

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра управления в технических системах**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И. Луковникова

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ  
СИСТЕМ И СЕТЕЙ**

**Б1.Б.17**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Многоканальные телекоммуникационные системы**

Программа академического бакалавриата

Квалификация выпускника: бакалавр

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>4</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	5
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	6
4.3 Лабораторные работы.....	35
4.4 Семинары / практические занятия.....	36
4.5 Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	36
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>37</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>38</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>38</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>39</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>39</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ / семинаров / практических работ .....	39
9.2. Методические указания по выполнению курсовой работы.....	50
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>51</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>51</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>52</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>58</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>59</b>
<b>Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....</b>	<b>60</b>

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к проектному виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенцией и видами деятельности, указанными в учебном плане.

## Цель дисциплины

Изложение базовых принципов и технологий построения инфокоммуникационных сетей общего пользования и локальных сетей; изучение основных характеристик различных сигналов связи и особенностей их передачи по каналам и трактам; изучение принципов и особенностей построения аналоговых и цифровых систем передачи и коммутации, используемых для проводной и радиосвязи.

## Задачи дисциплины

Подготовить обучающихся к самостоятельной работе по решению практических задач, связанных с построением инфокоммуникационных систем передачи общего пользования, с особенностями передачи различных сигналов связи по каналам и трактам, с формулировкой основных технических требований к инфокоммуникационным сетям и системам.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-2	способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением инфокоммуникационных технологий и с учётом основных требований информационной безопасности	<b>знать:</b> - основные требования информационной безопасности; <b>уметь:</b> - решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением инфокоммуникационных технологий; <b>владеть:</b> - навыками практической работы с лабораторными макетами аналоговых и цифровых устройств.
ПК-8	умение собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов	<b>знать:</b> - основные закономерности передачи информации в инфокоммуникационных системах; <b>уметь:</b> - собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов; <b>владеть:</b> - методами компьютерного моделирования физических процессов при передаче информации.
ПК-9	умение проводить расчёты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приёмов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригиналь-	<b>знать:</b> - основные типы сигналов, используемых в телекоммуникационных системах; <b>уметь:</b> - проводить расчёты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приёмов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригиналь- <b>владеть:</b>

	ных программ	- техникой инженерной и компьютерной графики (ввод, вывод, отображение, преобразование и редактирование графических объектов на компьютере).
ПК-15	умение разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию	<b>знать:</b> - особенности передачи различных сигналов по каналам и трактам телекоммуникационных систем; <b>уметь:</b> - разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию; <b>владеть:</b> - современными способами оформления и представления проектной и технической документации с использованием мультимедийных средств.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.17 «Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей» относится к базовой части.

Дисциплина «Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей» базируется на знаниях, полученных при изучении таких учебных дисциплин, как Б1.В.03 История отрасли и введение в специальность, Б1.Б.12 Теория электрических цепей, Б1.Б.15 Схемотехника телекоммуникационных устройств, Б1.Б.16 Вычислительная техника и информационные технологии.

Дисциплина «Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей» представляет основу для изучения дисциплин: Б1.В.10 Направляющие среды электросвязи, Б1.В.13 Многоканальные телекоммуникационные системы, Б1.В.14 Системы связи и системы коммутации, Б1.В.15 Проектирование и эксплуатация систем передачи, Б1.В.16 Технологии цифрового телерадиовещания.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

## 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	3	5	144	51	17	17	17	57	КР	экзамен
Заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			5
1	2	3	4
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	51	26	51
Лекции (Лк)	17	10	17
Лабораторные работы (ЛР)	17	8	17
Практические занятия (ПЗ)	17	8	17
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
Курсовая работа	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	57	-	57
Подготовка к лабораторным работам	15	-	15
Подготовка к практическим занятиям	10		10
Выполнение курсовой работы	23		23
Подготовка к экзамену в течении семестра	9	-	9
<b>III. Промежуточная аттестация экзамен</b>	36	-	36
Общая трудоемкость дисциплины ..... час. зач. ед.	144	-	144
	4	-	4

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
<b>1.</b>	<b>Введение</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
1.1.	Цели и задачи курса	1,5	0,5	-	-	1
1.2.	Основные понятия и определения	3,5	0,5	1	1	1
1.3.	Логарифмические единицы измерений	8	1	1	1	5
<b>2.</b>	<b>Архитектура взаимосвязанной сети связи РФ</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
2.1.	Деление по ведомственной принадлежности	3,5	0,5	0,5	0,5	2
2.2.	Деление по архитектуре	3,5	0,5	0,5	0,5	2
2.3.	Деление по среде передачи	2,5	0,5	0,5	0,5	1
2.4.	Взаимоувязанность сети связи	3,5	0,5	0,5	0,5	2

<b>3.</b>	<b>Первичные электрические сигналы и их характеристики</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
3.1.	Первичные сигналы электросвязи и их физические характеристики	3,5	0,5	0,5	0,5	2
3.2.	Телефонные (речевые) сигналы	3,5	0,5	0,5	0,5	2
3.3.	Сигналы телевизионного вещания	2,5	0,5	-	-	2
3.4.	Сигналы передачи данных	4,5	0,5	1	1	2
<b>4.</b>	<b>Элементы теории телеграфика</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
4.1.	Телефонная нагрузка	7	1	2	-	4
4.2.	Качество обслуживания	2,5	0,5	-	-	2
4.3.	Основы построения телефонной сети. Общие сведения	3,5	0,5	-	2	1
<b>5.</b>	<b>Принципы построения систем коммутации</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
<b>6.</b>	<b>Коммутация пакетов</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
<b>7.</b>	<b>Каналы передачи</b>	<b>16</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>7</b>
7.1.	Каналы передачи, их классификация и основные характеристики	6,5	0,5	2	2	2
7.2.	Канал передачи как четырёхполосник	7	2	1	1	3
	Канал тональной частоты	2,5	0,5	-	-	2
<b>8.</b>	<b>Двусторонние каналы</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>7</b>
	<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>57</b>

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

### Раздел 1: Введение

Лекция проводится в интерактивной форме с текущим контролем (2 час.)

#### 1.1. Цели и задачи курса

Целью преподавания курса “ОПИСиС” является изложение базовых принципов построения телекоммуникационных сетей общего пользования; изучение основных характеристик различных сигналов связи и особенностей их передачи по каналам и трактам; изучение принципов и особенностей построения аналоговых и цифровых систем передачи и коммутации, используемых для проводной, спутниковой и радиосвязи.

Задачи курса “ОПИСиС”:

- архитектура взаимоувязанной сети связи РФ;
- первичные электрические сигналы и их характеристики;
- элементы теории телеграфика;
- принципы построения систем коммутации;
- коммутация каналов, сообщений и пакетов;
- типовые каналы передачи;
- принципы построения систем передачи (СП) с частотным разделением каналов (ЧРК);
- принципы построения СП с временным разделением каналов и импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ);
- параметры цифровых сигналов в системах плезиохронной и синхронной иерархии;
- особенности построения волоконно-оптических цифровых систем передачи;

## 1.2. Основные понятия и определения

**Опр. 1.** Телекоммуникационные системы - это комплекс технических средств (КТС), обеспечивающих электрическую связь (электросвязь) определенного типа.

**Опр. 2.** Электросвязь - это передача и прием сообщений с помощью сигналов электро-связи по проводной, радио, оптической или другим средам распространения.

**Опр. 3.** Сообщение - это информация, передаваемая с помощью электромагнитных сигналов средствами электросвязи (текст телеграммы, телевизионное изображение, данные с выхода вычислительных машин, команды в системах телеуправления и телеконтроля и др.)

Классификация систем электросвязи весьма разнообразна, но в основном определяется видами передаваемых сообщений, средой распространения электрических сигналов (рис. 1.1) и способами распределения информации: коммутируемые или некоммутируемые сети передачи сообщений.



Рис. 1.1 – Классификация систем электросвязи по видам передаваемых сообщений и среды распространения

передачи среды распространения - СР;  $OC^{-1}$  - оборудование сопряжения, осуществляющее преобразование линейных электрических сигналов в исходные первичные сигналы;  $PP^{-1}$  - преобразователь первичного сигнала в сообщение; ПС – получатель сообщения.

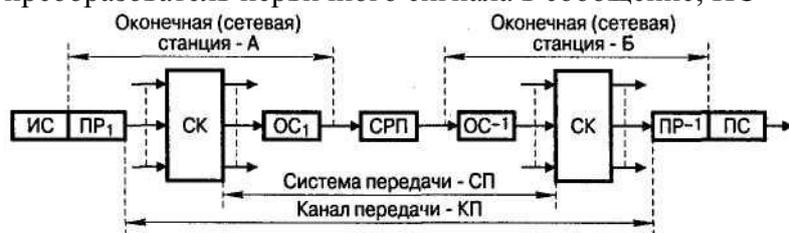


Рис. 1.2 – Взаимодействие телекоммуникационных систем и сетей

Обобщенная структурная схема взаимодействия телекоммуникационных систем и сетей представлена на рис. 1.2, где приняты следующие обозначения: ИС - источник сообщения (информации);  $PP_1$  - преобразователь сообщения в электрический сигнал, называемый первичным электрическим сигналом (в дальнейшем просто «первичный сигнал»); СК - станция коммутации;  $OC_1$  - оборудование сопряжения, осуществляющее преобразование первичных сигналов в линейные электрические сигналы, физические характеристики которых согласуются с параметрами

**Опр. 4.** Канал передачи – это КТС и среды распространения, обеспечивающий передачу первичного сигнала в определенной полосе частот или с определенной скоростью передачи между сетевыми станциями или сетевыми узлами.

Линейные сигналы при прохождении по среде распространения испытывают ослабление (затухание), подвергаются различного рода искажениям и помехам. Для устранения влияния этих факторов на качество передачи сигналов, через определенные расстояния в зависимости от вида системы передачи устанавливаются усилители, регенераторы или ретрансляторы, которые вместе со средой распространения образуют линейный тракт системы передачи.

## 1.3 Логарифмические единицы измерений

Сигналы, используемые для передачи сообщений, представляют собой электрические мощность, напряжение или ток, изменяющиеся во времени. Характер изменений мгновенных значений напряжения или тока сигналов однозначно соответствует передаваемым сообщениям.

Значения напряжений (токов) сигналов и помех в различных точках каналов и трактов передачи имеют величины от пиковольт/(пикоампер) (10-12) до десятков вольт/(ампер). Мощности токов, с которыми приходится встречаться при расчетах и измерениях, имеют величины от долей пиковатта до целых ватт. Чтобы облегчить измерения и расчеты величин, значения которых размещаются в широком диапазоне (он шире диапазона длин от миллиметра до миллионов километров), и чтобы при сравнении результатов измерений или расчетов операции умножения и деления заменить соответственно сложением или вычитанием, вместо величин мощности, напряжения и тока, выраженных в ваттах, вольтгах и амперах (или их долях), используют логарифмы отношения этих величин к условным величинам, принятым за отсчетные.

**Опр. 5.** Относительные единицы, выраженные в логарифмической форме, называются уровнями передачи.

**Опр. 6.** Уровни передачи, представляющие десятичные логарифмы отношения одноименных величин, называются децибелами (дБ), а представляющие натуральные логарифмы отношения одноименных величин, называются неперами (Нп).

В настоящее время принято пользоваться децибелами.

Различают следующие уровни передачи:

по мощности:

$$p_{ом} = 10 \lg \frac{W_x}{W_0}, \quad \text{дБ} \quad \text{или} \quad p_{ом} = \frac{1}{2} \ln \frac{W_x}{W_0}, \quad \text{Нп.} \quad (1.1)$$

по напряжению:

$$p_{он} = 20 \lg \frac{U_x}{U_0}, \quad \text{дБ} \quad \text{или} \quad p_{он} = \ln \frac{U_x}{U_0}, \quad \text{Нп.} \quad (1.2)$$

по току:

$$p_{от} = 20 \lg \frac{I_x}{I_0}, \quad \text{дБ} \quad \text{или} \quad p_{от} = \ln \frac{I_x}{I_0}, \quad \text{Нп.} \quad (1.3)$$

Между уровнями передачи в дБ и Нп существуют следующие соотношения:  $1 \text{ Нп} = 8,686 \cong 8,7 \text{ дБ}$  и  $1 \text{ дБ} = 0,115 \text{ Нп}$ .

В этих формулах  $W_x$ ,  $U_x$  и  $I_x$  - соответственно величины кажущейся или активной мощности, напряжения, тока в рассматриваемой точке, а  $W_0$ ,  $U_0$  и  $I_0$  - величины, принятые за исходные при определении уровней передачи.

Уровни передачи по мощности ( $p_{ом}$ ), напряжению ( $p_{он}$ ) и току ( $p_{от}$ ), определенные по формулам (1.1...1.3), называются относительными и обозначаются соответственно дБом, дБон, дБот.

От логарифмических единиц (уровней в децибелах) легко перейти к абсолютным величинам мощности, напряжения или тока по следующим очевидным формулам:

$$W_x = W_0 \cdot 10^{0,1 p_{ом}}; \quad U_x = U_0 \cdot 10^{0,05 p_{он}}; \quad I_x = I_0 \cdot 10^{0,05 p_{от}}. \quad (1.4)$$

В общем случае численные значения уровней передачи по мощности, напряжению и току не совпадают. Однако между ними легко установить взаимосвязь, если известны сопротивления  $Z_x$  и  $Z_0$ , на которых выделяются мощности  $W_x$  и  $W_0$ .

Действительно,

$$p_{ом} = 10 \lg \frac{W_x}{W_0} = 10 \lg \frac{U_x^2 \cdot |Z_0|}{|Z_x| \cdot U_0^2} = 20 \lg \frac{U_x}{U_0} - 10 \lg \frac{|Z_x|}{|Z_0|} = p_{он} - 10 \lg \left| \frac{Z_x}{Z_0} \right| \quad (1.5)$$

или

$$p_{ом} = p_{от} + 10 \lg \left| \frac{Z_x}{Z_0} \right|. \quad (1.6)$$

Уровни передачи подразделяются на абсолютные и измерительные. Уровни называются абсолютными, если за исходные приняты следующие величины:

- кажущаяся мощность  $W_0 = 1 \text{ мВА}$  или активная мощность  $W_0 = 1 \text{ мВт}$ ;
- эффективное напряжение  $U_0 = 0,775 \text{ В}$ ;
- эффективное значение тока  $I_0 = 1,29 \text{ мА}$ .

Если абсолютные уровни передачи определяются при сопротивлении  $Z = R = 600 \text{ Ом}$ , то  $p_m = p_n = p_t$ , что объясняется выбором исходных величин:  $0,775 \text{ В} \times 1,29 \text{ мА} = 1 \text{ мВА}$  (мВт) или  $0,775 \text{ В} / 1,29 \text{ мА} = 600 \text{ Ом}$ . Абсолютные уровни передачи по мощности, напряжению и току измеряются соответственно в дБм, дБн, дБт. Уровни передачи по току в практических расчетах и измерениях используются весьма редко.

Выражение (1.1) для относительного уровня по мощности можно представить в следующем виде:

$$p_{om} = 10 \lg \left( \frac{\frac{W_x}{1 \text{ мВА} \text{ (мВт)}}}{\frac{W_0}{1 \text{ мВА} \text{ (мВт)}}} \right) = 10 \lg \frac{W_x}{1 \text{ мВА} \text{ (мВт)}} - 10 \lg \frac{W_0}{1 \text{ мВА} \text{ (мВт)}} = p_{mx} - p_{mo}, \quad (1.7)$$

где  $p_{mx}$  - абсолютный уровень по мощности в рассматриваемой точке и  $p_{mo}$  - уровень в точке отсчета. Как следует из формулы (1.7), относительный уровень по мощности равен разности абсолютных уровней мощности в точке измерения и точке, принятой за отсчетную. Аналогичным образом получается выражение для относительных уровней по напряжению

$$p_{on} = p_{nx} - p_{no}. \quad (1.8)$$

Измерительным уровнем называется абсолютный уровень в рассматриваемой точке при условии, что в начале тракта включен нормальный генератор, т.е. генератор синусоидальных колебаний определенной частоты с внутренним активным сопротивлением, равным  $600 \text{ Ом}$  и ЭДС, равной  $1,55 \text{ В}$ . Если входное сопротивление канала активно и равно  $600 \text{ Ом}$ , то при подключении нормального генератора на входе канала оказывается абсолютный нулевой уровень.

