной спектральной плотностью. Формирующий фильтр. Эквивалентная шумовая полоса. Вза-имная корреляционная функция входного воздействия и отклика линейной системы.	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
7 Оптимальные линейные системы	Понятие оптимальной системы. Критерий оптимальности. Оптимизация систем путем подбора их параметров. Оптимальные системы, максимизирующие отношение сигнал/шум. Оптимальные системы, минимизирующие средний квадрат ошибки.	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
8 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов при наличии помех	Согласованный линейный фильтр. Примеры построения согласованных линейных фильтров. Обнаружение и различение сигналов при наличии помех (байесовский метод).	2	ПК-16, ПК-7
	Итого	2	
9 Преобразования сигналов в каналах	Аналого–цифровое и цифроаналоговое преобразования. Основные характеристики, шумы квантова-	3	ПК-16, ПК-7

Согласована на портале № 37057

связи. Модуляция.	ния. Векторное представление сигналов. Модуляция гармонической несущей непрерывным сигналом. Модуляция гармонической несущей цифровым сигналом. Базовые методы модуляции. Многопозиционные методы модуляции. Спектры модулированных сигналов и полоса частот, требуемая для передачи. Межсимвольная интерференция.		
	Итого	3	
10 Кодирование сигналов в системах мобильной связи.	Кодирование источника (Эффективное кодирование). Кодирование канала (помехоустойчивое кодирование).Основные задачи кодирования. Принципы помехоустойчивого кодирования. Корректирующие коды.	4	ПК-16, ПК-7
	Итого	4	
11 Многолучевое распространение сигналов мобильной связи.	Математические модели многолучевых каналов связи. Искажения сигналов вызываемые многолучевым распространением. Способы обработки сигналов в условиях многолучевого распространения. Частотное мультиплексирование ортогональных несущих (OFDM)	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
12 Демодуляция цифровых сигналов.	Априорная информация о сигналах и помехах. Когерентные и некогерентные системы передачи информации. Синхронизация и фазирование. Оптимальный прием в канале с постоянными параметрами при наличии аддитивного белого шума. Корреляционный приемник, согласованный фильтр.- Сравнительная оценка помехоустойчивости АМ, ЧМ, ФМ сигналов. Относительная фазовая модуляция. Вероятность ошибки при приеме многопозиционных сигналов. Прием сигнала в условиях многолучевости. Разнесенный прием. Регенерация цифрового сигнала в ретрансляторах.	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
13 Многоканальная передача и многостанционный доступ. Широкополосная беспроводная связь.	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. Междуканальные помехи. Многостанционный доступ с кодовым разделением каналов. Принципы генерирования и свойства ортогональных и псевдослучайных (шумоподобных) последовательностей. Пропускная способность систем многоканальной связи. Основы технологии ортогонального частотного разделения каналов (OFDMA).	4	ПК-16, ПК-7
	Итого	4	
Итого за семестр		36	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в

Согласована на портале № 37057

таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
5 семестр				
1 Введение	Проработка лекционного материала	1	ПК-16, ПК-7	Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Тест
	Итого	1		
2 Сведения из теории вероятностей	Проработка лекционного материала	3	ПК-16, ПК-7	Дифференцированный зачет, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Выполнение домашних заданий	2		
	Итого	5		
3 Математическое описание случайных сигналов и помех	Проработка лекционного материала	3	ПК-16, ПК-7	Дифференцированный зачет, Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Подготовка к контрольным работам	2		
	Итого	9		
4 Спектральный анализ сигналов	Проработка лекционного материала	4	ПК-16, ПК-7	Дифференцированный зачет, Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Подготовка к контрольным работам	3		
	Итого	7		
5 Гауссовские случайные процессы	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-16, ПК-7	Дифференцированный зачет, Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	3		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	3		
	Итого	10		
6 Отклик линейных систем на воздействие случайных сигналов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	5	ПК-16, ПК-7	Дифференцированный зачет, Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	9		
7 Оптимальные линейные системы	Проработка лекционного материала	6	ПК-16, ПК-7	Дифференцированный зачет, Домашнее задание, Контрольная работа,
	Оформление отчетов по	4		

