МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Забайкальский государственный университет»

(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

**Энергетический факультет**

**Кафедра физики и техники связи**

**УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**для студентов заочной формы обучения (5-й семестр)**

**по Общей теории связи (ОТС)**

наименование дисциплины (модуля)

для направления подготовки (специальности) \_11.03.02 Инфокоммуникационные\_технологии и системы связи\_ \_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_

код и наименование направления подготовки (специальности)

Общая трудоемкость дисциплины (модуля)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Виды занятий | Распределение по семестрам в часах  | Всего часов |
| 4семестр | 5семестр | ----семестр |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Общая трудоемкость | 72 | 108 |  | 216 |
| Аудиторные занятия, в т.ч.: | 10 | 16 |  | 28 |
| лекционные (ЛК) | 6 | 6 |  | 12 |
| практические (семинарские) (ПЗ, СЗ) | 0 | 4 |  | 4 |
| лабораторные (ЛР) | 4 | 6 |  | 10 |
| Самостоятельная работа студентов (СРС) | 62 | 92 |  | 154 |
| Форма промежуточного контроля в семестре\* | зачет | экзамен (36) |  |  |
| Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП) | - | - |  |  |

**1. Краткое содержание курса**

1. Общие сведения о системах связи.
2. Математические модели сообщений сигналов и помех.
3. Методы формирования и преобразования сигналов. Модуляция и детектирование.
4. Математические модели каналов связи.
5. Теория помехоустойчивости систем передачи сообщений.
6. Основы теории информации.
7. Основы теории кодирования.
8. Цифровая обработка сигналов.
9. Принципы многоканальной связи и распределения информации.
10. Анализ эффективности и элементы оптимизации систем связи

**Форма текущего контроля**

**2. Контрольная работа №2, 6-й семестр.**

Задание на контрольную работу дано ниже.

Вариант выбирается по номеру в списке группы в ведомости к зачетам по 5 семестру.

**Контрольная работа № 2**

#### Задание 1. Составить структурную схему системы электросвязи и объяснить назначений ее отдельных элементов.

**Задание 2.**  Источник сообщений:

1. Записать аналитическое выражение и построить график одномерного закона распределения плотности вероятности Wa мгновенных значений случайного процесса a(t).
2. Найти математическое ожидание m1 и дисперсию D процесса a(t).

**Задание 3.** Дискретизатор

1. Определить шаг квантования по времени Δt.
2. Определить число уровней квантования L.
3. Рассчитать относительную мощность шума квантования, определив ее как отношение средней мощности шума квантования Ршк к средней мощности сигнала, т.е. дисперсии σ2.
4. Рассматривая дискретизатор как дискретный источник информации с объемом алфавита L, определить его энтропию Н и производительность Н'.

**Задание 4.** Кодер

1. Определить минимальное значение к, необходимое для кодирования всех L уровней квантованного сообщения a(ti).
2. Определить избыточность кода с одной проверкой на четность Рк.
3. Записать двоичную кодовую комбинацию, соответствующую передаче aj-го уровня, считая, что при примитивном кодировании на 1-м этапе aj-му уровню ставится в соответствие двоичная кодовая комбинация, представляющая собой запись числа в двоичной системе.
4. определить число двоичных символов, выдаваемых кодером в секунду Vk и длительность двоичного символа Т.

**Задание 5. Модулятор**

1. Определить параметры несущей. Изобразить временные диаграммы модулирующего в(t) и манипулированного s(t) сигналов, соответствующих передаче аj-го уровня сообщения а(t)/
2. Привести выражение и начертить график корреляционной функции модулирующего сигнала в(t) - Bв(τ).
3. Привести выражение и начертить график спектральной плотности мощности модулирующего сигнала в(t) - Gв(f).
4. Определить условную ширину энергетического спектра модулирующего сигнала ΔFв(t) из условия ΔFв=αVk (где α выбирается от 1 до 3). Отложить полученное значение ΔFв на графике Gв(f). Определить условную ширину энергетического спектра модулирующего сигнала методом равновеликого прямоугольника ( с помощью СПМ). Выбрать оптимальное значение.
5. Записать аналитическое выражение модулированного сигнала s(t)=F[в(t)].
6. Привести выражение и построить график энергетического спектра модулированного сигнала Gs(f).
7. Определить условную ширину энергетического спектра модулированного сигнала ΔFs. Отложить полученное значение ΔFs на графике Gs(f).

**Задание 6. Канал связи**

1. Определить мощность шума в полосе частот Fk=ΔFs
2. Найти отношение средней мощности сигнала к мощности шума.
3. Найти по формуле Шеннона пропускную способность канала в полосе Fk.
4. Определить эффективность использования пропускной способности канала Кс, .