Если в точке канала с относительным уровнем по мощности  $p_{om1}$  известен абсолютный уровень по мощности сигнала  $p_{m1}$  то в точке канала, с относительным уровнем  $p_{om2}$  абсолютный уровень мощности  $p_{m2}$  будет равен

$$p_{m2} = p_{m1} - p_{om1} + p_{om2}. \quad (1.9)$$

Если в точке канала с относительным уровнем по мощности  $p_{om1}$  известна мощность сигнала  $W_1$ , то в точке канала с относительным уровнем  $p_{om2}$  мощность сигнала равна

$$W_2 = W_1 \cdot 10^{0,1(p_{om2} - p_{om1})}, \text{ мВт}. \quad (1.10)$$

Канал передачи представляет из себя каскадное соединение пассивных и активных четырехполюсников. При прохождении сигналов по каналам передачи имеют место потери энергии в пассивных четырехполюсниках или ее увеличение в активных. Для оценки изменений энергии сигнала в различных точках канала вводится понятие рабочего затухания и рабочего усиления.

Под рабочим затуханием четырехполюсника понимается отношение вида:

$$A_p = 10 \lg \frac{W_z}{W_n} = p_z - p_n, \text{ дБ} \quad (1.11)$$

где  $W_z$  - кажущаяся мощность, которую отдал бы источник (генератор) сигнала согласованной с ним нагрузке,  $W_n$  - кажущаяся мощность, выделяющаяся в нагрузке четырехполюсника в реальных условиях включения. При таком определении учитывается возможная несогласованность на входе и выходе четырехполюсника.

Рабочее усиление четырехполюсника определяется выражением вида:

$$S_p = 10 \lg \frac{W_n}{W_z}, \text{ дБ} \quad (1.12)$$

здесь величины  $W_n$  и  $W_z$  имеют тот же смысл, что и в формуле (1.11).

На рис. 1.3 показана диаграмма уровней канала передачи, состоящего из усилителя передачи  $УС_{пер}$  с усилением равным  $S_{пер}$ , трех участков линии связи (среды распространения) длиной  $l_1$ ,  $l_2$  и  $l_3$  с затуханием, равным  $A_1$ ,  $A_2$  и  $A_3$ , двух промежуточных усилителей  $УС_1$  и  $УС_2$  с усилением соответственно  $S_1$ ,  $S_2$  и усилителя приема  $УС_{пр}$  с усилением  $S_{пр}$ .

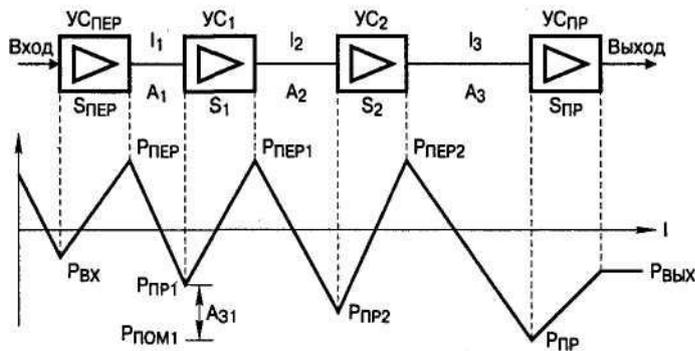


Рис. 1.3 – Диаграмма уровней и её характерные точки

$p_{\text{пом}i}$  - соответственно уровни сигнала и помехи.

Соотношение между уровнями сигнала на входе и выходе канала определяет его *остаточное затухание*, которое представляет собой рабочее затухание, определяемое при условии замыкания входа и выхода канала на активные сопротивления нагрузки, соответствующие номинальным значениям входного и выходного сопротивлений канала. *Остаточное затухание равно разности между суммой всех рабочих затуханий, имеющих в канале, и суммой всех рабочих усилений:*

$$A_r = \sum A_{pi} - \sum S_{pk} . \quad (1.14)$$

Для того чтобы обеспечить нормальную работу каналов и систем передачи, величины мощностей, напряжений и токов сигналов и соответствующие им уровни нормируют; нормируют также допустимые уровни помех. При этом приходится считаться с тем, что уровни сигналов и помех в различных точках канала будут различными. Чтобы избавиться от неопределенности, все нормируемые величины относят к точке тракта передачи с нулевым измерительным уровнем. Уровни по мощности, отнесенные к точке с нулевым измерительным уровнем, обозначают через *дБм*.

Приборы для измерения уровней передачи называются указателями уровней и представляют из себя обычные вольтметры, измерительная шкала и входные регуляторы которых отградуированы в уровнях по мощности или напряжению. Во избежание ошибок на указателях уровней указывают напряжение, которому соответствует нулевая отметка шкалы, или величину активного сопротивления  $R$ , на котором выделяется мощность соответствующая 1 мВт. Наибольшее распространение получили широкополосные и избирательные указатели уровней, отградуированные для  $R = 600 \text{ Ом}$  и  $U_0 = 0,775 \text{ В}$ ,  $R = 150 \text{ Ом}$  и  $U_0 = 0,387 \text{ В}$ ,  $R = 75 \text{ Ом}$  и  $U_0 = 0,274 \text{ В}$ . При такой градуировке значения уровней напряжения совпадают со значениями абсолютных уровней мощности.

## Раздел 2:

### Архитектура взаимосвязанной сети связи РФ

Лекция проводится в интерактивной форме с текущим контролем (2 час.)

#### 2.1. Деление по ведомственной принадлежности

Взаимоуязванная сеть связи (ВСС) Российской Федерации по ведомственной принадлежности подразделяется на две большие группы: телефонную сеть общего пользования (ТФ ОП), которая курируется Министерством связи и массовых коммуникаций (МСиМК), и ведомственные сети связи. Телефонная сеть общего пользования принадлежит, в основном, АО Ростелеком, АО Связьинвест, областным АО Электросвязь и телефонным сетям крупных городов. Ведомственные сети связи принадлежат различным министерствам и ведомствам, таким, как ОАО РЖД, АО Транстелеком, АО Газпром, АО Связьтранснефть, АО Телекомнефтепродукт, Министерство обороны РФ, Федеральное агентство правительственной связи и информатики (ФАПСИ).

На диаграмме уровней отмечены характерные точки канала (тракта) передачи: вход канала с уровнем  $p_{\text{вх}}$ ; уровень передачи равный  $p_{\text{пер}} = p_{\text{вх}} + S_{\text{пер}}$ , уровни приема на входе  $i$ -го усилителя  $p_{\text{при}i} = p_{\text{пер}(i-1)} - A_i$ ; выход канала (тракта) с уровнем  $p_{\text{вых}}$  и величина защищенности от помех на входе  $i$ -го усилителя, равная  $A_{zi} = 10 \lg \left( \frac{W_{\text{при}i}}{W_{\text{пом}i}} \right) \approx p_{\text{при}i} - p_{\text{пом}i}$ , (1.13)

где  $W_{\text{при}i}$  и  $W_{\text{пом}i}$  - мощности сигнала и помехи на входе  $i$ -го усилителя, а  $p_{\text{при}i}$  и

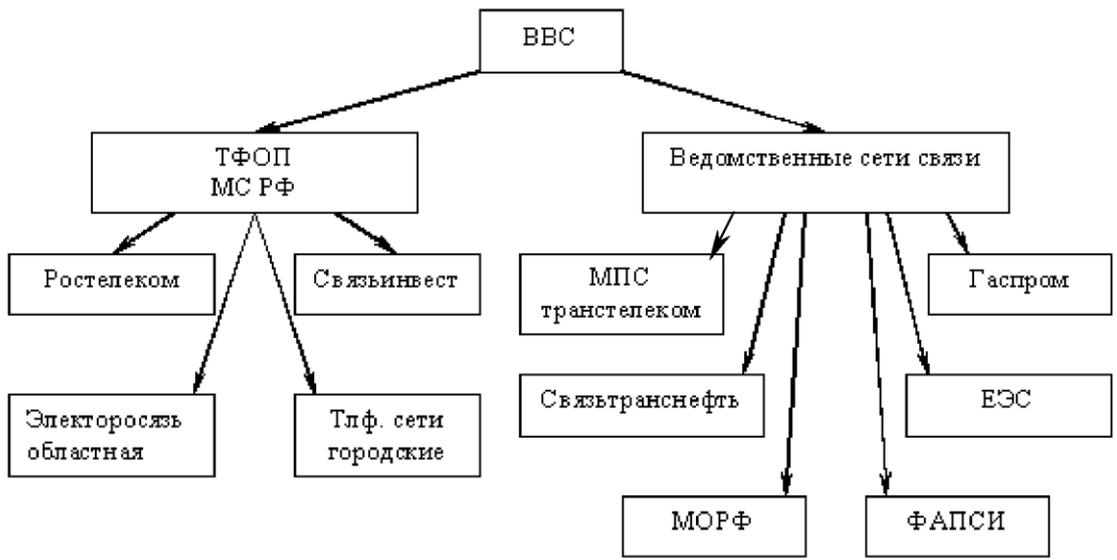


Рис. 2.1 - Деление ВСС по ведомственной принадлежности

### 2.2. Деление по архитектуре

По архитектуре ВСС подразделяется на магистральные (междугородные и международные), зональные (внутриобластные), местные (городские и сельские) и локальные (внутриобъектовые) линии связи.

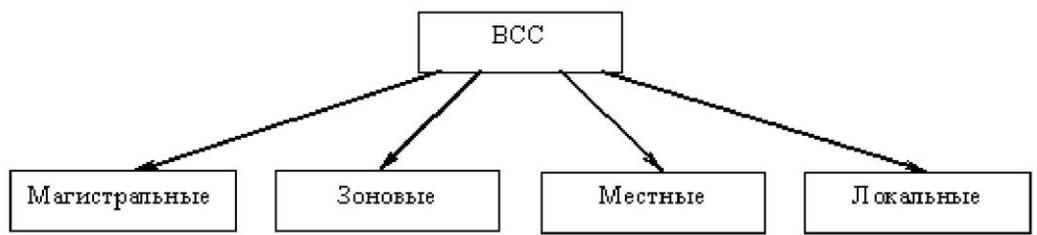


Рис.2.2 - Деление ВСС по архитектуре

### 2.3. Деление по среде передачи

По среде передачи ВСС можно разделить на кабельные (волоконно-оптические и медные кабели), радиорелейные, спутниковые, мобильные и арендованные, т.е. организованные по арендованным каналам линии и сети связи.

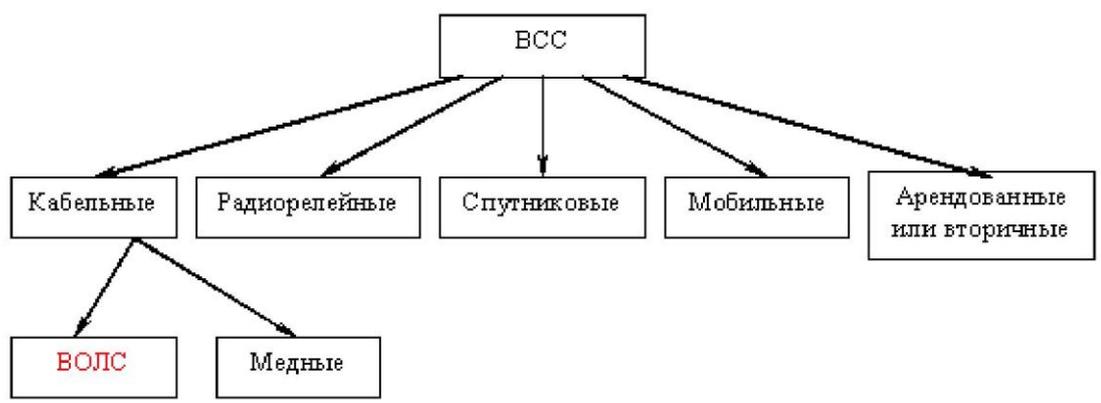


Рис. 1.3 - Деление ВСС по среде передачи

## 2.4. Взаимозвязанность сети связи

Взаимозвязанность сети связи реализуется следующими службами:

### **Госсвязьнадзор обеспечивает:**

- надзор и контроль за лицензируемой деятельностью в области электросвязи;
- инспектирование технологического состояния сетей и средств связи;
- проведение экспертиз при вводе в эксплуатацию;
- планирование и назначение радиочастот в пределах выделенных диапазонов;
- международную координацию.

**Центр сертификации при МСМК РФ** обеспечивает выдачу сертификатов на оборудование систем связи с проверкой на соответствие международным (международного союза электросвязи – МСЭ) и Российским стандартам.

**Государственная комиссия по радиочастотам при МСМК** обеспечивает выделение диапазонов частот.

**ФАПСИ при Президенте РФ** обеспечивает лицензирование и сертификацию в области защиты информации с целью обеспечения информационной безопасности РФ.

## **Раздел 3:**

### **Первичные электрические сигналы и их характеристики**

Лекция проводится в интерактивной форме с текущим контролем (2 час.)

#### 3.1. Первичные сигналы электросвязи и их физические характеристики

Первичный сигнал в структуре телекоммуникационных систем и сетей (ТКСС) есть объект транспортировки, так как он должен быть передан по каналу от передатчика к приемнику. ТКСС представляет технику транспортирования сигнала, а телекоммуникационные сети – специфическую транспортную сеть. Поэтому для установления соотношений между параметрами и характеристиками первичных сигналов и свойствами каналов передачи вводят такие параметры и характеристики первичных сигналов, которые просто измерить и по которым возможно определить условия их передачи с минимальными искажениями и максимально возможной защищенностью.

Первым таким параметром является *длительность первичного сигнала*  $T_c$ , определяющая интервал времени, в пределах которого сигнал существует.

Средняя мощность определяется выражением

$$W_{cp} = \frac{1}{TR} \int_0^T U^2 dt, \quad (3.1)$$

где  $T$  - период усреднения; если  $T = 1$  мин, то такая средняя мощность называется среднeminутной мощностью, если  $T = 1$  ч, то речь идет о среднечасовой мощности и при  $T \gg 1$  ч говорят о долговременной средней мощности сигнала;  $R$  - сопротивление нагрузки, на которой определяется средняя мощность сигнала;  $U(t)$  - напряжение первичного сигнала.

Первичный сигнал характеризуется *максимальной мощностью*  $W_{max}$ , под которой понимается мощность эквивалентного синусоидального сигнала с амплитудой  $U_m$ , которая превышает мгновенными значениями переменной составляющей сигнала  $U(t)$  с определенной малой вероятностью  $\varepsilon$ . Для различных видов сигналов значение  $\varepsilon$  принимается равным  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  и даже  $10^{-5}$ .

*Минимальная мощность*  $W_{min}$  - это мощность эквивалентного синусоидального сигнала с амплитудой  $U_m$ , которая превышает мгновенным значением переменной составляющей сигнала  $U(t)$  с определенной вероятностью, которая обычно равна  $1 - \varepsilon \approx 0,98$ .

Возможный разброс мощностей первичного сигнала в конкретной точке канала характеризуется *динамическим диапазоном*  $D_c$ , под которым понимается отношение вида:

$$D_c = 10 \lg \frac{W_{\max}}{W_{\min}}, \text{ дБ} \quad (3.2)$$

где  $W_{\max}$  - максимальная (пиковая) мощность и  $W_{\min}$  - минимальная мощность сигнала в одной и той же точке канала.

Превышение максимальной мощности сигнала средней мощности называется *пик-фактором*  $Q_c$ , определяемым по формуле

$$Q_c = 10 \lg \frac{W_{\max}}{W_{cp}}, \text{ дБ} \quad (3.3)$$

Превышение средней мощности первичного сигнала  $W_{cp}$  средней мощности помехи  $W_n$  называется *защищенностью*, которая равна

$$A_z = 10 \lg \frac{W_{cp}}{W_n}. \quad (3.4)$$

Первичные сигналы электросвязи (непрерывные и дискретные) являются непериодическими функциями времени. Таким сигналам соответствует сплошной спектр, содержащий бесконечное число частотных составляющих. Однако всегда можно указать диапазон частот, в пределах которого сосредоточена основная энергия сигнала (не менее 90 %) и ширина которого равна

$$\Delta F_c = F_{\max} - F_{\min}, \quad (3.5)$$

где  $F_{\min}$  - минимальная частота первичного сигнала;  $F_{\max}$  - максимальная частота первичного сигнала. Этот диапазон еще называют *эффективно передаваемой полосой частот сигнала*, устанавливаемой экспериментально, исходя из требований качества передачи для конкретного вида первичных сигналов.

Произведение трех физических параметров первичного сигнала: длительности  $T_c$ , динамического диапазона  $D_c$  и эффективно передаваемой полосы частот  $\Delta F_c$ , т.е.

$$V_c = T_c \cdot D_c \cdot \Delta F_c \quad (3.6)$$

называется *объемом первичного сигнала*.

Важным параметром первичного сигнала является его *потенциальный информационный объем* или *количество информации*  $I_c$ , переносимое им в единицу времени и равное

$$I_c = 3,32 \cdot \eta \cdot \Delta F_c \cdot \lg \left( 1 + \frac{W_{cp}}{W_n} \right), \text{ бит/с} \quad (3.7)$$

где  $\eta$  - коэффициент активности источника первичного сигнала (для телефонных сигналов берется равным 0,25...0,35, а для остальных - 1);  $\Delta F_c$  - эффективно передаваемая полоса частот, Гц;  $W_{cp}$  - средняя мощность первичного сигнала и  $W_n$  - средняя допустимая мощность помехи.