Согласована на портале № 37057

	лабораторным работам			Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Выполнение домашних заданий	6		
	Итого	16		
8 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов при наличии помех	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-16, ПК-7	Дифференцированный зачет, Домашнее задание, Защита отчета, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	5		
	Итого	13		
9 Преобразования сигналов в каналах связи. Модуляция.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ПК-16, ПК-7	Дифференцированный зачет, Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	3		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	3		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	3		
	Итого	14		
10 Кодирование сигналов в системах мобильной связи.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-16, ПК-7	Дифференцированный зачет, Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	9		
11 Многолучевое распространение сигналов мобильной связи.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ПК-16, ПК-7	Дифференцированный зачет, Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	4		
12 Демодуляция цифровых сигналов.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	3	ПК-16, ПК-7	Дифференцированный зачет, Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	4		
13 Многоканальная	Подготовка к практиче-	4	ПК-16,	Дифференцированный

Согласована на портале № 37057

передача и многостанционный доступ. Широкополосная беспроводная связь.	ским занятиям, семинарам		ПК-7	зачет, Домашнее задание, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	6		
14 Заключение.	Проработка лекционного материала	1	ПК-16, ПК-7	Дифференцированный зачет, Тест
	Итого	1		
Итого за семестр		108		
Итого		108		

10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	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
5 семестр				
Домашнее задание	3	3	4	10
Контрольная работа	5	10	15	30
Опрос на занятиях	3	3	4	10
Отчет по лабораторной работе		5	5	10
Тест	10	15	15	40
Итого максимум за период	21	36	43	100
Нарастающим итогом	21	57	100	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный	Оценка (ECTS)

Согласована на портале № 37057

	экзамен	
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)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Чумаков А.С. Основы статистической радиотехники: Учебное пособие.- Томск: Томский. государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2003. -394 с.:ил. (наличие в библиотеке ТУСУР - 59 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники в 3 кн. Книга 1, 2-е изд., перераб. - М. : Советское радио, 1974 - 552 с. : ил., табл. (наличие в библиотеке ТУСУР - 29 экз.)
2. ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВЯЗИ: Учебное пособие / Акулиничев Ю. П., Бернгардт А. С. - 2015. 196 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/5858 (дата обращения: 05.07.2018).
3. Учебное пособие «Сборник задач по теории вероятностей и математической статистике:»: обучающихся по направлениям 210400 (11.03.01) «Радиотехника», 210700 (11.03.02) «Телекоммуникации» и 210601 (11.05.01) «Радиоэлектронные системы и комплексы» / Бернгардт А. С., Чумаков А. С., Громов В. А. - 2014. 160 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/4940 (дата обращения: 05.07.2018).
4. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2005. – 462[2] с. – 302 экз. (наличие в библиотеке ТУСУР - 302 экз.)
5. Волков Л. Н. Системы цифровой радиосвязи. Базовые методы и характеристики: Учебное пособие для вузов / Л. Н. Волков, М. С. Немировский, Ю. С. Шинаков. - М.: Эко-трендз, 2005. - 390 с.: (Библиотека МТС & GSM). (42 экз.) (наличие в библиотеке ТУСУР - 42 экз.)
6. Вернер М. Основы кодирования: Учебник для вузов: Пер. с нем. / М. Вернер; пер.: Д. К. Зигангиров. - М.: Техносфера, 2006. - 286 с. - (Мир программирования; VIII, 03). (49 экз.) (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.)
7. Крук Б.И., Попантонопуло В.Н., Шувалов В.П. Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3 томах. Том 1 – Современные технологии/ Под ред. проф. В.П. Шувалова. – Изд. 3-е, испр. и доп. – М.: Горячая линия –Телеком 2005. – 648 с.: ил., 70 экз. (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.)

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Статистическая радиотехника и радиофизика: Учебно - методическое пособие для проведения лабораторных работ и самостоятельной работы студентов / Чумаков А. С. - 2012. 30 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1746 (дата обращения: 05.07.2018).
2. Теория электрической связи: Учебно - методическое пособие для проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов / Акулиничев Ю. П. - 2012. 202 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1758 (дата обращения: 05.07.2018).
3. Теория и техника передачи информации : Методические указания по проведению лабораторных работ и организации самостоятельной работы студентов / Новиков А. В., Бернгардт А. С.

Согласована на портале № 37057

- 2015. 48 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/4978 (дата обращения: 05.07.2018).

4. Анализ типового радиотехнического звена: Учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы (расчетного задания, самостоятельной работы) по дисциплине «Статистическая радиотехника и радиофизика» / Бернгардт А. С. - 2012. 36 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1748 (дата обращения: 05.07.2018).

5. ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВЯЗИ: Учебно - методическое пособие для проведения лабораторных работ и самостоятельной работы студентов по дисциплине «Теория электрической связи». / Акулиничев Ю. П. - 2015. 124 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/5860 (дата обращения: 05.07.2018).

12.3.2. 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.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется использовать базы данных, информационно справочные и поисковые системы, к которым у ТУСУРа есть доступ https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. 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 количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. 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";

Согласована на портале № 37057

- Компьютер WS3;
- Компьютер Celeron (4 шт.);
- Телевизор плазменный Pioneer с диагональю экрана 51;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

– 7-Zip
– AVAST Free Antivirus
– Adobe Acrobat Reader
– Microsoft Windows 7 Pro
– OpenOffice
– PTC Mathcad13, 14
– Scilab

13.1.3. 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, 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
– AVAST Free Antivirus
– Microsoft Windows 7 Pro
– OpenOffice
– PTC Mathcad13, 14
– Scilab

13.1.4. 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.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Согласована на портале № 37057

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

13.2. 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 зрениями** 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.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

Тестовый контроль проводится по всем разделам дисциплины

Пример типовых вопросов для тестового контроля по разделу «Демодуляция цифровых сигналов»:

1. В когерентной СПИ генераторы несущей в передатчике и приемнике должны обладать такой стабильностью, чтобы фазы выдаваемых колебаний не расходи-лись заметно в течение {импульса, сеанса связи, нескольких сотен импульсов}.

2. Некогерентной называется система передачи информации, в которой ожидае-мые значения начальных фаз всех принимаемых импульсов {известны, неиз-вестны, оценивают в процессе приема}.

3. В {когерентной, некогерентной, частично-когерентной} СПИ прием очередно-го импульса рассматривается как прием сигнала с известной начальной фазой.

4. В {когерентной, некогерентной, частично-когерентной} СПИ прием очередно-го импульса рассматривается как прием сигнала со случайной начальной фа-зой, равномерно распределенной в интервале $0–2\pi$.

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 сигнала и шума;

3) отношения 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 мощностей сигнала и помехи на входе приемника в поло-

Согласована на портале № 37057

се 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.

1. Сигнал не несет информации, если он:

1) случайный;

2) детерминированный;

3) его мощность равна или меньше мощности шума;

4) таков, что в пункте приема часто не удается определить значение переданного сообщения.

2. Для полного вероятностного описания m-ичного символа нужно задать:

1) плотность вероятности;

2) m-мерную плотность вероятности;

3) математическое ожидание и дисперсию;

4) ряд распределения вероятности.

3. Условная вероятность появления значения xj при известном yk определяется по формуле:

1); P(xj / yk)= P(yk)

2); P(xj / yk)= P(yk) + P(xj)

3); P(xj / yk)= P(xj,yk)/P(yk)

4) P(xj / yk)= P(xj,yk) - P(yk)

4. Для полного вероятностного описания последовательности n отсчетов непрерывного сигнала нужно задать:

1) плотность вероятности каждого отсчета;

2) n-мерную плотность вероятности;

3) математические ожидания и дисперсии;

4) ряд распределения вероятностей реализаций.

5. Для полного вероятностного описания последовательности m-ичных символов длиной n нужно задать:

1) плотность вероятности каждой из величин;

2) совместную плотность вероятности;

3) математическое ожидание и дисперсию;

4) mn-мерный ряд распределения вероятностей реализаций.

6. Цифровой двоичный сигнал это:

1) последовательность n непрерывных случайных величин – отсчетов случайного процесса по времени;

2) последовательность двоичных символов длиной n;

3) последовательность m-ичных символов длиной n;

4) последовательность отрезков случайного процесса.

7. Какой из перечисленных сигналов является случайным?

1) одиночный прямоугольный импульс;

2) периодическая последовательность импульсов;

3) сигнал передачи данных;

4) гармонический сигнал.

8. Для полного вероятностного описания последовательности двоичных символов длиной n нужно задать:

1) плотность вероятности каждой из величин;

2) 2n-мерный ряд распределения вероятностей реализаций;

Согласована на портале № 37057

3) математическое ожидание и дисперсию;
4) совместную плотность вероятности.

9. Какой из перечисленных сигналов является детерминированным?
1) периодическая последовательность прямоугольных импульсов;
2) телевизионный сигнал;
3) телефонный сигнал;
4) сигнал звукового вещания.