**Задание 7. Демодулятор**

1. Записать правило решения демодулятора, оптимального по критерию максимального правдоподобия или неоптимального, или другого типа.
2. Записать алгоритм работы и нарисовать структурную схему демодулятора для заданного вида модуляции и способа приема.
3. Вычислить вероятность ошибки р оптимального демодулятора.
4. Определить, как нужно изменить энергию сигнала, чтобы при других видах модуляции и заданном способе приема обеспечить вычисленное значение вероятности ошибки р.

#### Задание 8. Декодер

1. Оценить обнаруживающую q0 и исправляющую qи способности кода (n,n-1) с одной проверкой на четность.
2. Записать алгоритм обнаружения ошибок.
3. Определить вероятность необнаружения ошибки рно.

#### Задание 9. Фильтр-восстановитель

1. Определить Fср.
2. Изобразить идеальные амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики фильтра-восстановителя.
3. Найти импульсную реакцию g(t) идеального фильтра-восстановителя. Начертить график g(t).

**Задание 10. Привести принципиальную схему модулятора (демодулятора) и пояснить принцип его действия.**

 Выводы

 Список источников

#### Задания на контрольную работу №2 по ОТС

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №вар | amin,В | amaxВ | Fв,Гц | ∆a,В | j | N0,В2/Гц | Вид модуляции | Тип модулятора | Тип демодулятора |
|  | 0 | 8,0 | 38\*103 | 0,1 | 25 | 2,4\*10-8 | ДАМ | определить | когерентн. |
|  | 0.2 | 10,0 | 25\*103 | 0,1 | 37 | 2\*10-8 | ДЧМ | определить | Некогерентн. |
|  | 0.2 | 15,0 | 28\*103 | 0,15 | 27 | 6\*10-7 | ДОФМ | определить | Когерентн. |
|  | 0.15 | 10 | 35\*103 | 0,15 | 26 | 7\*10-7 | АИМ | определить | оптимальный |
|  | 0.1 | 8.5 | 22\*103 | 0,1 | 33 | 3\*10-7 | ФИМ | определить | когерентн. |
|  | 0 | 12 | 35\*103 | 0,15 | 20 | 4,5\*10-7 | ДЧМ | определить | Когерентн. |
|  | 0 | 8. | 20\*103 | 0,1 | 57 | 5\*10-7 | ДОФМ | определить | оптимальный |
|  | 0.2 | 11 | 40\*103 | 0,1 | 24 | 4\*10-7 | ДФМ | определить | когерентн. |
|  | 0.1 | 9.0 | 20\*103 | 0,15 | 31 | 2,5\*10-7 | ДЧМ | определить | Некогерентн. |
|  | 0 | 12,4 | 25\*103 | 0,2 | 28 | 3,5\*10-7 | ДАМ | определить | определить |
|  | 0 | 12 | 35\*103 | 0,15 | 20 | 4,5\*10-7 | ДЧМ | определить | Когерентн. |
|  | 0 | 8. | 20\*103 | 0,1 | 57 | 5\*10-7 | ДОФМ | определить | оптимальный |
|  | 0.2 | 14.9 | 35\*103 | 0,2 | 23 | 2,8\*10-7 | ЧИМ | определить | Когерентн. |
|  | 0.15 | 7,0 | 48\*103 | 0,15 | 32 | 6,5\*10-7 | ДФМ | определить | оптимальный |
|  | 0.2 | 6,2 | 45\*103 | 0,1 | 36 | 3,2\*10-7 | АИМ | определить | Некогерентн. |
|  | 0.2 | 12,0 | 29\*103 | 0,15 | 60 | 4,4\*10-7 | ДОФМ | определить | Разделит. ПФ |
|  | 0,1 | 10,5 | 35\*103 | 0,2 | 25 | 4,7\*10-7 | ЧИМ | определить | Когерентн. |
|  | 0 | 11,0 | 24\*103 | 0,2 | 31 | 5,6\*10-7 | ДФМ | определить | когерентн. |
|  | 0 | 8,0 | 18\*103 | 0,15 | 45 | 3,8\*10-7 | АИМ | определить | Когерентн. |
|  | 0 | 15,5 | 38\*103 | 0,2 | 12 | 6,3\*10-7 | ДЧМ | определить | определить |

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр | Обозначение |
| Нижняя граница интервала значений сигнала a(t) | amin |
| Верхняя граница интервала значений сигнала a(t) | amax |
| Частота ограничения спектра сигнала a(t) | FB |
| Номер квантования | J |
| Вид модуляции | ДАМ, ДФМ, .. |
| Спектральная плотность средней мощности шума | N0 |
| Шаг квантования дискретизатора | Δa |