Классификация первичных сигналов разнообразна, но наибольшее применение нашла классификация по виду передаваемых сигналов и по виду передаваемых сообщений. Классификация по виду сигналов охватывает аналоговые, дискретные и цифровые сигналы, узкополосные и широкополосные.

**Опр. 1.** Аналоговым (непрерывным) сигналом называется сигнал электросвязи, у которого величина представляющих (информационных) параметров может принимать непрерывное множество состояний. Аналоговым сигналом может быть и импульсный сигнал, если один из его параметров (амплитуда, длительность, частота следования, фаза) принимает бесчисленное множество состояний.

**Опр. 2.** Дискретным называется сигнал электросвязи, у которого величина одного из представляющих параметров квантуется, т.е. имеет счетное множество состояний.

**Опр. 3.** Цифровым называется сигнал электросвязи, у которого счетное множество величин одного из представляющих параметров описывается ограниченным набором *кодовых комбинаций*. Примерами таких сигналов являются: сигналы передачи данных и телеграфии, сигналы телеконтроля и телеуправления, телемеханики и др.

Если отношение граничных частот эффективно передаваемой полосы частот первичного сигнала  $F_{\max}/F_{\min} \leq 2$ , то такие сигналы называются *узкополосными*, а если  $F_{\max}/F_{\min} \gg 2$ , то такие сигналы называются *широкополосными*.

### 3.2. Телефонные (речевые) сигналы

Спектр звуков речи содержит колебания с частотами от 70-80 до 8000-20000 Гц. Однако основная мощность речевых сигналов сосредоточена в полосе частот от 150 до 1500-2000 Гц. В результате действия резонирующих полостей речеобразующего тракта человека (полости рта и носа) в спектре звуков создаются области повышенной интенсивности, называемые формантами. Большая часть формантных областей расположена в диапазоне частот от 300 до 3000 Гц.

Ограничение спектра речевых сигналов приводит к ухудшению качества принимаемой речи – искажается тембр, теряется естественность и узнаваемость, снижается разборчивость. Экспериментальные исследования показали, что вполне удовлетворительное качество речи получается при передаче в полосе частот от 250-300 до 3300-3500 Гц. Поэтому полоса эффективно передаваемых частот стандартного канала тональной частоты находится в пределах от 300 до 3400 Гц.

Мощность разговорных звуков изменяется в очень широких пределах от 0,01 мкВт при шепоте до 10000 мкВт при крике. Средняя мощность речи при нормальном разговоре с учетом пауз между словами и фразами равна приблизительно 10 мкВт. Таким образом, при учете всех возможностей речи динамический диапазон речевых сигналов оказывается чрезвычайно большим  $D_c = 55 \text{ дБ}$ ,  $Q_c = 27,5 \text{ дБ}$ .

Однако при расчете каналов телефонной связи не следует ориентироваться на необходимость передачи сигналов с таким большим динамическим диапазоном, т.к. это связано с серьезными техническими трудностями. Кроме того, исследования показывают, что в большинстве случаев динамический диапазон речи значительно меньше. Так, например, при плавном разговоре со средним уровнем громкости пикфактор не превосходит величины  $Q_c = 14-18 \text{ дБ}$ . Поэтому, при передаче речевых сообщений принимают динамический диапазон равным 23-27 дБ.

Кроме речевого сигнала телефонная система передачи должна передавать специальные сигналы управления и взаимодействия (СУВ) на другой конец связи. По цепи между телефонной станцией и абонентом передаются следующие сигналы: постоянным током для дистанционного управления, образующиеся снятой и лежащей на месте телефонной трубкой, импульсы или частоты набора номера, а также сигнала вызова переменным током.

Эту информацию на центральной станции преобразуют для передачи по специальным сигнальным проводам, называемым проводами Е и М (Е & М сигнализация). Сигналы, передаваемые постоянным током по проводу М с вызывающей станции, поступают в провод Е на вызываемой станции и наоборот.

Адресация или указание номера вызываемого абонента производится вызывающим абонентом. Это делается, в основном, двумя способами - набирая номер диском телефонного аппарата или расположенном на нем кнопками. При наборе номера диском телефонного аппарата обрывается токовая цепь между абонентом и телефонной станцией. При наборе номера кнопками передаются либо импульсы определенной частоты, либо тональные частоты.

### 3.3. Сигналы телевизионного вещания

Полный телевизионный сигнал черно-белого телевидения состоит из сигналов изображения, синхронизации и гашения обратного хода луча приемной трубки по строкам и кадрам. Сигналы синхронизации содержат синхронизирующие импульсы строчной и полукадровой частоты и уравнивающие импульсы.

Отечественный стандарт на черно-белое телевидение предусматривает передачу 25 кадров в секунду. Каждый кадр состоит из двух полей (полукадров). Число строк в кадре - 625. Развертка изображения чересстрочная, т.е. поля с нечетными строками и поля с четными строками передаются поочередно. Это позволяет ослабить визуальный эффект мерцания воспроизводимого изображения без увеличения числа элементов изображения, передаваемых за одну секунду. Отношение ширины кадра к его высоте (формат кадра) равно 4:3. Развертка изображения осуществляется по строкам слева на право и по полукадрам сверху вниз. Номинальное значение частоты строчной развертки  $f_c = 15625$  Гц, а частоты полей 50 Гц. Во всех точках соединения по видеочастоте в трактах передачи телевидения номинальный размах полного видеосигнала должен составлять 1 В. Время передачи одной строки  $T_c = 64$  мкс. Длительность строчных импульсов гашения 12 мкс, а синхронизирующих 4,7 мкс. Импульсы синхронизации передаются ниже уровня черного. Введение уравнивающих импульсов (частота следования  $2f_c$ , а длительность 2,35 мкс) и нескольких кадровых синхронизирующих импульсов (один широкий, разделенный врезками на пять) обеспечивает идентичные условия работы устройств синхронизации полукадров при передаче четных и нечетных строк и непрерывность работы строчной синхронизации во время полукадровых импульсов.

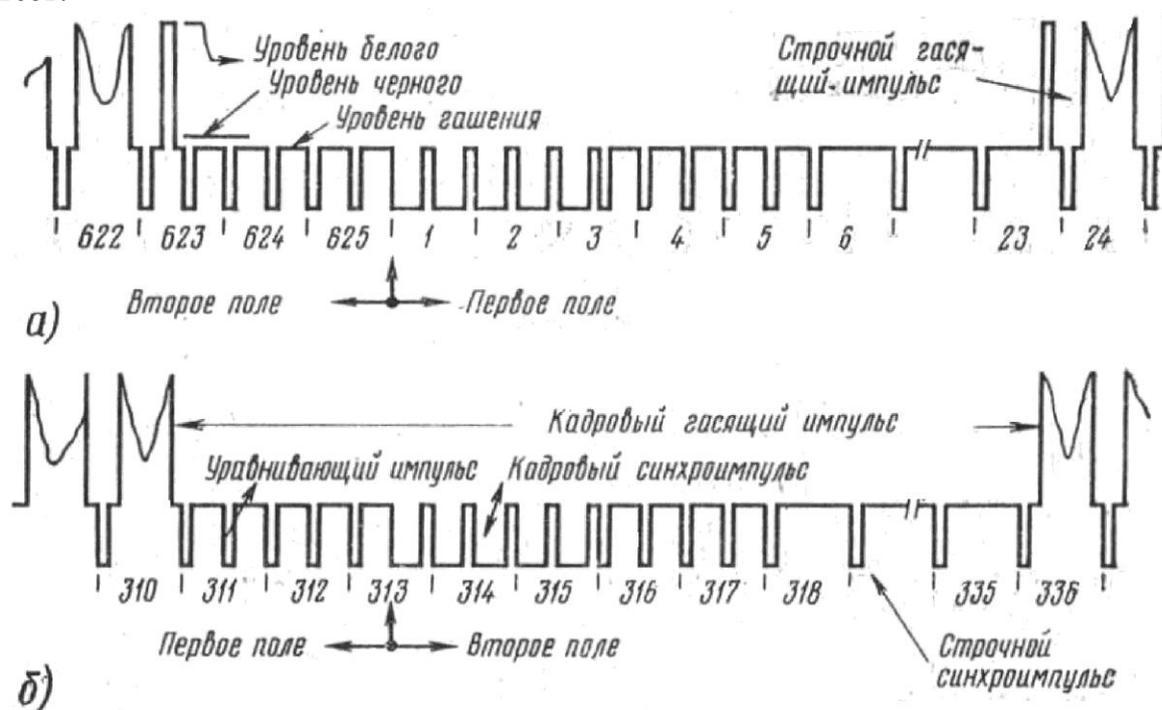


Рис. 3.1 - Стандартные телевизионные видеосигналы:  
а) в начале каждого первого поля; б) в начале каждого второго поля.

### 3.4. Сигналы передачи данных

Сигналы передачи данных обычно имеют вид последовательностей двуполярных или однополярных прямоугольных импульсов. Сигналы такой формы называют двоичными.

Длительность импульсов  $\tau_u$  определяется скоростью передачи  $V$ , измеряемой в бит/с (число символов в секунду). Вводится понятие тактовой частоты  $F_m = \frac{1}{\tau_u}$ , которая численно

равна скорости передачи. Вероятность появления положительных  $p(+C)$  и отрицательных  $p(-C)$  импульсов, а также статистические связи между импульсами определяются свойствами источника информации. Часто  $p(+C) = p(-C) = 0,5$ , и импульсы последовательности статистически независимы.

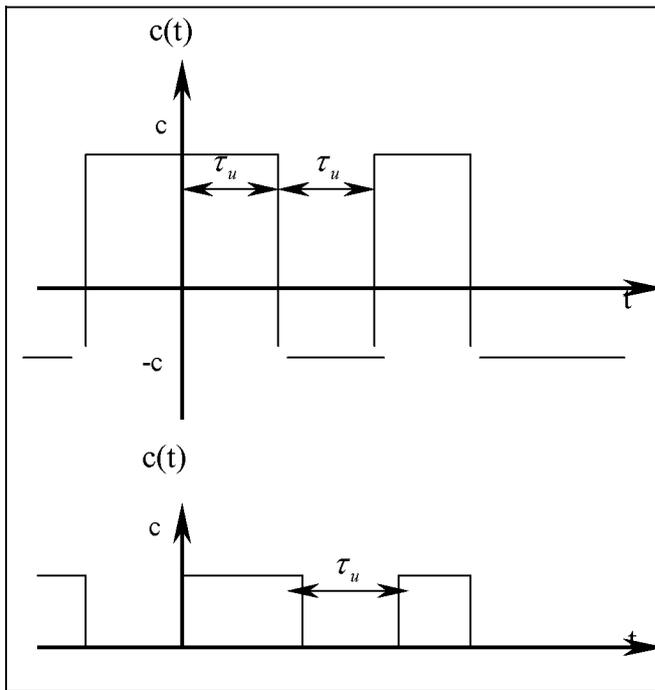


Рис. 2.2 – Двоичные импульсы передачи данных

Определим минимальную полосу частот  $\Delta F$ , необходимую для передачи сигнала данных.

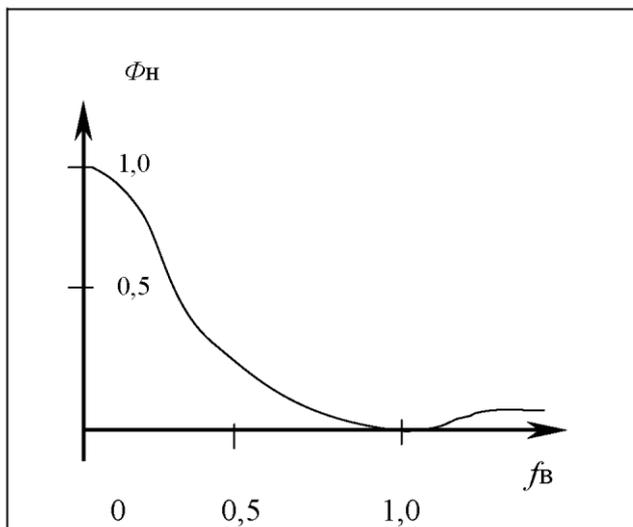


Рис. 3.3. – Энергетический спектр сигнала передачи данных

определения величины  $\Delta F$ .

Пусть на вход идеального фильтра низких частот (ФНЧ) с частотной характеристикой

$$K_{\Phi} \begin{cases} 1 & \text{при } |\omega| \leq \omega_c \\ 0 & \text{при } |\omega| > \omega_c \end{cases} \quad (3.10)$$

подается последовательность из двух прямоугольных импульсов  $f_I(t)$  (рис. 3.4).

Энергетический спектр такого сигнала

$$\Phi_{\Phi} \begin{cases} \equiv c^2 \frac{\tau_u}{\pi} \cdot \frac{\sin \frac{\omega \tau_u}{2}}{\frac{\omega \tau_u}{2}} \end{cases} \quad (3.8)$$

Подставляя  $\omega = 2\pi \cdot f$  и  $\tau_u = \frac{1}{F_m}$  и

обозначая нормированный спектр

$$\uparrow \Phi_n \left( \frac{f}{F_m} \right) \equiv \Phi_n \left( \frac{f}{F_m} \right) \frac{\pi}{c^2} \cdot \frac{1}{\tau_u}, \quad \text{полу-}$$

чим

$$\Phi_n \left( \frac{f}{F_m} \right) = \frac{\sin \pi f / F_m}{\pi f / F_m} \quad (3.9)$$

Выражение для  $\Phi_{\Phi}$  показывает, что для неискаженной передачи последовательности прямоугольных импульсов необходима бесконечно широкая полоса частот, т.к. спектральная плотность сигнала не равна нулю на всей оси частот.

Следует, однако, иметь ввиду, что при передаче двоичных сигналов в приемнике нет необходимости восстанавливать импульсы без искажений, т.е. сохранять их прямоугольную форму.

Для восстановления информации достаточно зафиксировать только знак импульса при двухполярном сигнале, либо наличие или отсутствие импульсов при однополярном.

Исходя из этого, будем решать задачу

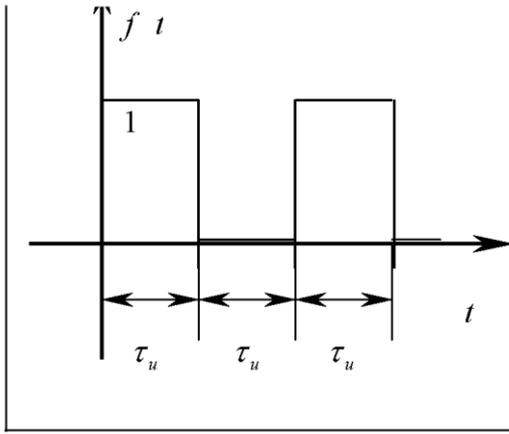


Рис. 3.4

Найдем сигнал на выходе фильтра  $F_2(t)$  при различных значениях частоты среза  $\omega_c = 2\pi f_c$ .

Сигнал  $f_1(t)$  можно представить аналитически в виде

$$f_1(t) = \sigma(t) - \sigma(t - \tau_u) + \sigma(t - 2\tau_u) - \sigma(t - 3\tau_u), \quad (3.11)$$

где  $\sigma(t)$  – единичный скачок.

$$\sigma(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t < 0 \\ 1 & \text{при } t > 0 \end{cases}. \quad (3.12)$$

Известно, что скачок на выходе идеального фильтра при подаче на его вход единичного скачка определяется выражением

$$h(t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} S_i \omega_c t, \quad (3.13)$$

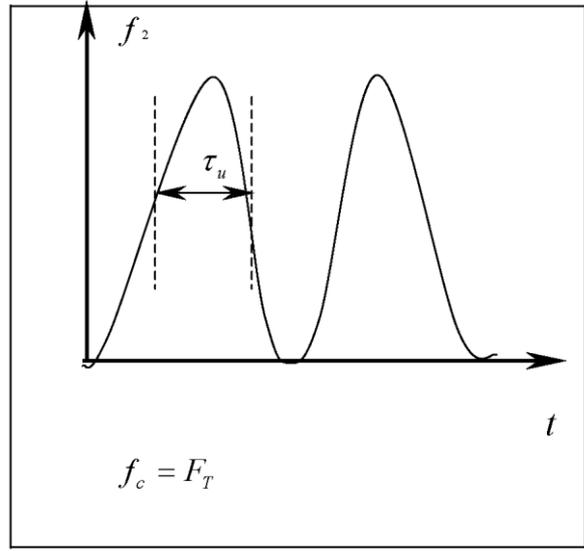
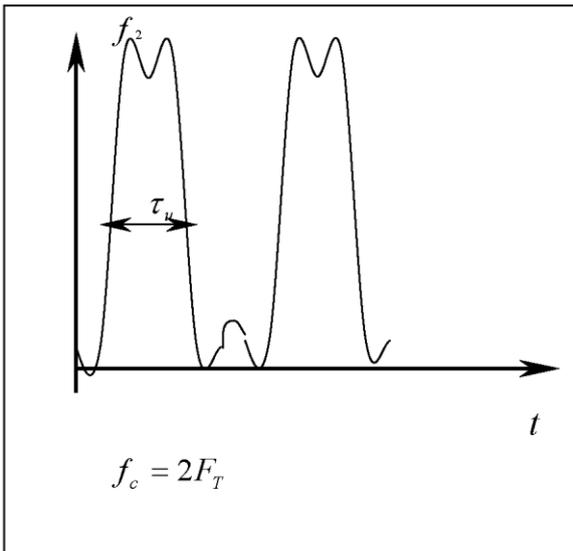
где  $S_i = \int_0^{\infty} \frac{\sin x}{x} dx$ .