10. Какое из перечисленных сообщений является дискретным?
1) речь;
2) музыка;
3) данные ЭВМ;
4) телевизионное изображение.

11. Для полного вероятностного описания отрезка непрерывной случайной функции нужно задать:
1) плотность вероятности каждого отсчета;
2) n-мерную плотность вероятности при $n \to \infty$;
3) математические ожидания и дисперсии;
4) ряд распределения вероятностей реализаций.

12. Модель аддитивной помехи в виде белого шума это:
1) любая мощная помеха;
2) помеха, вызванная многолучевым распространением сигнала;
3) стационарный гауссовский случайный процесс, с нулевым математическое ожиданием и равномерным спектром плотности мощности;
4) любой случайный процесс.

13. Сигнал называют узкополосным, если:
1) ширина его спектра намного меньше несущей частоты;
2) ширина его спектра меньше полосы пропускания канала;
3) его спектр расположен в диапазоне частот речевого сигнала;
4) ширина его спектра меньше 10 МГц.

14. Помехоустойчивость при корреляционном приеме определяется:
1) величиной отношения средних мощностей 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.

15. Помехоустойчивость при передаче непрерывных сообщений количественно оценивается:
1) вероятностью ошибки;
2) отношением сигнал/шум;
3) среднеквадратическим отклонением принятого сигнала от переданного;
4) отношением мощности сигнала на входе к мощности шума на выходе демодулятора.

16. Оптимальным демодулятором в двоичной когерентной СПИ при наличии аддитивного белого шума является:
1) когерентный накопитель импульсов;
2) фазовый детектор;
3) согласованный фильтр с квадратичным детектором;

Согласована на портале № 37057

4) корреляционный приемник и пороговое устройство.

17. Оптимальный демодулятор в двоичной когерентной СПИ при наличии аддитивного белого шума должен:

1) воспроизвести значения амплитуды принимаемого сигнала с минимальной среднеквадратической ошибкой;

2) воспроизвести форму принимаемого импульса с минимальной среднеквадратической ошибкой;

3) указать, которое из двух значений символа передается;

4) оценить величину корреляции между принятым и ожидаемым сигналами.

18. Помехоустойчивость при корреляционном приеме определяется:

1) величиной отношения средних мощностей 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.

19. Объективной характеристикой качества приема цифрового сигнала является:

1)полная вероятность ошибки (вероятность битовой ошибки) на выходе демодулятора;

2)величина среднеквадратичного отклонения принятого сигнала от переданного;

3)энергетический выигрыш ;

4) величина отношения сигнал/шум на выходе демодулятора.

19. Оптимальным демодулятором в двоичной когерентной СПИ при наличии аддитивного белого шума является:

1) когерентный накопитель импульсов;

2) фазовый детектор;

3) согласованный фильтр с квадратичным детектором;

4) корреляционный приемник и пороговое устройство.

20. При одинаковой средней мощности полезного сигнала наиболее часто при демодуляции ошибки возникают при использовании:

1) АМ;

2) ОФМ;

3) КАМ-16;

4) ЧМ.

14.1.2. Темы опросов на занятиях

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 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 и ? Если это так, то чем это лучше оценки степени зависимости при помощи коэффициента корреляции?

14.1.3. Темы индивидуальных заданий

Темы индивидуальных заданий:

1) Математическое описание сигналов и помех.

2) Кодирование источника.

3) Кодирование канала.

4) Ошибки при демодуляции. Регенерация цифрового сигнала.

Типовой пример индивидуального задания:

Согласована на портале № 37057

Индивидуальное задание 4, дата сдачи :xxx

Каждое из заданий 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 индивидуального задания равен номеру N студента в списке группы.

2) Файл в формате Word 2003 с именем “Фамилия-Группа-Номер задания” 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.

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

Задача 1

1) Битовая вероятность ошибки при передаче цифрового сигнала

Источник информации создает цифровой поток B мегабит в секунду. На вход ра-диолинии с выхода передатчика подается последовательность двоичных радиоимпульсов, модулированных по закону M (M=1 для AM, M=2 для ЧМ с ортогональными сигналами, M=3 для ФМ). Задана требуемая вероятность битовой ошибки Рош на выходе опти-мального когерентного демодулятора Рош и величина ослабления в линии F. На входе приемника присутствует аддитивный белый гауссовский шум со спектральной плотно-стью 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 B информационных символов.