**Форма промежуточного контроля**

**Экзамен**

**3. Вопросы для подготовки к экзамену**

1. Нелинейный резистивный двухполюсник при произвольных соотношениях входного и сигнала управления. Аппроксимация ВАХ полиномом.
2. Кусочно-линейная аппроксимация ВАХ. Угол отсечки. Коэффициенты Берга.
3. Умножение частоты (умножитель частоты на биполярном n-p-n транзисторе).
4. Линейная амплитудная модуляция, временные диаграммы сигналов. Тональная модуляция, амплитудные спектры сигналов. Средняя мощность сигнала.
5. Реализация АМ. Нелинейная схема детектирования АМ сигналов.
6. Угловая модуляция, виды, характеристики. Фазовая модуляция сигнала.
7. Частотная модуляция сигнала
8. Реализация УМ, структурная схема с применением нелинейных блоков и умножителей.
9. Схема получения УМ на основе генератора гармонических колебаний.
10. Нелинейные схемы детектирования сигналов УМ.
11. Формирование и детектирование сигналов, модулированных дискретными сообщениями.
12. Формирование и детектирование сигналов при импульсном переносчике.
13. Классификация каналов связи. Линейные и нелинейные модели каналов связи. Типы каналов
14. Преобразование детерминированных сигналов в детерминированных линейных каналах связи. Интеграл Дюамеля.
15. Модели непрерывных каналов связи.Идеальный канал без помех
16. Канал с аддитивным гауссовским шумом
17. Канал с неопределённой фазой сигнала и аддитивным шумом
18. Канал с межсимвольной интерференцией (МСИ) и аддитивным шумом
19. Модели дискретных каналов: ДСК, ДСК со стиранием, ДНК (двоичный несимметричный )
20. Модель дискретно-непрерывного канала
21. Количественная мера информации дискретного источника.
22. Дискретные ансамбли и источники. Количество информации в дискретном сообщении. Энтропия ансамбля. Условная информация. Условная энтропия. Совместная энтро­пия. Энтропия дискретного стационарного источника на сообщение.
23. Собственная информация источ­ника. Энтропия источника без памяти. Взаимная информация. Скорость передачи информации по дискретному каналу. Количество информации, передаваемой по каналу связи. Вза­имная информация и ее свойства.
24. Эффективное кодирование дискретных сообщений, теорема оптимального кодирова­ния для каналов без помех. Сжатие сообщений. Укрупнение алфавита и неравномерное кодирование.
25. Пропускная способность дискретного канала связи, определение. Пропускная способность двоич­ного симметричного канала.
26. Пропускная способность непрерывного канала с аддитивным квазибелым гауссовым шумом, формула Шеннона.
27. Теоремы Шеннона оптимального кодирования для канала без помех и с помехами.
28. Кодирование источника и кодирование для канала с шумами. Избыточность и от­носительная скорость кода. Примитивное (безызбыточное) кодирование. Оптимальные неравномерные двоичные коды. Код Фано-Шеннона. Код Хаффмена.
29. Принципы помехоустойчивого кодирования. Блочные корректирующие коды. Обна­ружение и исправление ошибок. Систематические линейные коды, порождающие матрицы. Проверочные матрицы. Коды Хемминга.
30. Постановка задачи об оптимальном демодуляторе (приемнике) дискретных сообще­нии. Критерии качества и правила приема дискретных сообщений. Критерий максимума средней вероятности правильного приема. Решающая схема, построенная по правилу мак­симума апостериорной вероятности. Отношение правдоподобия.
31. Оптимальный прием в дискретно-непрерывном канале без искажений при наличии аддитивного белого шума. Оптимальные алгоритмы приема (синтез алгоритмов) и схем оптимальных приемников при полностью известных сигналах (корреля­ционный приемник). Структурная схема АФ в системе АМ, ФМ.
32. Согласованный фильтр, структурная схема оптимального ДМ с СФ.
33. Потенциальная помехоустойчивость при точно известном множестве сигналов. (помехоустойчивость оптимального когерентного приема). Веро­ятность ошибки приема для двоичной системы сигналов при белом гауссовом шуме. Сравнительная оценка помехоустойчивости АМ, ЧМ, ФМ - сигналов.
34. Относительная фа­зовая модуляция (ОФМ). Прием сигналов ОФМ методом сравнения полярностей. Вероятность ошибки при ОФМ
35. Оптимальный прием при неопределенной фазе и амплитуде сигнала, правило оптимального некогерентного приема, квадратурная схема реализации оптимального приема дискретных сообщений при неопределенной фазе сигнала, структурная схема его реализации на базе СФ. Вероятность ошибки в двоичной системе сигналов равной энергии ортогональных в усиленном смысле.
36. Оптимальный алгоритм приема сигналов ОФМ при неопределенной фазе сигнала, вероятность ошибки, структурные схемы его реализации на базе АФ и СФ. Схема неоптимального приема сигналов АМ методом сравнения огибающей с пороговым уровнем. Схема неоптимального некогерентного приема сигналов ЧМ с разделительными полосовыми фильтрами. Сравнение по­тенциальной помехоустойчивости когерентного и некогерентного приема.
37. Прием дискретных сообщений в условиях флуктуации фаз и амплитуд сигналов, вероятность ошибки. Метод раз­несенного приема. Способы разнесенного приема.
38. Прием дискретных сообщений в каналах с сосредоточенными по спектру и импульс­ными помехами.
39. Основные положения теории разделения сигналов в системах многоканальной связи (МКС). Структурная схема многоканальной системы передачи. Системы передачи с линейно-независимыми сигналами. Условия разделимости сигналов, определитель Грама.
40. Частотное, временное и фазовое разделения сигналов. Структурные схемы многока­нальных систем ЧРК, ВРК, ФРК, особенности формирования групповых сигналов и по­строения разделяющих устройств.
41. Разделение сигналов по форме. Структурная схема разделения линейно-независимых сигналов.
42. Система передачи с многостанционным доступом. Принцип многостанционного дос­тупа к общему тракту передачи на основе ЧРК, ВРК, разделения сигналов по форме.
43. При­меры псевдослучайных (шумоподобных) сигналов: последовательности Баркера, ЛРП, ШПС на основе частотно-временных матриц.
44. Принцип статистического (комбинационного ) уплотнения. Комбинационное разделение сигналов. Структурные схемы приема сигналов ДвЧМ, ДвФМ.
45. Принципы распределения информации. Основные положения теории массового об­служивания. Сеть распределения информации и ее элементы. Структура систем распреде­ления информации. Многоуровневая архитектура связи и протоколы.