Используя принцип суперпозиции, найдем  $f_2(t)$  на выходе идеального фильтра

$$f_2(t) = \frac{1}{\tau} \left[ S_i \omega_c t - S_i \omega_c (t - \tau_u) + S_i \omega_c (t - 2\tau_u) - S_i \omega_c (t - 3\tau_u) \right]. \quad (3.14)$$

На рис.3.5 представлены графики функции  $f_2(t)$  при различных значениях частоты среза  $\omega_c$ . Как видно наличие или отсутствие импульсов можно уверенно зафиксировать при

$$f_c = \frac{1}{2\tau_u} = 0,5 F_T = 0,5 \text{ В.}$$



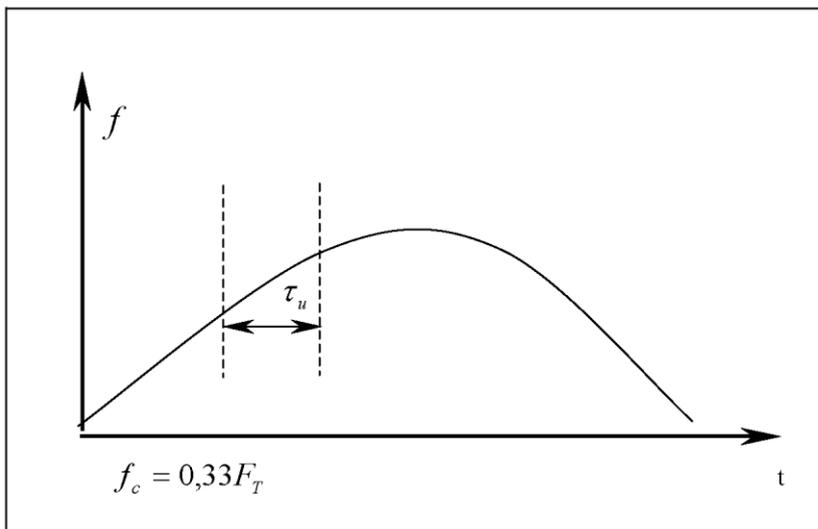
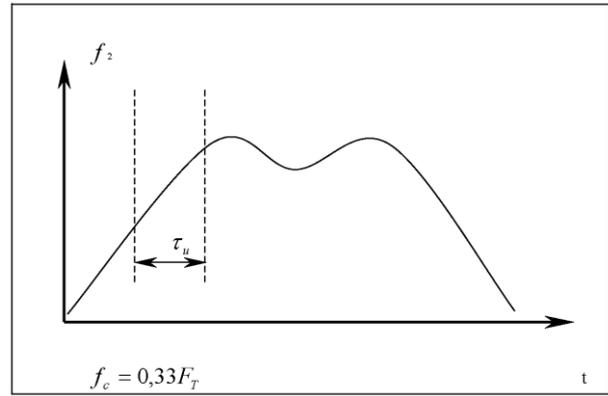
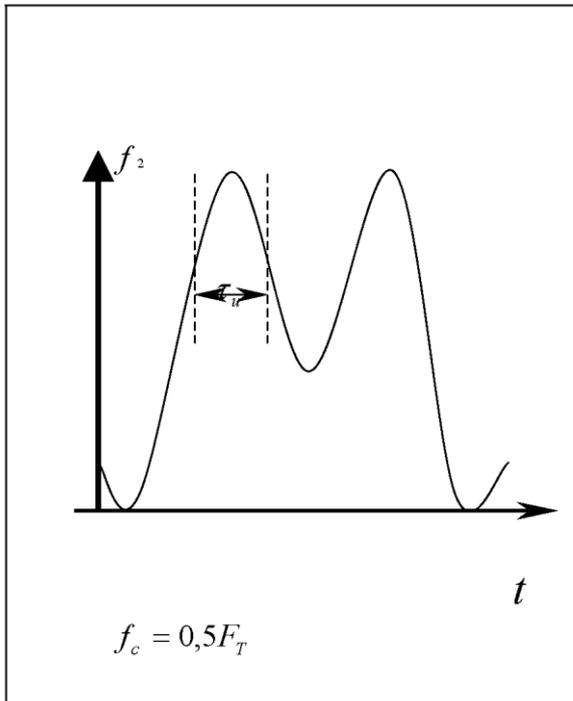


Рис. 3.5 – Вид  $f_2(t)$  при различных значениях частоты среза

Таким образом, если частотные характеристики (ЧХ) канала связи приближаются к характеристикам идеального ФНЧ, то эффективная полоса частот двоичного сигнала составляет  $\Delta F = 0,5F_T$ . При наличии частотных искажений в реальных каналах приходится несколько расширять полосу частот, отводимую для передачи импульсных сигналов.

Часто принимают  $\Delta F = F_T - B$ .

#### Раздел 4: Элементы теории телетрафика

##### 4.1. Телефонная нагрузка

Для рационального построения и расчёта коммутационных систем надо знать характеристики потока вызовов, продолжительность занятия соединительных линий и время обслуживания. Все эти характеристики являются случайными величинами, подчиняющиеся законам теории массового обслуживания.

Если на коммутационную систему поступает простейший поток вызовов с интенсивностью, например,  $\mu = 600$  выз/час, то это лишь означает, что в среднем за час поступает 600

вызовов. Длительность же обслуживания коммутационной системой поступающих вызовов не зависит от интенсивности потока. Так, если среднее время обслуживания одного вызова  $h = 1/60$  час, то для обслуживания 600 вызовов потребуется  $600 * 1/60 = 10$  час суммарного времени при последовательном обслуживании одного вызова за другим, или при  $h = 1/30$  час для обслуживания этого же потока потребуется 20 час суммарного времени.

Вызовы можно обслуживать не только последовательно один за другим, но и параллельно-одновременно несколькими, например, 10 соединительными линиями. При этом для обслуживания потока  $\mu = 600$  выз/час при  $h = 1/60$  час потребуется 1 час полного занятия десяти соединительных линий в течение этого часа. Однако из-за случайного скопления того или иного числа вызовов и случайного характера продолжительности занятия линий для качественного обслуживания рассматриваемого потока их потребуется значительно больше. Из рассматриваемого примера следует, что суммарное время обслуживания является немаловажной характеристикой.

**Опр. 1.** Суммарное время занятия соединительных путей коммутационной системы за определенный промежуток времени называется телефонной нагрузкой.

Различают: поступающую, обслуженную и потерянную телефонные нагрузки.

**Опр. 2.** Обслуженной телефонной нагрузкой  $Y_0(t_1; t_2)$  за промежуток времени  $[t_1; t_2]$  называется суммарное время занятия всех  $V$  соединительных путей коммутационной системы за этот промежуток времени

$$Y_0(t_1; t_2) = \sum_{i=1}^V y_{oi}(t_1; t_2), \quad (4.1)$$

где  $y_{oi}(t_1; t_2)$  - суммарное время занятия  $i$ -го ( $1 \leq i \leq V$ ) соединительного пути коммутационной системы.

**Опр. 3.** Поступающей телефонной нагрузкой  $Y(t_1; t_2)$  за промежуток времени  $[t_1; t_2]$  называется нагрузка, которая была бы обслужена, если бы каждому поступившему вызову был тотчас предоставлен один из соединительных путей коммутационной системы и соединение доведено до конца, т.е.

$$Y(t_1; t_2) = \sum_{i=1}^{V^*} y_i^*(t_1; t_2), \quad (4.2)$$

где  $y_i^*$  - суммарное время занятия  $i$ -го соединительного пути коммутационной системы без отказов. Здесь  $V^* = \infty$ , поскольку каждый поступивший вызов должен быть немедленно обслужен.

**Опр. 4.** Потерянной телефонной нагрузкой  $Y_{II}(t_1; t_2)$  за промежуток времени  $(t_1; t_2)$  называется часть поступающей телефонной нагрузки, не обслуженная из-за отсутствия свободных соединительных путей в коммутационной системе, т.е.

$$Y_{II}(t_1; t_2) = Y(t_1; t_2) - Y_0(t_1; t_2) \quad (4.3)$$

Размерность телефонной нагрузки – время. Чтобы подчеркнуть, что величина нагрузки складывается из промежутков времени, соответствующих отдельным занятиям, за единицу измерения телефонной нагрузки принято часо-занятие.

**Опр. 5.** Одно часо-занятие – это такая нагрузка, которая может быть обслужена одним соединительным устройством при его непрерывном занятии в течение одного часа.

Телефонная нагрузка не является по времени величиной постоянной. Она изменяется по месяцам, дням недели и часам суток. Чтобы коммутационное оборудование оказалось в состоянии обслужить нагрузку, расчёт её объёма следует производить исходя из нагрузки в тот час, когда она является наибольшей.

**Опр. 6.** Непрерывный 60-мин. промежуток суток, в течение которого нагрузка максимальна, называется часом наибольшей телефонной нагрузки (ЧНН).

**Опр. 7.** Математическое ожидание нагрузки в единицу времени (обычно за час) называется интенсивностью нагрузки.

Для стационарных потоков интенсивность нагрузки можно определить из выражений

$$Y = h \sum_{i=1}^{\infty} iP_i^* \quad \text{и} \quad Y_0 = h \sum_{i=1}^{\infty} iP_i, \quad (4.4)$$

где  $h$  - среднее время одного занятия, а  $P_i, P_i^*$  - вероятность занятия  $i$  соединительных путей в коммутационной системе из общего числа  $V$  и  $V^*$  ( $V^* = \infty$ ).

За единицу измерения интенсивности телефонной нагрузки принят эрланг.

**Опр. 8.** 1 эрланг – это такая интенсивность нагрузки, при которой в течение одного часа будет обслужена нагрузка в одно часо-занятие.

1 Эрл = 1 ч-зан/час. В общем случае интенсивность нагрузки, выраженная в эрлангах, равна среднему числу одновременных занятий в течение определенного промежутка времени.

#### 4.2. Качество обслуживания

В системах телефонной коммутации могут применяться два типа обслуживания телефонных вызовов - без потерь и с потерями телефонного сообщения. При обслуживании без потерь всем поступившим вызовам немедленно предоставляется требуемое соединение. Реальная коммутационная система по экономическим соображениям в большинстве случаев проектируется в режиме с потерями сообщения и повторными вызовами.

Для оценки качества обслуживания телефонных вызовов с повторными вызовами различают следующие характеристики:

- вероятность потерь первичного вызова  $p$ ;
- вероятность повторного вызова  $n$ ;
- среднее число попыток  $Q$  получения установленного соединения.

Характеристики качества обслуживания влияют на пропускную способность коммутационной системы.

**Опр. 9.** Под пропускной способностью коммутационной системы понимают интенсивность обслуженной этой системой нагрузки при заданном качестве обслуживания

#### 4.3. Основы построения телефонной сети. Общие сведения

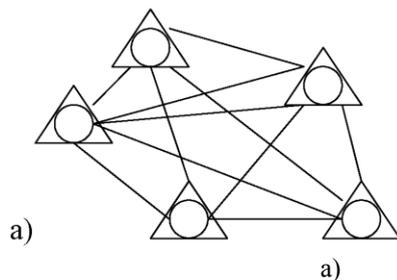
**Опр. 10.** Сетью телефонной связи называется совокупность узлов коммутации (телефонных станций), конечных абонентских устройств и соединяющих их каналов и линий связи.

Различают телефонные сети следующих видов:

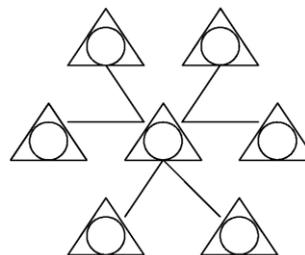
- междугородные;
- зоновые;
- городские;
- сельские.

Телефонная сеть может быть построена по одному из следующих способов, определяющих связь между ее узлами:

- “каждая с каждой”;
- радиальная;
- радиально-узловая;
- комбинированная.



Каждая с каждой - наиболее гибкая и надежная связь, но наиболее дорогая



Радиальная через один центральный узел. отсутствие возможности создания обходных путей.

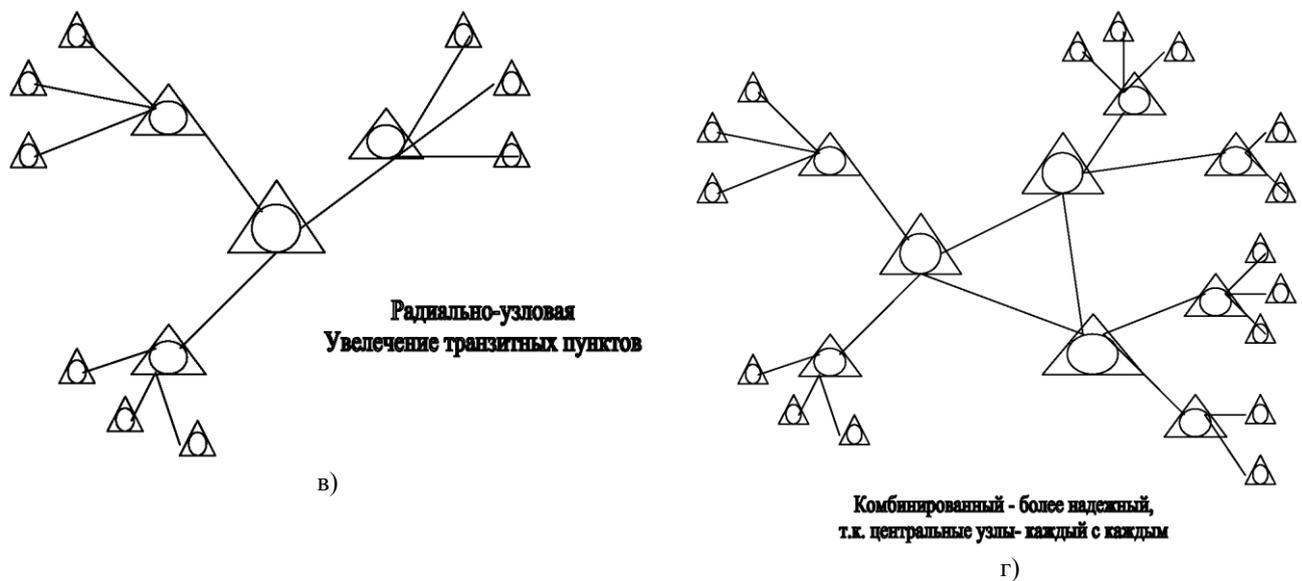


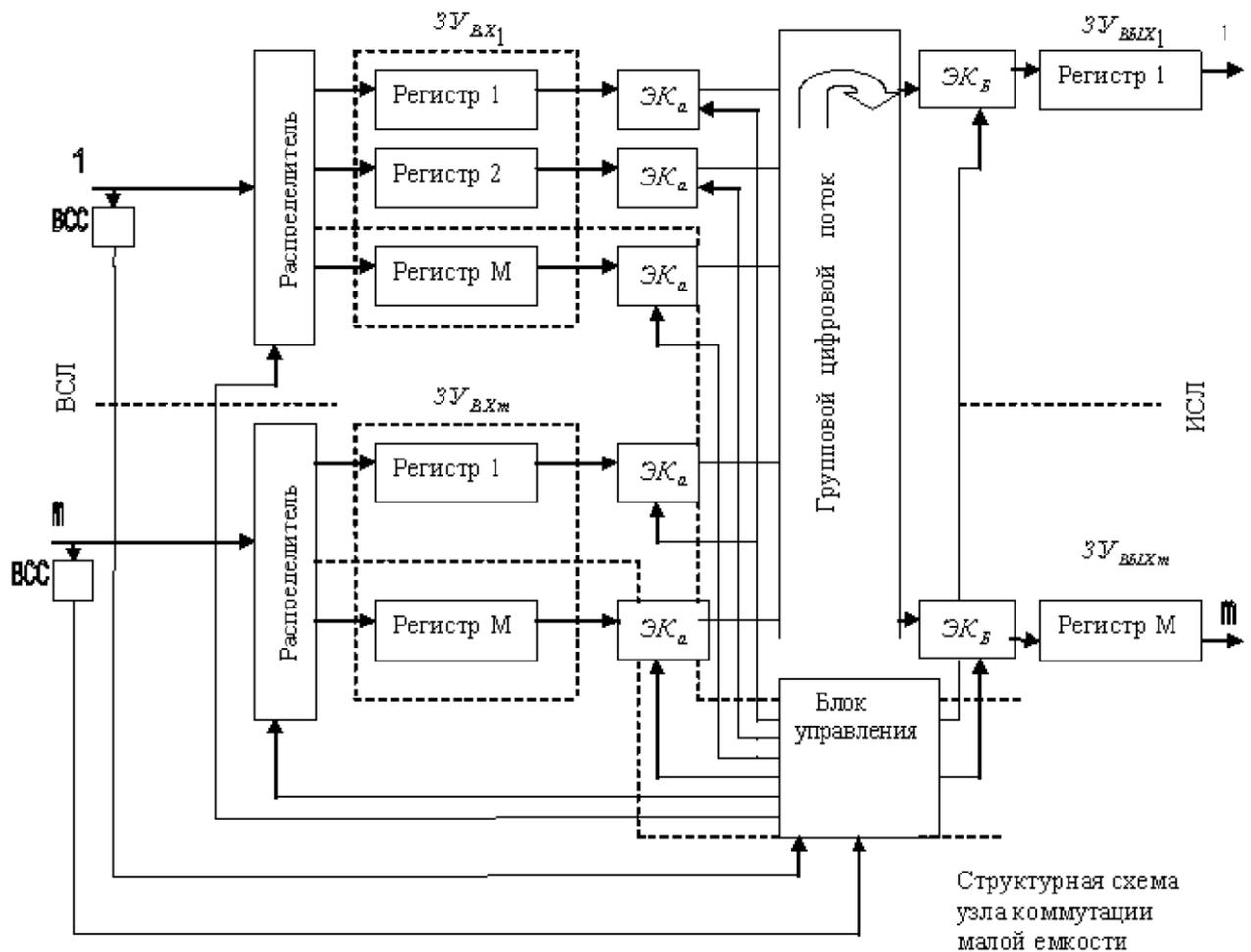
Рис. 4.1 - Примеры реализации телефонной сети