Задача 2

1) 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).

14.1.4. Темы домашних заданий

Сведения из теории вероятностей

Математическое описание случайных сигналов и помех

Спектральный анализ сигналов

Гауссовские случайные процессы

Отклик линейных систем на воздействие случайных сигналов

Согласована на портале № 37057

Оптимальные линейные системы
Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов при наличии помех.
Дискретизация непрерывных сигналов, АЦП и ЦАП.
Линейные блочные коды, коды Хэмминга.
Циклические коды, коды БЧХ .
Скорость передачи информации. Пропускная способность канала.
Избыточность и кодирование в каналах без помех.
Демодуляция цифровых сигналов.
Многостанционный доступ

Пример типовых задач:
ЗАДАЧА №1
Записать плотность вероятности суммы z(t)=x(t)+y(t) двух некоррелированных гауссовских стационарных процессов x(t) и y(t), имеющих математические ожидания и дисперсии, равные соответственно mx =2 и my=3,
ЗАДАЧА №2
На вход интегрирующей RC-цепи поступает белый шум X(t) со спектральной плотностью S0. Найти корреляционную функцию напряжения Y(t) на емкости C.
ЗАДАЧА №3
На цепь, составленную из последовательного соединения индуктивности L и сопротивления R воздействует напряжениеX(t), представляющее собой белый шум со спектральной плотностью S0. Найдите дисперсию напряжения Y(t) на сопротивлении R.
ЗАДАЧА №4
На вход последовательной RC-цепи с параметрами цепи :R= 2 Ком, C=0,5 мкф воздействует белый шум со спектральной плотностью, равной 0.5 В2/Гц.. Определите спектральную плотность процесса на ее выходе.
ЗАДАЧА №5
На вход интегрирующей RC-цепи поступает белый шум x(t) со спектральной плотностью S0. Найти закон установления среднего квадрата отклика y(t) RC-цепи.

14.1.5. Темы контрольных работ

ЗАДАЧА №1
Записать плотность вероятности суммы z(t)=x(t)+y(t) двух некоррелированных гауссовских стационарных процессов x(t) и y(t), имеющих математические ожидания и дисперсии, равные соответственно mx =2 и my=3,
ЗАДАЧА №2
Записать плотность вероятности разности z(t)=x(t)-y(t) двух некоррелированных гауссовских стационарных процессов x(t) и y(t), имеющих математические ожидания и дисперсии, равные соответственно mx =3 и my=2,
ЗАДАЧА №3
Дисперсия стационарного узкополосного гауссовского процесса равна 4 . Найдите плотность вероятностей и математическое ожидание огибающей этого процесса.
ЗАДАЧА №4
На вход интегрирующей RC-цепи поступает белый шум X(t) со спектральной плотностью S0. Найти взаимную корреляционную функцию входного воздействия X(t) и отклика Y(t) RC-цепи.
ЗАДАЧА №5
Определит вероятность того, что значения стационарного гауссовского процесса с параметрами mA=0, σA=3В превышают 2 В.

ЗАДАЧА №6
На цепь, составленную из последовательного соединения индуктивности L и сопротивления R воздействует напряжениеX(t), представляющее собой белый шум со спектральной плотностью S0. Найдите дисперсию напряжения Y(t) на сопротивлении R.
ЗАДАЧА №7

Согласована на портале № 37057

На вход последовательной RC-цепи с параметрами цепи :R= 2 Ком, C=0,5 мкф воздействует белый шум со спектральной плотностью, равной 0.5 В2/Гц.. Определите спектральную плотность процесса на ее выходе.

14.1.6. Вопросы дифференцированного зачета

Цели и задачи дисциплины ТО_СРиБС.

2. Описание случайных процессов с помощью многомерных плотностей вероятно-сти.

3. Математическое ожидание и дисперсия случайного процесса.

4. Корреляционная функция, ковариационная функция и время корреляции случай-ного процесса.

5. Условие стационарности случайного процесса в широком и узком смысле. Среднее значение, дисперсия и корреляционная функция стационарного случайного про-цесса в широком смысле.

6. Эргодические случайные процессы. Временные средние характеристики.

7. Описание совокупности двух случайных процессов с помощью многомерных плотностей вероятности.

8. Стационарно связанные и взаимно эргодические случайные процессы.

9. Свойства корреляционной функции случайного процесса.

10. Свойства взаимной корреляционной функции.