**Оформляется согласно требованиям к письменной работы МИ 4.2-5/47-01-2013** [Общие требования к построению и оформлению учебной текстовой документации](http://zabgu.ru/files/html_document/pdf_files/fixed/Normativny%27e_dokumenty%27_i_obrazcy%27_zayavlenij/Obshhie_trebovaniya_k_postroeniyu_i_oformleniyu_uchebnoj_tekstovoj_dokumentacii.pdf)

**Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**Основная литература:**

**Печатные издания:**

1. Биккенин Р.Р. Теория электрической связи : учеб. пособие / Биккенин Рафаэль Рифгатович, Чесноков Михаил Николаевич. - Москва: Академия, 2010. - 336с

2. Нефедов В.И. Основы радиоэлектроники и связи: учебник / Нефедов Виктор Иванович. - 3-е изд., испр. - Москва: Высш. шк., 2005. - 510 с : ил. - ISBN 5-06-004274-Х : 665-77.

3. Каганов В.И. Основы радиоэлектроники и связи: учеб. пособие / Каганов Вильям Ильич, Битюков Владимир Ксенофонтович. - Москва: Горячая линия-Телеком, 2007. - 542 с: ил. - (Учебное пособие). - ISBN 5-93517-236-4 : 345-00.

4. Литвинская, О. С. Основы теории передачи информации : учеб. пособие / Литвинская Ольга Сергеевна, Чернышев Николай Иванович. - Москва: КНОРУС, 2010. - 168с. - ISBN 978-5-406-00049-6 : 107-00.

**Издания из ЭБС:**

1. Общая теория связи. Учебник для бакалавриата и магистратуры. Нефедов В.И., Сигов А.С.; под ред. Нефедова В.И.- М.: Издательство Юрайт, 2018.-495с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/book/545BFC31-6153-44ED-B34E-311A4B4344B2>

**Дополнительная литература:**

**Печатные издания:**

1. Котоусов А.С. Теория информации : учеб. пособие / Котоусов Анатолий Сергеевич. - Москва : Радио и связь, 2003. - 80с.: ил. - ISBN 5-256-01686-5 : 55-00.

2. Оппенгейм А. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер; под ред. А.Б.Сергиенко. - 2-е изд., испр. - Москва: Техносфера, 2009. - 856с. - (Мир цифровой обработки). - ISBN 978-594836-202-1 : 565-00.

3. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов : учебник / Сергиенко Александр Борисович . - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Питер, 2007. - 751с.: ил. - ISBN 5-469-00816-9 : 431-00.

4. Хохлов Г.И. Основы теории информации : учеб. пособие / Хохлов Геннадий Иванович. - Москва: Академия, 2008. - 176с. - (Высшее профессиональное образование). - ISBN 978-5-7695-4576-4 : 271-59.

**Издания из ЭБС:**

1. Теория электрической связи: курс лекций.: Учебное пособие для вузов / Андреев Р.Н., Краснов Р.П., Чепелев М.Ю. - М.: Горячая линия - Телеком, 2014. - 230 с. — ISBN 978-5-9912-0381-4 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203814.html>

Ведущий преподаватель С.Б. Таланов

Заведующий кафедрой И.В. Свешников