## Раздел 5: Принципы построения систем коммутации

Лекция проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (2 час.)

Сигналы, передаваемые по системам передачи, коммутируются в узлах сети связи в аналоговой или цифровой форме. Коммутация сигналов в аналоговой форме производится с помощью оборудования декадно-шаговых, координатных или квазиэлектронных АТС. В этом случае в узле связи при передаче сигналов в цифровой форме необходимо осуществлять дополнительные цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразования сигналов, что увеличивает мощность шумов в телефонном канале. Коммутация сигналов в цифровой форме не требует осуществления дополнительных цифро-аналоговых и аналого-цифровых преобразований и может осуществляться с помощью электронного оборудования без применения механических контактов. Поэтому цифровая коммутация практически не ухудшает параметров телефонных каналов и позволяет наиболее полно реализовать преимущества цифровых методов передачи.

В технике цифровой коммутации используются два вида коммутационных устройств – с временным и пространственным разделением коммутируемых каналов. При временном разделении одно коммутационное устройство (электронный контакт) последовательно используется для коммутации нескольких каналов. При пространственном разделении коммутационное устройство закрепляется за определенным каналом в течение всего времени соединения. Цифровые сети, в основном, используют принцип временного разделения коммутируемых сигналов. Временное уплотнение коммутирующих устройств резко снижает объем коммутационного оборудования – число электронных контактов может быть уменьшено в 10-20 раз в зависимости от емкости. Принцип построения коммутационного оборудования с временным разделением каналов (ВРК) иллюстрирует структурная схема узла коммутации малой емкости – до 200 коммутируемых каналов. К центру коммутации подключены  $m$  входящих и  $m$  исходящих соединительных линий (ВСЛ и ИСЛ). Число каналов в каждой линии равно  $m$ .



Сигнал цикловой синхронизации, СУВ

Рис. 5.1 - Структурная схема узла коммутации малой емкости

При установлении соединения необходимо выделить определенный канал из группового потока входящей линии и подключить его в коммутационном поле к любому свободному каналу исходящей линии соответствующего направления.

В блок управления узла коммутации через выделители служебных сигналов (ВСС) поступают сигналы управления и взаимодействия (СУВ), несущие информацию о номере вызываемого абонента, цикловой синхронизации входящего потока, а также сигналы о состоянии каналов в ИСЛ. По принимаемым сигналам формируются импульсные последовательности, управляющие работой узлов коммутационного оборудования.

Многоканальный сигнал ВСЛ через соответствующий распределитель записывается в регистры входного запоминающего устройства  $ZУ_{ВХ}$ . Число регистров равно числу каналов, а количество ячеек памяти в каждом регистре равно числу разрядов  $n$  в кодовой группе одного канала. Следовательно, для обработки сигнала, поступающего по одной соединительной линии емкость  $ZУ_{ВХ}$  равна числу кодовых символов в цикле ЦСП входящей соединительной линии  $M_n$ . С помощью электронных контактов  $ЭК_a$ , замыкаемых импульсными последовательностями с выходов блока управления, сигналы отдельных каналов объединяются в групповой цифровой поток.

Управляющие последовательности, поступающие на контакты  $ЭК_a$ , сфазированы таким образом, чтобы в групповом цифровом потоке в результате поканального объединения сформировалась следующая последовательность кодовых групп: 1-ый канал 1-ой системы, 1-ый канал 2-ой системы, ... 1-ый канал  $m$ -ой системы, 2-ой канал 1-ой системы, ...  $m$ -ый канал  $m$ -ой системы. Номера каналов и систем соответствуют исходящим соединительным линиям. С помощью электронных контактов  $ЭК_b$  кодовые группы отдельных каналов записываются в регистры запоминающих устройств соответствующих исходящих линий  $ZУ_{ВЫХ}$ . Сигналы из регистров  $ZУ_{ВЫХ}$  считываются в ИСЛ. Оперативная память на входах и выходах коммутационного оборудования  $ZУ_{ВХ}$  и  $ZУ_{ВЫХ}$  повышает доступность каналов, сохраняя информацию

входящего канала до момента времени, соответствующего свободному каналу требуемого направления, а также выравнивает временные положения каналов различных входящих линий.

Многоканальный сигнал каждой из 32 ВСЛ распределяется по регистрам  $ЗУ_{ВХ}$ . С помощью восьми (по числу разрядов в кодовой группе) электронных контактов  $ЭК_a$  одновременно формируются восемь групповых цифровых потоков, в которых последовательно передаются одноименные кодовые импульсы входящих каналов.

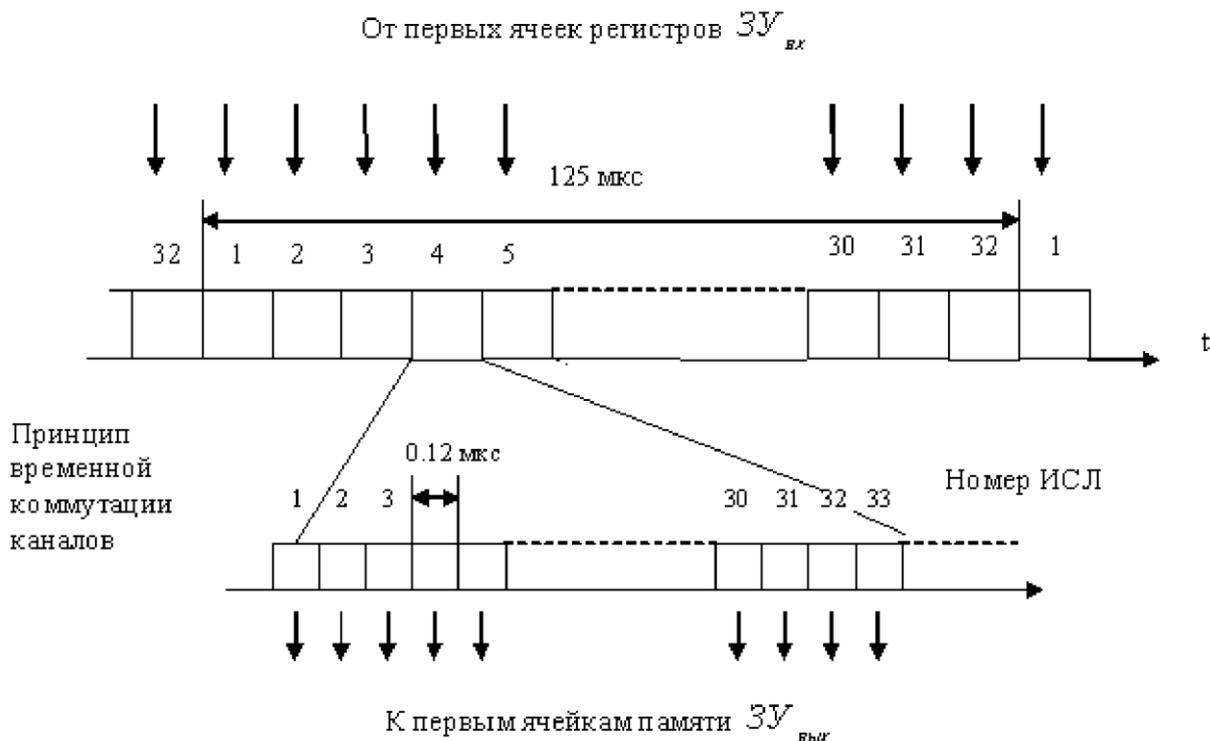


Рис. 5.2 - Принцип временной коммутации каналов

Интервал подключения одного входящего канала к групповому тракту – время замыкания  $ЭК_a$  - равен длительности канального интервала в цикле передачи входящего 30 канального потока (4 мкс). Этот интервал делится на 33 временных промежутка. Один из этих промежутков предназначается для операции записи и считывания в  $ЗУ_{ВХ}$ , остальные отводятся на передачу сигнала в одном из 32 возможных исходящих направлений через  $ЭК_b$ . Число коммутируемых исходящих линий ограничивается скоростью работы ячеек памяти  $ЗУ$ . Для реализации поля, обеспечивающего доступ к 32 исходящим линиям (1024 исходящим каналам), частота записи и считывания должна быть равна  $8 \times 32 \times 33 = 8448$  кГц.

Как при временной, так и при пространственной коммутации цифровых сигналов необходима синхронизация входящих и исходящих цифровых потоков. В системах с пространственной коммутацией синхронизация входящих и исходящих потоков осуществляется в каналообразующем оборудовании систем передачи с помощью устройств синхронного или асинхронного сопряжения. В системах с временным разделением коммутируемых сигналов необходимо, кроме того, обеспечить синхронность тактовых частот входящих цифровых потоков и частоты коммутации сигналов в сетевом узле.

При различии частоты следования кодовых групп одного канала во входящем цифровом потоке и частоты коммутации этих кодовых групп возникают искажения коммутируемых сигналов (проскальзывания). Действительно, если частота записи входных сигналов в регистры  $ЗУ_{ВХ}$  отличается от частоты считывания этих сигналов, то временной интервал между моментами записи и считывания изменяется: в случае превышения частоты записи интервал между моментами записи и считывания возрастает и наоборот. При этом моменты считывания периодически совмещаются с моментами записи, и считывание кодовых групп происходит с ошибками из-за неопределённости состояния ячеек  $ЗУ$ .

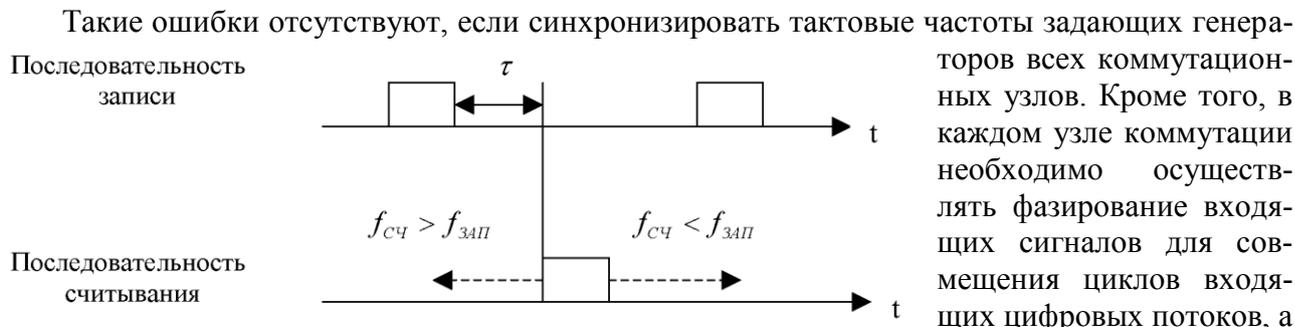


Рис. 5.3 - Относительное расположение моментов считывания и записи

Совмещение циклов осуществляется в коммутационном оборудовании, а подавление флуктуаций при необходимости – в оконечном оборудовании цифровых трактов.

## Раздел 6: Коммутация каналов, сообщений и пакетов

Лекция проводится в интерактивной форме с текущим контролем (2 час.)

Режим коммутации каналов в ЦСП базируется на принципе временного разделения каналов (TDM) для транспортирования информации от одного узла к другому. Этот способ также известен как синхронный режим переноса или доставки (STM – Synchronous Transfer Mode).

Коммутация пакетов X. 25. Стандарт МСЭ X. 25 определяет процедуры обмена данными для устройств передачи данных между пользователем и узлом коммутации пакетов. Таким образом, протокол X. 25 является спецификацией сопряжения. Он управляет взаимодействием между оконечным оборудованием данных (DTE – Data Terminal Equipment) и оборудованием передачи данных (DCE – Data Circuit Terminating Equipment).

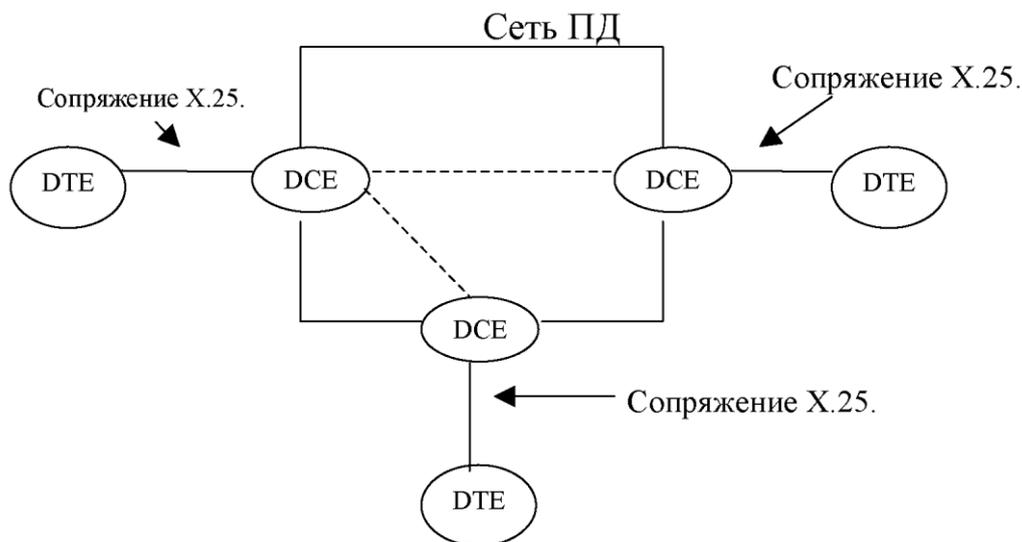


Рис. 6.1 - Концепция X.25

Протокол X. 25 организован по трехуровневой архитектуре, соответствующей трем нижним уровням модели ВОС (взаимодействия открытых сетей). Взаимосвязь между этими тремя уровнями и уровнями модели ВОС (взаимодействия открытых систем) выглядит следующим образом.

Нижний физический уровень обеспечивает необходимое физическое соединение между DTE и DCE.