11. Спектральная плотность и ее связь с корреляционной функцией случайного про-цесса.

12. Свойства спектральной плотности. Факторизация спектральной плотности.

13. Белый шум и белый шум с ограниченной по полосе спектром. Их корреляционные функции.

14. Гауссовский случайный процесс и его свойства.

15. Узкополосный гауссовский случайный процесс, его квадратурные составляющие.

16. Свойства квадратурных составляющих узкополосного гауссовского случайного процес-са.

17. Одномерные плотности вероятностей огибающей и фазы узкополосного гауссов-ского процесса.

18. Одномерная плотность вероятностей огибающей смеси сигнала с узкополосным шумом.

19. Плотность вероятностей фазовой ошибки при наблюдении смеси сигнала с узко-полосным шумом.

20. Асимптотические плотности вероятностей огибающей и фазовой ошибки при больших отношениях сигнала к шуму.

21. Свойства линейной системы. Характеристики линейной системы и связь между ними.

22. Анализ линейной системы в переходном режиме при стационарном воздействии.

23. Имитация случайного процесса с заданной спектральной плотностью. Формирую-щий фильтр.

24. Анализ линейной системы в установившемся режиме.

25. Эквивалентная шумовая полоса.

26. Взаимная корреляционная функция входного воздействия и отклика линейной си-стемы.

27. Постановка задачи поиска оптимальной системы по критерию получения макси-мума отношения сигнал/шум и по критерию минимума среднего квадрата ошибки.

28. Оптимизация систем путем подбора их параметров.

29. Оптимальные системы, максимизирующие отношение сигнал/шум.

30. Импульсная характеристика и комплексная частотная характеристика согласован-ного фильтра.

31. Частотная характеристика оптимального фильтра при воздействии окрашенного (небе-лого шума).

32. Прямой метод нелинейных преобразований случайных процессов.

33. Среднее значение процессов на выходе квадратичного детектора и ФНЧ.

34. Корреляционная функция процесса на выходе квадратичного детектора.

35. Спектральная плотность процесса на выходе квадратичного детектора.

36. Информация. Канал связи. Линия связи.

37. Дискретные и цифровые сигналы, их статистическое описание.

Согласована на портале № 37057

38. Код, алфавит кода, основание кода. Дискретный сигнал, как кодовая комбинация.

39. Аддитивные и мультипликативные помехи. Нормальный белый шум.

40. Методы аналитического и геометрического представления сигналов и помех. Энергии сигналов и расстояние между ними, независимость и ортогональность сигналов.

41. Модель системы передачи информации.

42. Основная терминология в области цифровой связи.

43. Основные этапы преобразования сигнала в цифровых системах связи.

44. Дискретизация во времени непрерывного сигнала. Восстановление непрерывного сигнала из дискретного. Шум дискретизации.

45. Модуляция импульсной несущей непрерывным сигналом. АИМ, ШИМ, ВИМ, вид спектров.

46. АЦП и ЦАП. Основные характеристики, шум квантования, компандирование. Импульсно-кодовая модуляция (ИКМ), основной цифровой сигнал.

47. Количество информации, единицы измерения, свойства. Собственная информа-ция, энтропия, избыточность.

48. Энтропия последовательности символов. Условная энтропия, удельная энтропия, избыточность и причины ее появления.

49. Средняя взаимная информация. Скорость создания, скорость передачи и скорость потери информации. Техническая скорость передачи информации.

50. Информация в непрерывных сигналах. Дифференциальная энтропия непрерывно-го отсчета. Условная дифференциальная энтропия.

51. Пропускная способность дискретного канала связи, определение. Пропускная спо-собность двоичного симметричного канала. Пропускная способность непрерывно-го канала. Энергетическая и частотная эффективность.

52. Согласование канала с источником информации. Код, алфавит кода, основание кода. Классификация кодов. Кодирование источника. Теорема Шеннона для кана-ла без помех. Эффективные коды, принципы эффективного кодирования.

53. 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.

54. Код Шеннона - Фано, пример кодирования алфавита из 4-х символов с вероятно-стями (1/8, 1/8, 1/4, 1/2), избыточность и эффективность до и после кодирования.

55. Сжатие информации. Алгоритм Лемпела –Зива.

56. Кодирование в канале с помехами. Прямая и обратная теоремы о кодировании. Основные принципы помехоустойчивого кодирования. Классификация кодов.