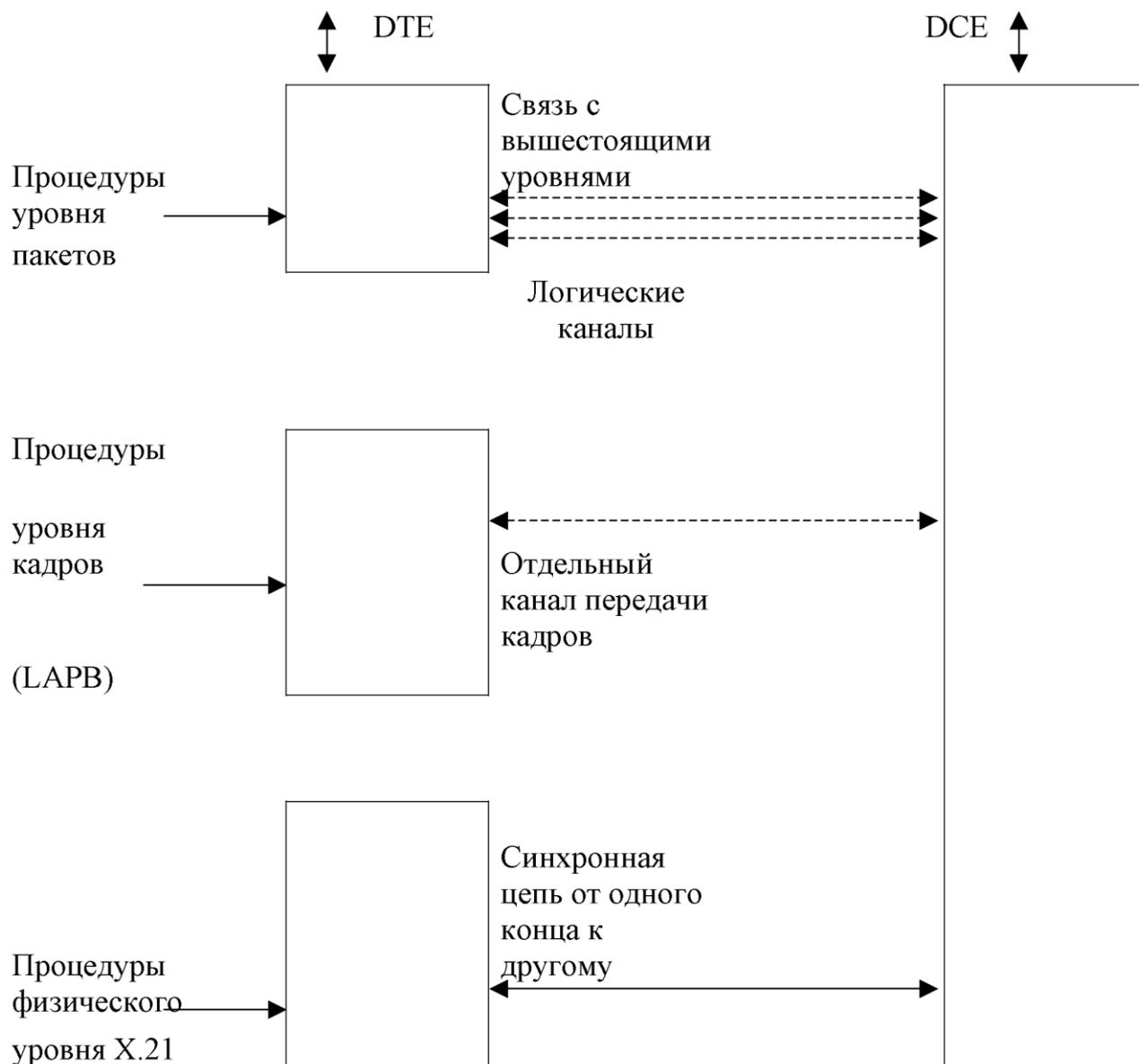


Рис. 6.2 - Уровни X.25

Протоколом уровня канала является версия высокоуровневого управления каналом (HDLC – High Level Link Control), называемая сбалансированной процедурой доступа к каналу (LAPB – Link Access Procedures Balanced). Вследствие низкого качества каналов связи для обеспечения приемлемой прозрачности сквозного соединения в сети потребовалось использование сложных протоколов, осуществляющих разграничение кадров и защиту от ошибок.



Рис. 6.3 - Взаимосвязь X.25 - ВОС

Блоку уровня канала передачи данных протокола LAPB присвоено специальное название кадр (Frame).

Флаг	Поле адреса	Поле управляющих символов	Информационное поле	Поле проверочных символов	Флаг

Рис. 6.4 - Типовой формат кадра

Начало и конец кадра обозначаются специальной восьмиразрядной синхронизирующей комбинацией символов 01111110, именуемой флагом.

За флагом следует поле адреса и поле управляющих символов. В информационном поле располагаются данные, полученные от сетевого уровня (пакет). Затем в кадре размещается поле проверочных символов, служащих для обнаружения ошибок. Кадры, предназначенные для управления процессом переноса информации, информационного поля не имеют.

Для определения границ кадров используется битовое кадрирование, т.е. специальная последовательность битов – флаг, для указания начала и конца кадра. Однако комбинация 01111110 может встретиться в адресном, управляющем, информационном поле и поле проверочной последовательности. Для того, чтобы предотвратить посылку внутри кадра «флаговой» комбинации, передающая станция помещает 0 после пяти последовательных единиц (вставка битов). Приемник после того, как получит нуль с пятью последовательными единицами, анализирует следующий бит. Если это нуль, то он удаляется. Таким образом, протоколу LAPB безразлично, какие кодовые комбинации следуют в потоке данных. Важно – это поддерживать уникальность флагов и тем самым синхронизацию по кадрам.

Поле проверочных символов используется для обнаружения ошибок. Передающая станция осуществляет вычисления над потоком данных, а результат этого вычисления включается в кадр в качестве проверочного поля. Принимающая станция осуществляет аналогичные вычисления и сравнивает полученный результат с проверочным полем. Если имеет место совпадение, то велика вероятность того, что передача прошла без ошибок. Вычисление проверочного поля называется циклическим контролем с избыточным кодом (CRC – Cyclic

Redundancy Check), для чего в соответствии с Рек. V.41 используется производящий полином  $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$ .

Метод CRC позволяет обнаруживать все возможные ошибки длиной не более 16 разрядов, вызываемые одиночной ошибкой, а также 99,9984% всевозможных более длинных коротежей ошибок. Если выявлена ошибка, то производится исправление по методу возвращения на  $N$  шагов назад (Go – Back –  $N$ ).

Стандарт X.25 ориентирован на предоставление пользователям для обмена данными виртуальных каналов. Виртуальный (или логический) канал является каналом, относительно которого пользователь считает, что он реально (физически) существует, хотя в действительности физическая цепь распределена для многих пользователей. Пропускная способность канала считается достаточной при условии, что ни один из пользователей не замечает ухудшения качества обслуживания при работе по этому каналу других. Одному физическому каналу может быть назначено до 4095 логических каналов.

Быстрая коммутация пакетов (БКП) является концепцией, основной идеей которой является пакетная коммутация с минимумом функций, выполняемых узлами коммутации на уровне звена с целью повышения уровня прозрачности сети. Такой режим переноса информации называется АТМ (Asynchronous Transfer Mode) – асинхронный режим доставки.

## Раздел 7: Каналы передачи

### 7.1. Каналы передачи, их классификация и основные характеристики

**Опр. 1.** Каналом передачи называется совокупность технических средств и среды распространения, обеспечивающая передачу сигналов электросвязи в определенной полосе частот или с определенной скоростью передачи между оконечными или промежуточными пунктами телекоммуникационных сетей.

**Опр. 2.** Каналом электросвязи называется КТС и среды распространения, обеспечивающий передачу первичных сигналов электросвязи от преобразователя сообщения в первичный сигнал до преобразователя первичного сигнала в сообщение.

Канал может характеризоваться тремя параметрами:

- 1) эффективно передаваемой полосой частот  $\Delta F_k$ , которую канал способен пропустить с выполнением требований к качеству передачи сигналов;
- 2) временем  $T_k$ , в течение которого канал предоставлен для передачи сигналов или сообщений;
- 3) динамическим диапазоном  $D_k$ , под которым понимается отношение вида

$$D_k = 10 \lg \frac{W_{\text{кмакс}}}{W_{\text{кмин}}}, \quad (7.1)$$

где  $W_{\text{кмакс}}$  - максимальная неискаженная мощность, которая может быть передана по каналу;  $W_{\text{кмин}}$  - минимальная мощность сигнала, при которой обеспечивается необходимая защищенность от помех.

Очевидно, что передача сигнала с параметрами  $\Delta F_c$ ,  $T_c$  и  $D_c$  по каналу с параметрами  $\Delta F_k$ ,  $T_k$  и  $D_k$  возможна при условии

$$\Delta F_k \geq \Delta F_c; T_k \geq T_c; D_k \geq D_c. \quad (7.2)$$

4) Произведение трех параметров канала  $V_k = D_k \cdot \Delta F_k \cdot T_k$  называется его емкостью. Сигнал может быть передан по каналу, если его емкость не менее объема сигнала (см. лекцию 3). Если система неравенств (7.2) не выполняется, то возможна деформация одного из параметров сигнала, позволяющих согласовать его объем с ёмкостью канала. Следовательно, условие возможности передачи сигнала по каналу

$$V_k \geq V_c. \quad (7.3)$$

Канал характеризуется защищённостью

$$A_{зк} = 10 \lg \frac{W_{кмин}}{W_{п}}, \quad (7.4)$$

где  $W_{п}$  - мощность помех в канале.

Пропускная способность канала описывается следующим выражением:

$$I_{к} = 3,32 \cdot \Delta F_{к} \cdot \lg \left( 1 + \frac{W_{ср}}{W_{п}} \right), \quad (7.5)$$

где  $W_{ср}$  - средняя мощность передаваемого по каналу сигнала.

## 7.2. Канал передачи как четырехполюсник

Канал передачи, как совокупность технических средств и среды распространения электрического сигнала, представляет каскадное соединение различных четырехполюсников, осуществляющих фильтрацию, преобразование сигналов, их усиление и коррекцию. Следовательно, канал можно представить эквивалентным четырехполюсником, параметры и характеристики которого определяют качество передачи сигналов (см. рис. 7.1).

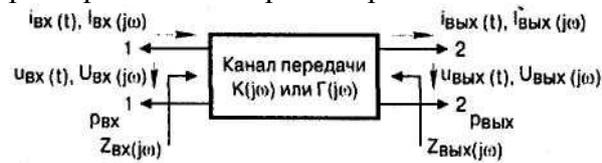


Рис. 7.1 – Канал передачи как четырёхполюсник

На рис. 7.1 приняты следующие обозначения: 1-1 и 2-2 - входные и выходные полюсы (или зажимы) соответственно;  $I_{в}(j\omega)$  и  $I_{вых}(j\omega)$  - комплексные входной и выходной токи;  $U_{вх}(j\omega)$  и  $U_{вых}(j\omega)$  - комплексные входное и выходное напряжения;  $Z_{вх}(j\omega)$  и  $Z_{вых}(j\omega)$  - комплексные

входное и выходное сопротивления (как правило, величины активные и равные, т.е.  $Z_{вх} = R_{вх} = Z_{вых} = Z_{вых}$ );  $K(j\omega) \approx U_{вых}(j\omega) / U_{вх}(j\omega) \approx K(j\omega) \cdot e^{jb(\omega)}$  - комплексный коэффициент передачи по напряжению,  $K(\omega)$  - модуль коэффициента передачи и  $b(\omega)$  - фазовый сдвиг между входным и выходным сигналами; если берется отношение входного тока к выходному, то говорят о коэффициенте передачи по току;  $u_{вх}(t)$ ,  $u_{вых}(t)$  - мгновенные значения напряжения входного и выходного сигналов и  $p_{вх}$  и  $p_{вых}$  - входной и выходной уровни по напряжению или мощности сигналов.

Каналы передачи работают с реальными нагрузками  $Z_{н1}(j\omega)$  и  $Z_{н2}(j\omega)$ , подключаемыми соответственно к зажимам (полюсам) 1-1 и 2-2.

**Опр. 3.** Полоса частот канала, в пределах которой ОЗ отличается от номинального не более чем на некоторую величину  $\Delta A_r$ , называется эффективно передаваемой полосой частот (ЭППЧ). В пределах ЭППЧ нормируются допустимые отклонения ОЗ  $\Delta A_r$  от номинального значения. Наиболее распространенным способом нормирования является использование «шаблонов» допустимых отклонений ОЗ. Примерный вид такого шаблона приведен на рис. 7.2.

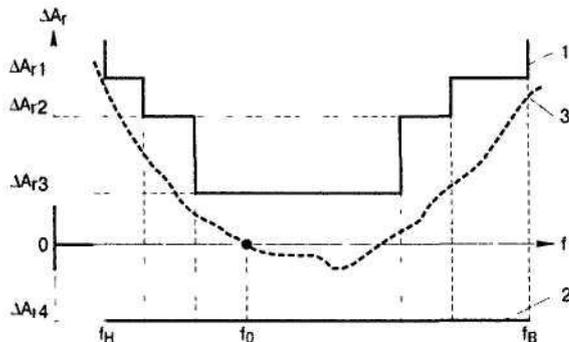


Рис. 7.2 – Примерный шаблон допустимых отклонений ОЗ КП

На рис. 7.2 приняты следующие обозначения:  $f_0$  - частота, на которой определяется номинальное значение ОЗ;  $f_{н}$ ,  $f_{в}$  - нижняя и верхняя граничные частоты ЭППЧ; 1, 2 - границы допустимых отклонений ОЗ; 3 - вид измеренной частотной характеристики ОЗ. Отклонения ОЗ от номинального определяются по формуле

$$\Delta A_r = A_r(f) - A_r(f_0), \quad (7.6)$$

где  $f$  - текущая частота и  $f_0$  - частота определения номинального значения ОЗ.

С понятием ЭППЧ тесно связана амплитудно-частотная характеристика - АЧХ (или просто частотная характеристика) канала, под которой понимается зависимость остаточного затухания от частоты  $A_r = \varphi(f)$  при постоянном уровне на входе канала, т.е.  $p_{вх} = \text{const}$ . Эта

характеристика оценивает амплитудно-частотные (просто частотные) искажения, вносимые каналом за счет зависимости его ОЗ от частоты. Допустимые искажения определяются шаблоном отклонений ОЗ в пределах ЭППЧ. Примерный вид АЧХ канала показан на рис. 7.3.

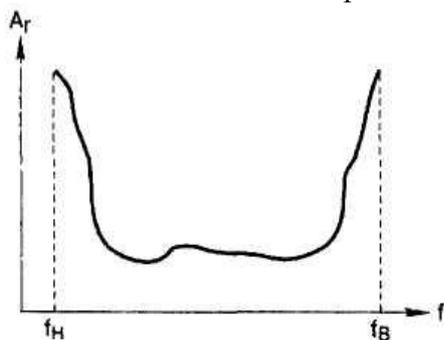


Рис. 7.3 – АЧХ канала

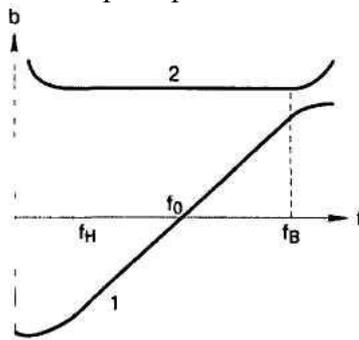


Рис. 7.4 – ФЧХ канала

Для передачи ряда сигналов электросвязи важной является фазочастотная характеристика - ФЧХ (просто фазовая характеристика) канала, под которой понимается зависимость фазового сдвига между выходным и входным сигналами от частоты, т.е.  $b = \varphi_{\phi}(f)$ . Общий вид фазовой характеристики канала приведен на рис. 7.4 (линия 1).

В средней части ЭППЧ указанная характеристика близкая к линейной, а на ее границах наблюдается заметная нелинейность, обусловленная фильтрами, входящими в состав канала передачи. В связи с тем, что непосредственное измерение фазового сдвига, вносимого каналом, затруднительно, для оценки фазовых искажений рассматривают частотную характеристику группового времени прохождения - ГВП (или замедления - ГВЗ)

$$\tau(\omega) = db(\omega) / d\omega, \quad (7.7)$$

где  $b(\omega)$  - ФЧХ.

Примерный вид частотной характеристики ГВП показан на рис. 7.4 (линия 2).

Частотные характеристики ОЗ, фазового сдвига или группового времени прохождения определяют линейные искажения, вносимые каналами передачи при прохождении по ним сигналов электросвязи.

Для оценки линейных искажений на передаваемые сигналы можно воспользоваться спектральными либо временными представлениями сигналов и соответственно частотными либо временными характеристиками каналов (трактов) передачи. Спектральное и временное представления сигнала связаны между собой парой преобразования Фурье:

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} c(t) e^{-j\omega t} dt, \text{ (прямое преобразование);}$$

$$c(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S(\omega) e^{j\omega t} d\omega, \text{ (обратное преобразование),}$$

где  $c(t)$  - сигнал как функция времени;  $S(j\omega)$  - комплексная спектральная функция сигнала.