57. Линейные блочные коды. Геометрическое представление кода. Кодовое расстоя-ние, кратность обнаруживаемых и исправляемых ошибок.

58. Линейные блочные коды с однократной проверкой на четность. Синдромные и проверочные соотношения. Схема кодера и декодера

59. Линейные блочные коды с проверкой на четность. Производящая и проверочная матрицы. Приведение к каноническому виду. Определение кодового расстояния по матрицам G и H.

60. Код Хемминга. Свойства. Структура производящей и проверочной матриц. Си-стематический код Хэмминга (7,4). Кодер и декодер.

61. Неравенство Хэмминга. Его физический смысл и значение в теории кодирования.

62. Ортогональные и биортогональные коды. Матрица Адамара.

63. Циклические коды. Основные свойства. Полиномиальное представление, произ-водящий и проверочный полиномы. Требования к производящему полиному.

64. Циклические коды. Алгоритмы кодирования циклического кода, схема кодера си-стематического кода.

65. Алгоритм декодирования циклического кода, схема декодера циклического кода.

66. Циклические коды Хэмминга, коды БЧХ.

67. Сверточные коды. Основные свойства, производящие полиномы, пример кодера со скоростью кода 1/2.

68. Понятие о матричных, каскадных и турбокодах.

69. Использование канала переспроса. Виды обратной связи. Определение вероятно-стей

Согласована на портале № 37057

ошибок при работе декодера в режиме обнаружения ошибок при независимых ошибках. Битовая вероятность ошибки.

70. Определение вероятностей ошибок при работе декодера в режиме исправления ошибок при независимых ошибках. Битовая вероятность ошибки.

71. Модуляция гармонической несущей цифровым сигналом. АМ, ЧМ, ФМ, относи-тельная или дифференциальная ФМ (ОФМ). Причина ее применения.

72. Модуляция гармонической несущей аналоговым сигналом. АМ, ЧМ, ФМ, однопо-лосная АМ (АМОБП). Вид спектров модулированных сигналов и полоса частот, требуемая для передачи.

73. Многопозиционные методы модуляции и причины их применения.

74. Межсимвольная интерференция и методы ее устранения. Модуляция ортогональ-ных несущих цифровым сигналом (ортогональные частотно-разделенные сигналы, OFDM).

75. Компромиссы при использовании модуляции и кодирования, цели разработчика систем связи, характеристика вероятности появления ошибки, минимальная ши-рина полосы по Найквисту, теорема Шеннона-Хартли о пропускной способно-сти канала.

76. Перемежение (интерливинг) символов, цели и методы применения. Варианты по-строения перемежителей.

77. Скремблирование. Цели применения. Построение скремблера на базе рекурсивно-го цифрового фильтра.

78. Множественный доступ с частотным разделением каналов. Достоинства и недо-статки, междуканальные искажения.

79. Множественный доступ с временным разделением каналов. Достоинства и недо-статки, междуканальные искажения.

80. Множественный доступ с кодовым разделением каналов.

81. Расширение спектра. Прямое расширение (Метод прямой последовательности).

82. Расширение спектра. Методы программной скачкообразной перестройки частоты.

83. Ортогональное частотное уплотнение каналов (OFDMA)

84. Демодуляция цифровых сигналов. Корреляционный приемник и согласованный фильтр.

85. Демодуляция цифровых сигналов. Когерентность (синфазность). Когерентные, квазико-герентные и некогерентные системы. Синхронизация.

86. Прием сигналов в условиях многолучевости. Методы борьбы с многолучевостью.

87. Радиорелейные линии. Ретрансляция и регенерация сигналов.

14.1.7. Темы лабораторных работ

Спектры импульсно-модулированных сигналов.

Преобразователи непрерывных величин в цифровой код.

Система связи с дельта-модуляцией.

Коды с проверкой на четность Циклические коды.

Математическое описание случайных сигналов.

Статистические свойства смеси регулярного сигнала и узкополосного стационарного гауссовского шума.

Оптимальное обнаружение полезного сигнала на фоне шума.

Изучение методов оценки неизвестных параметров полезных сигналов при наличии помех.

14.1.8. Методические рекомендации

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 рассматри-ваемые вопросы. В частности, ключевым является понятие случайного процесса и его ве-роятностное описание.

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. В этом случае в аудитории основное внимание концентрируется на методике использования указанных программ.

Согласована на портале № 37057

14.2. 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 14.

Таблица 14 – 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 исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. 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 № 37057