Эта связь позволяет при заданной форме сигнала на входе канала (заданном воздействии) определить форму сигнала (отклик) на выходе канала. Если сигнал на входе канала обозначить  $c_1(t)$ , то его можно представить в виде

$$c_1(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_1(\omega) e^{j\omega t} d\omega, \quad (7.8)$$

где  $S_1(j\omega)$  - комплексная спектральная функция входного сигнала.

Сигнал на выходе канала можно определить как

$$c_2(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_2(\omega) e^{j\omega t} d\omega, \quad (7.9)$$

где  $S_2(j\omega)$  - комплексная спектральная функция выходного сигнала. Эта функция определяется с помощью известных частотных характеристик канала из выражения

$$S_2(\omega) = K(\omega) e^{-j\theta(\omega)} S_1(\omega), \quad (7.10)$$

где  $K(\omega)$  - модуль коэффициента передачи;  $b(\omega)$  - фазовый сдвиг.

Следовательно, зная АЧХ и ФЧХ канала, можно определить отклик (реакцию) на выходе канала при заданном воздействии на его входе.

Временными характеристиками канала называются отклики на выходе канала на воздействие определенной формы на его входе. К ним относятся: переходная характеристика, т.е. отклик канала на воздействие в виде единичной функции, и импульсная характеристика, т.е. отклик на воздействие в виде единичного импульса.

При передаче импульсных сигналов (телеграфных, передачи данных) или факсимильных и телевизионных сигналов, для правильного приема которых необходимо точное восстановление их формы, качество канала удобнее оценивать по временным характеристикам; при передаче телефонных сигналов и сигналов звукового вещания, для которых важно восстановить на приеме спектральную плотность передаваемого сигнала, качество канала удобнее оценивать по частотным характеристикам. Метод оценки по частотным характеристикам (спектральный метод) находит более широкое применение, так как:

- частотные характеристики каскадного соединения нескольких четырехполосников легко определяются по характеристикам отдельных четырехполосников, входящих в состав этого соединения. Временные характеристики не поддаются таким простым расчетам;
- частотные характеристики легче измерить с необходимой степенью точности, тогда как точное измерение временных характеристик является более сложной задачей;
- по частотным характеристикам канала можно определить его временные характеристики, тогда как обратная задача не всегда может быть решена.

В идеальном случае отсутствие линейных искажений в канале соответствует постоянству коэффициента передачи или ОЗ и линейности фазовой характеристики во всем диапазоне частот от 0 до бесконечности, т.е.

$$K(\omega) = K_0 = \text{const} \text{ или } A_r(\omega) = A_0 = \text{const}, \quad (7.11)$$

$$b(\omega) = \omega\tau + b_0, \quad (7.12)$$

где  $b_0 = \pm 2\kappa\pi$ ,  $\kappa = 0, 1, 2, \dots$

Условие (7.12) соответствует постоянству группового времени прохождения (замедления) канала, т.е.

$$\tau(\omega) = \frac{db(\omega)}{d\omega} = \tau_0 = \text{const}. \quad (7.13)$$

Условия (7.11-7.13) называются условиями неискаженной передачи. Для полосы частот канала  $f_H \dots f_B$  условия неискаженной передачи графически представлены на рис. 7.5.



Рис. 7.5 – Условия неискаженной передачи

уровня сигнала на его входе, т.е.  $A_r = \varphi_A \varphi_{ex}$  измеренная при некоторой обусловленной постоянной частоте измерительного сигнала на входе канала, т.е.  $f_{изм} = \text{const}$ .

Амплитудная характеристика канала может быть представлена различными зависимостями (рис. 7.6):  $U_{вых} = \varphi_U \varphi_{ex}$  (рис. 7.6, а, линии 1 и 2),  $A_r = \varphi_A \varphi_{ex}$  (рис. 7.6, б, линия 1),  $p_{вых} = \varphi_p \varphi_{ex}$  (рис. 7.6, б, линии 2 и 3), где приняты следующие обозначения:  $U_{вх}$ ,  $U_{вых}$  - напряжения сигнала на входе и выходе канала соответственно;  $p_{вх}$ ,  $p_{вых}$  - уровни (напряжения, мощности) сигналов на входе и выходе канала соответственно;  $A_r$  - остаточное затухание канала передачи.

**Опр. 4.** Зависимость мощности, напряжения, тока или их уровней на выходе канала от мощности, напряжения, тока или их уровней на входе канала называется амплитудной характеристикой - АХ. Под АХ канала понимается также зависимость остаточного затухания канала от

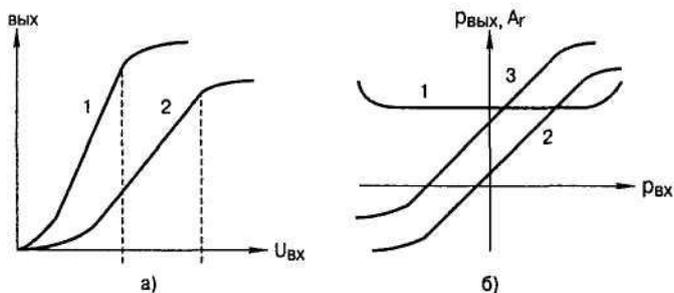


Рис. 7.6 – АХ КП

Из рассмотрения графиков, представленных на рис. 7.6, видно, что АХ имеет три участка:

1) нелинейный участок при малых значениях напряжения или уровней сигнала на входе канала; нелинейность АХ при этом объясняется соизмеримостью напряжения или уровня сигнала с шумами самого канала;

2) линейный участок при значениях напряжения или уровня входного сигнала, для которого характерна прямая пропорциональная зависимость между напряжением (уровнем) сигнала на входе канала и напряжением (уровнем) сигнала на выходе канала;

3) участок с существенной нелинейностью при значениях входного напряжения (уровня) сигнала выше максимальных  $U_{\max}(p_{\max})$ , для которых характерно появление нелинейных искажений. Если угол наклона прямой, соответствующей линейному участку АХ, равен  $45^\circ$ , то напряжение (уровень) сигнала на выходе канала равно напряжению (уровню) на его входе; если угол наклона меньше  $45^\circ$ , то в канале имеет место затухание, а если угол наклона больше  $45^\circ$ , то в канале имеет место усиление. Если  $A_r > 0$ , то канал вносит затухание (ослабление), если  $A_r < 0$ , то КП вносит остаточное усиление.

Незначительная нелинейность АХ при малых значениях входного напряжения или уровня сигнала не влияет на качество передачи и ею можно пренебречь. Нелинейность АХ при значительных значениях напряжения или уровня входного сигнала, выходящих за пределы линейного участка АХ, характеризуется появлением нелинейных искажений, которые проявляются в возникновении гармоник или комбинационных частот входного сигнала. По АХ можно лишь приблизительно оценить величину нелинейных искажений. Более точно величина нелинейных искажений в каналах оценивается коэффициентом нелинейных искажений или затуханием нелинейности

$$k_{ни} = \frac{\sqrt{U_{2г}^2 + U_{3г}^2 + \dots + U_{nг}^2}}{U_{1г}} \quad \text{или} \quad A_n = 20 \lg \frac{1}{k_{ни}}, \quad (7.14)$$

где  $U_{1г}$  - действующее значение напряжения первой (основной) гармоники измерительного сигнала;  $U_{2г}$ ,  $U_{3г}$  и т.д. - действующие значения напряжений второй, третьей и т.д. гармоник сигнала, возникших из-за нелинейности АХ КП. Кроме того, в технике многоканальных телекоммуникационных систем (МТС) передачи широко пользуются понятием затухания нелинейности по гармоникам

$$A_{nг} = 20 \lg \left( \frac{U_{1г}}{U_{nг}} \right) = p_{1г} - p_{nг}, \quad n = 2, 3, \dots \quad (7.15)$$

где  $p_{1г}$  - абсолютный уровень первой гармоники измерительного сигнала;  $p_{nг}$  - абсолютный уровень  $n$ -й гармоники, обусловленной нелинейностью АХ канала.

Цифровые каналы характеризуются скоростью передачи, а качество передачи сигналов оценивается коэффициентом ошибки, под которым понимается отношение числа элементов цифрового сигнала, принятых с ошибками к общему числу элементов сигнала, переданных в течение времени измерения

$$K_{ош} = \frac{N_{ош}}{N} = \frac{N_{ош}}{BT}, \quad (7.16)$$

где  $N_{ош}$  - число ошибочно принятых элементов;  $N$  - общее число переданных элементов;  $B$  - скорость передачи в бодах;  $T$  - время измерения (наблюдения).

### 7.3. Типовые каналы передачи. Канал тональной частоты

**Опр. 4.** Типовой аналоговый канал передачи с полосой частот 300...3400 Гц и с нормированными параметрами и характеристиками называется каналом тональной частоты - КТЧ.

Нормированная (номинальная) величина относительного (измерительного) уровня на входе КТЧ равна  $p_{вх} = -13$  дБм0, на выходе КТЧ  $p_{вых} = +4$  дБм0. Частота измерительного сигнала принимается равной  $f_{изм} = 1020$  Гц. Таким образом, номинальное остаточное затухание КТЧ равно  $A_r = -17$  дБ, т.е. КТЧ вносит усиление, равное 17 дБ.

Эффективно передаваемой полосой частот КТЧ (составного и максимальной протяженности) называется полоса, на крайних частотах которой (0,3 и 3,4 кГц) остаточное затухание  $A_r$  на 8,7 дБ превышает величину остаточного затухания на частоте 1020 Гц.

Частотная характеристика отклонений остаточного затухания  $\Delta A_r$  от номинального значения (-17 дБ) должна оставаться в пределах шаблона, приведенного на рис. 7.7.

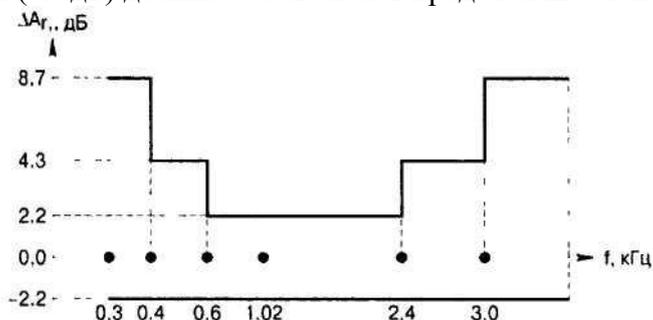


Рис. 7.7 – Шаблон допустимых отклонений остаточного затухания КТЧ

Чтобы выполнить требования к частотной характеристике остаточного затухания, ее неравномерность для простого канала длиной 2500 км должна укладываться в пределы, указанные в табл. 6.1.

Таблица 6.1

f, кГц	0,3...0,4	0,4...0,6	0,6...2,4	2,4...3,0	3,0...3,4
$\Delta A_r$ , дБ	1,4	0,72	0,6	0,72	1,4

Нормирование касается и степени согласования входного и выходного сопротивлений КТЧ с сопротивлениями внешних цепей - нагрузок: внутренним сопротивлением источника передаваемых сигналов ( $Z_{н1}$ ) и сопротивлением нагрузки ( $Z_{н2}$ ). Входное и выходное сопротивление КТЧ чисто активные и равны  $R_{вх} = R_{вых} = 600$  Ом. Вход и выход канала должны быть симметричными, коэффициенты отражения  $\delta$  или затухание несогласованности (отражения)  $A_\delta$  равные соответственно

$$\sigma_{вх} = \left| \frac{Z_{н1} - R_{вх}}{Z_{н1} + R_{вх}} \right|; \sigma_{вых} = \left| \frac{Z_{н2} - R_{вых}}{Z_{н2} + R_{вых}} \right| \text{ или } A_\delta = 20 \lg \frac{1}{\delta} = -20 \lg \delta \quad (7.17)$$

не должны превышать 10 % или 20 дБ соответственно.

Важным показателем качества передачи по КТЧ является мощность помех, которые измеряются специальным прибором, называемым псофометром («псофос» – по-гречески означает «шум»). Псофометр представляет собой вольтметр с квадратичной характеристикой выпрямления. Выбор такой характеристики объясняется тем, что ухо складывает шумы от отдельных источников как их мощности, а мощность пропорциональна квадрату напряжения или тока.

При подаче на вход псофометра напряжения частотой 800 Гц с нулевым измерительным уровнем его показание будет равно 775 мВ. Для получения того же значения при иных частотах уровни должны быть большей частью выше. Напряжение помех, измеренное псофометром  $U_{псоф}$ , связано с эффективным напряжением  $U_{эфф}$  соотношением  $U_{псоф} = k_{п} U_{эфф}$ , здесь  $k_{п} = 0,75$  называется псофометрическим коэффициентом. Напряжение помех или шумов, измеренное псофометром, называется псофометрическим напряжением; мощность, определяемая псофометрическим напряжением на некотором сопротивлении  $R$ , называется псофометрической мощностью, которая равна

$$W_{псоф} = \frac{k_n^2 \cdot U_{эфф}^2}{R} = \frac{0,56 \cdot U_{эфф}^2}{R} \quad (7.18)$$

Средний уровень мощности помех с равномерным спектром оказывается при псофометрических измерениях в полосе частот 0,3...3,4 кГц на 2,5 дБ (или в 1,78 раза) меньше, чем при измерениях действующих (эффективных) значений. Величина 2,5 дБ называется *логарифмическим псофометрическим коэффициентом*.

Псофометрическая мощность помех в точке с нулевым измерительным уровнем КТЧ максимальной протяженности, состоящего из максимального числа простых каналов, не должна превышать 50 000 пВт0 (пиковатт псофометрических в точке нулевого относительного уровня). Соответствующее значение эффективной допустимой мощности помех составляет 87 000 пВт0. Псофометрическая мощность помех простого канала длиной 2500 км не должна превышать 10 000 пВт0.

Нормируются также допустимые величины средней и пиковой мощности телефонных сигналов на входе КТЧ: в точке нулевого относительного уровня среднее значение мощности составляет 32 мкВт0, а пиковое - 2220 мкВт0.

Динамический диапазон КТЧ составляет величину 30...35 дБ.

Знание ширины полосы частот КТЧ, средней мощности передаваемого сигнала, значения мощности помех позволяет оценить с помощью формулы (3.7) лекции 3 его пропускную способность, которая оказывается приблизительно равной 25 кбит/с.

## Раздел 8: Двусторонние каналы

Лекция проводится в интерактивной форме как проблемная лекция (2 час.)

Для обеспечения диалога при общении двух абонентов (человек-человек, человек-машина, машина-машина) канал передачи должен быть двустороннего действия, или двусторонним каналом. Рассмотренные ранее типовые каналы являются односторонними и, следовательно, для организации двусторонней – дуплексной связи необходимо использование двух типовых односторонних – симплексных каналов, объединив их в двустороннюю единую систему и сохранив при этом взаимную независимость односторонних каналов. Поскольку наиболее массовым видом является телефонная связь, то рассмотрим принципы организации двусторонних телефонных каналов. Полученные при этом соотношения и выводы справедливы для организации двусторонних каналов передачи других видов сообщений.

Исторически первой двусторонней системой телефонной связи была однополосная четырехпроводная система двусторонней связи (рис. 8.1), при которой передача от микрофона М одного абонента к телефону Т другого абонента ведется в одной полосе частот  $f_1...f_2$  по двухпроводной линии. Такая схема организации двусторонней связи экономически и эксплуатационно нецелесообразна, так как к абонентам требуется подведение четырехпроводной линии.

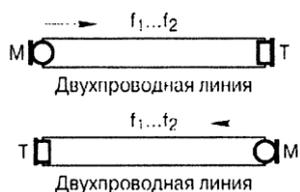


Рис. 8.1 – Однополосная четырехпроводная схема организации двусторонней телефонной связи

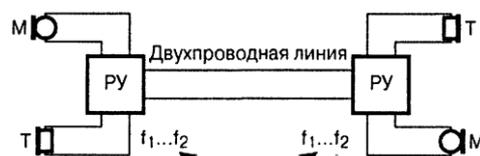


Рис. 8.2 – Однополосная двухпроводная схема организации двусторонней связи

Обычные абонентские линии двухпроводные и поэтому для подключения микрофонов и телефонов к таким линиям требуется применение особых развязывающих устройств - РУ (противоместная схема телефонного аппарата). При этом получается однополосная двухпроводная схема двусторонней связи (рис. 8.2), при которой передача и в одном, и в другом направлениях ведется по двухпроводной линии и в одной и той же полосе частот.

Как следует из рис. 8.2, передача в одном и другом направлениях ведется в одной полосе частот, а разделение направлений передачи осуществляется с помощью специального РУ.

Двусторонняя связь при использовании двухпроводной линии может быть осуществлена с помощью двух полос частот: одна полоса частот (нижняя)  $f_1...f_2$  передается от абонента А к абоненту Б, а другая полоса частот (верхняя)  $f_3...f_4$  передается от абонента Б к абоненту А. Следовательно, кроме развязывающего устройства, аналогичного РУ, при двухполосной

двухпроводной схеме организации связи должны быть устройства, преобразующие исходные сигналы в полосу частот соответствующего направления тракта передачи и обратного преобразования в тракте приема. Разделение направлений передачи осуществляется с помощью фильтров нижних и верхних частот, называемых направляющими фильтрами, или вилкой направляющих фильтров. Схема двухпроводной двухполосной организации двусторонней связи приведена на рис. 8.3.

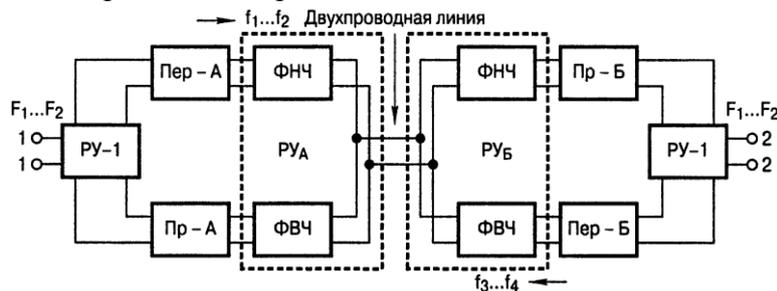


Рис. 8.3—Двухполосная двухпроводная схема организации двусторонней связи

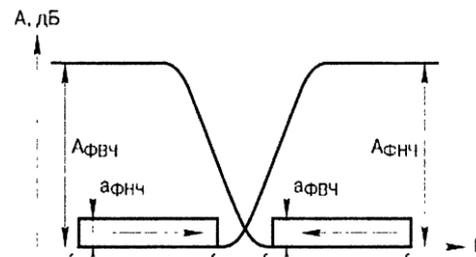


Рис. 8.4 — Характеристики ослабления направляющих фильтров верхних и нижних частот

К зажимам 1-1 (2-2) подключается двухпроводный тракт телефонной сети, использующий двухпроводные физические цепи, по которым передаются телефонные сигналы в тональном диапазоне частот  $F_1...F_2$ . Эти сигналы поступают на развязывающее устройство (РУ-1), предназначенное для разделения направлений передачи и приема. С выхода РУ-1 первичный сигнал в полосе частот  $F_1...F_2$  поступает на передатчик станции А (Пер-А), где происходит его преобразование в линейный спектр  $f_1...f_2$ , передаваемый по двухпроводной линии (физической цепи). Формирование линейного спектра направления передачи от станции А к станции Б осуществляется направляющим фильтром нижних частот (ФНЧ). На станции Б сигнала выделяется аналогичным ФНЧ и поступает на вход приемника (Пр-Б), где происходит его преобразование в тональный спектр с полосой частот  $F_1...F_2$ . С выхода Пр-Б сигнал поступает на развязывающее устройство (РУ-2), предназначенное для разделения трактов приема и передачи станции Б, и далее поступает в двухпроводный тракт телефонной сети.

При передаче от станции Б к станции А в передатчике станции Б (Пер-Б) осуществляется преобразование спектра первичного сигнала  $F_1...F_2$  в линейный спектр  $f_3...f_4$ , выделяемый направляющим фильтром верхних частот (ФВЧ). В тракте приема станции А линейный спектр выделяется ФВЧ и затем в приемнике станции А (Пр-А) преобразуется в тональный спектр  $F_1...F_2$  и далее через РУ-1, разделяющее тракты передачи и приема станции А, поступает в двухпроводный тракт телефонной сети.

Из рассмотренного очевидно, что вилки направляющих ФНЧ и ФВЧ станций А и Б выполняют роль разделяющих устройств (РУА и РУБ, обведенные штриховыми линиями), развязывающих направления передачи. Частотные характеристики затухания (ослабления) ФНЧ и ФВЧ приведены на рис. 8.4, где приняты следующие обозначения:  $A_{ФВЧ}$  - затухание направляющего фильтра верхних частот (ФВЧ) в полосе эффективного задерживания  $f_3...f_4$ ;  $a_{ФВЧ}$  - максимально-допустимое затухание ФВЧ в полосе эффективного пропускания;  $A_{ФНЧ}$  - затухание фильтра нижних частот (ФНЧ) в полосе эффективного задерживания  $f_1...f_2$ ;  $a_{ФНЧ}$  - максимально допустимое затухание ФНЧ в полосе эффективного пропускания  $f_1...f_2$ .

Дальность непосредственной телефонной связи определяется из следующих рассуждений: на выходе типового микрофона телефонного аппарата средняя мощность первичного сигнала равна  $W_M = 1$  мВт, мощность сигнала на входе телефона, соответствующая его нормальному восприятию,  $W_T = 1$  мкВт, допустимое затухание (ослабление) между микрофоном одного абонента и телефоном другого равно  $A_{MT} = 10 \lg(W_M/W_T) = 10 \lg(1/10^{-3}) = 30$  дБ. Если коэффициент затухания линии равен  $\alpha$  дБ/км, то непосредственная дальность связи будет равна  $L = A_{MT} / \alpha$ , км.

Пример: коэффициент затухания телефонного кабеля равен  $\alpha = 0,75$  дБ/км, следовательно, допустимая дальность непосредственной связи составит  $L_{MT} = A_{MT} / \alpha = 30 / 0,75 = 400$  км.

Максимальная дальность телефонной связи должна быть не менее 27 500 км. Следовательно, необходимо применение усилителей и их равномерное размещение по магистрали.

Усилители - это четырехполюсники одностороннего направления передачи и поэтому требуются два усилителя, обеспечивающих усиление сигналов двух направлений передачи. Структурная схема усилителя однополосной двухпроводной схемы организации двусторонней связи приведена на рис. 8.5. Подключение усилителей к двухпроводной линии осуществляется с помощью развязывающих устройств  $PY_1$  и  $PY_2$ . Структурная схема двустороннего усилителя двухполосной двухпроводной схемы организации связи приведена на рис. 8.6.

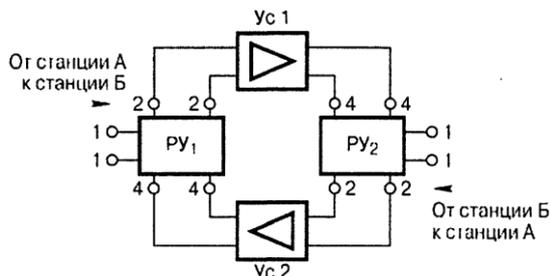


Рис. 8.5 – Структурная схема двустороннего усилителя однополосной двухпроводной схемы организации двусторонней связи

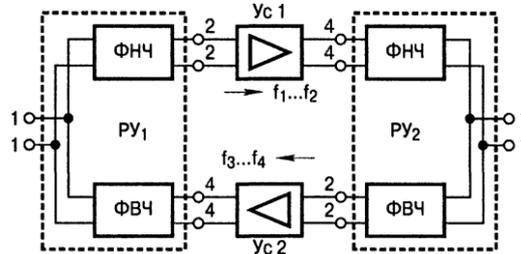


Рис. 8.6 – Структурная схема двустороннего усилителя двухполосной двухпроводной организации двусторонней связи

К зажимам 1-1 левого развязывающего устройства ( $PY_1$ ) и к зажимам 1-1 правого  $PY_2$  подключается двухпроводная линия (физическая цепь). Рассмотрим передачу сигналов от станции А к станции Б. После прохождения по двухпроводной цепи ослабленный сигнал от зажимов 1-1  $PY_1$  поступает на зажимы 2-2, усиливается усилителем ( $U_{с1}$ ) направления от станции А к станции Б и через зажимы 4-4  $PY_2$  поступает в двухпроводную линию (зажимы 1-1  $PY_2$ ). Передача от станции Б к станции А осуществляется аналогично. Напомним, что в случае двухпроводной двухполосной схемы организации двусторонней связи роль развязывающих устройств  $PY_1$  и  $PY_2$  выполняет вилка направляющих фильтров нижних (ФНЧ) и верхних (ФВЧ) частот.

### 4.3. Лабораторные работы

<i>№ n/n</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Исследование системы связи с амплитудно-импульсной модуляцией	2	тренинги в малой группе (2 час.)
2	2.	Исследование канала связи для передачи сигналов с импульсно-кодовой модуляцией	2	-
3	3.	Исследование процессов коммутации и оценка помехозащищённости систем связи с временным разделением каналов	2	тренинги в малой группе (2 час.)
4	4.	Радиочастотные генераторы	1	-
5	5.	Фильтры второго порядка	2	разбор конкретных ситуаций (2 часа)
6	6.	Модуляторы АМ	2	разбор конкретных ситуаций (2 час.)
7	7.	Демодуляторы АМ сигнала	2	-
8	8.	Балансная модуляция	2	-
9	6.	Демодуляция DSB-SC сигнала	2	-

<b>ИТОГО</b>	<b>17</b>	<b>8</b>
--------------	-----------	----------

#### 4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	<b>3, 5</b>	Определение максимальной скорости передачи данных по каналу связи	4	-
2	<b>1, 4</b>	Определение эффективной скорости приёма данных и оптимальной длины передаваемых блоков	4	разбор конкретных ситуаций (4 часа)
3	<b>2, 7</b>	Выбор помехоустойчивого кода	5	разбор конкретных ситуаций (4 часа)
4	<b>6, 8</b>	Определение времени доставки сообщения	4	-
<b>ИТОГО</b>			<b>17</b>	<b>8</b>

#### 4.5. Контрольные мероприятия: курсовая работа

Цель: расчёт основных параметров системы передачи дискретных сообщений: эффективной скорости передачи, оптимальной длины передаваемых информационных блоков, достоверности сообщений и времени доставки получателю.

Структура: каждое индивидуальное задание предполагает выполнение обучающимся следующих разделов:

- определение максимальной скорости передачи данных в соответствии с заданным способом модуляции и допустимой вероятностью ошибки;
- определение эффективной скорости приёма данных и оптимальной длины передаваемых информационных блоков, которая зависит от используемых методов адаптации;
- выбор помехоустойчивого кода, определение числа проверочных разрядов и вероятности необнаруженной ошибки;
- определение времени доставки сообщения получателю.

Основная тематика: расчёт параметров системы передачи дискретных сообщений.

Рекомендуемый объём: пояснительная записка объёмом 15-20 страниц должна содержать титульный лист, индивидуальное задание, выполненные расчёты по каждому разделу, графики зависимостей, выполненные на отдельных листах в табличных или графических редакторах, заключение.

Выдача задания, приём КР и защита КР проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки курсовой работы</b>
отлично	Курсовая работа сдана до или в первую неделю защит. Работа не содержит ошибок. Выбор помехоустойчивого кода произведён корректно. Графики зависимостей представлены с контрольными точками.
хорошо	Курсовая работа сдана в срок со второй по последнюю неделю защит или содержит незначительные ошибки.
удовлетворительно	Курсовая работа не сдана в установленный срок или содержит значительное количество ошибок, или ошибка подразумевает полную переработку всей работы.
неудовлетворительно	Курсовая работа не сдана.



**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>				<i>Σ комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub>, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
			<i>ОПК</i>	<i>ПК</i>						
			<i>2</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>15</i>				
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	
<b>1.</b> Введение		13	+	+	+	+	4	3,25	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	Экзамен, КР
<b>2.</b> Архитектура взаимоувязанной сети связи РФ		13	+	+	+	+	4	3,25	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	Экзамен, КР
<b>3.</b> Первичные электрические сигналы и их характеристики		14	+	+	+	+	4	3,5	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	Экзамен, КР
<b>4.</b> Элементы теории телетрафика		13	-	-	+	+	2	6,5	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	Экзамен, КР
<b>5.</b> Принципы построения систем коммутации		13	-	-	+	+	2	6,5	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	Экзамен, КР
<b>6.</b> Коммутация пакетов		13	-	+	-	+	2	6,5	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	Экзамен, КР
<b>7.</b> Каналы передачи		16	+	-	+	+	3	5,3	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	Экзамен, КР
<b>8.</b> Двусторонние каналы		13	-	+	+	-	2	6,5	Лк, ЛР, ПЗ, СРС	Экзамен, КР
<b>всего часов</b>		<b>108</b>	<b>15,3</b>	<b>23</b>	<b>34,8</b>	<b>34,8</b>	<b>4</b>	<b>41,3</b>		

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В.М. Вишневецкий, А.И. Ляхов, С.Л. Портной, И.В. Шахнович. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	<i>Наименование издания</i>	<i>Вид занятия</i>	<i>Количество экземпляров в библиотеке, шт.</i>	<i>Обеспеченность, (экз./ чел.)</i>
1	2	3	4	5
<b>Основная литература</b>				
1.	Многоканальные телекоммуникационные системы : учебник / В. Н. Гордиенко, М. С. Тверецкий. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Горячая линия- Телеком, 2013. - 396 с.	Лк, ЛР	15	1,0
2.	Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов / В.В. Крухмалёв, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов и др.; Под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалёва. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. 510 с.	Лк, ЛР, ПЗ	24	1,0
3.	Основы построения систем и сетей передачи информации: учеб. пособие для вузов / В.В. Ломовицкий, А.И. Михайлов, К.В. Шестак, В.М. Щекотихин. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 382с.	Лк	80	1,0
4.	Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей : учебное пособие / Е. Б. Алексеев, В. Н. Гордиенко, В. В. Крухмалев. - 2-е изд., испр. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2014. - 392 с.	Лк, ЛР	10	0,7
5.	Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов / В.И. Иванов, В.Н. Гордиенко, Г.Н. Попов и др.; Под ред. В.И. Иванова. – 2-е изд. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 232 с.	Лк, ЛР	20	1,0
<b>Дополнительная литература</b>				
6.	Дансмор, Б. Справочник по телекоммуникационным технологиям: Пер. с англ./ Б. Дансмор, Т. Скандьер – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 640 с.	Лк, ПЗ	7,0	0,4
7.	Ковров, А.Е. Исследование принципов временного разделения каналов: методические указания к выполнению лабораторных работ / А.Е. Ковров. – Братск: БрГУ, 2009. – 27 с.	ЛР	99	1,0
8.	Крумин, О.К. Основы телекоммуникационной техники: Лабораторный практикум/ О.К. Крумин, Р.В. Лавров – Братск: ФГБОУ ВПО «БрГУ», 2013. – 57 с.	ЛР	35	1,0
9.	Морелос-Сарагоса, Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение. Москва: Техносфера, 2005.– 320 с.	Лк	10	0,7
10.	Пятибратов, А.П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: учебник для вузов / А.П. Пятибратов, Л.П. Гудыно, А.А. Кириченко. – 3-е изд., перераб. и доп.. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 560с.	Лк	50	1,0
11.	Шарипов, Ю.К. Отечественные телекоммуникационные системы/ Ю.К. Шарипов, В.К. Кобляков. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Логос, 2005. – 832 с.	Лк	10	0,7

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ  
[http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=).
2. Электронная библиотека БрГУ  
<http://ecat.brstu.ru/catalog> .
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»  
<http://biblioclub.ru> .
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»  
<http://e.lanbook.com> .
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"  
<http://window.edu.ru> .
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)  
<https://uisrussia.msu.ru/> .
8. Национальная электронная библиотека НЭБ  
<http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/> .

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ / практических занятий

#### Лабораторная работа №1

#### **Исследование системы связи с амплитудно-импульсной модуляцией**

Работа проводится в интерактивной форме тренинга в малой группе (2 час.)

#### Цель работы:

1. Знакомство с функциональной схемой лабораторной установки «Изучение принципов временного разделения каналов»;
2. Изучение принципов построения системы связи с временным разделением каналов, использующей амплитудно-импульсную модуляцию (АИМ);
3. Анализ процессов формирования сигнала с АИМ;
4. Изучение принципов формирования группового сигнала при использовании АИМ;
5. Изучение принципов разделения каналов в системе связи с АИМ;
6. Анализ процессов восстановления сигнала с АИМ.

#### Порядок выполнения:

1. Изучить схему установки «Изучение принципов временного разделения каналов», вынесенную на лицевую панель;
2. Подготовить лабораторную установку к проведению измерений;
3. Провести измерение двух интервалов между метками времени, которые используются в данном лабораторном макете;
4. Проанализировать формирование дискретного сигнала с АИМ;
5. Исследовать принцип формирования временного разделения каналов (ВРК);
6. Исследовать процесс формирования группового сигнала;
7. Проконтролировать процесс разделения каналов с АИМ;
8. Проанализировать процесс восстановления аналогового сигнала.

### Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер, название лабораторной работы и цель её проведения;
2. Блок-схема измерений, с указанием точек, в которых проведены измерения осциллограмм;
3. Результаты измерений в графической форме – осциллограммы, расположенные таким образом, чтобы на них были отмечены все временные соотношения между исследуемыми сигналами;
4. Значения измеренных величин;
5. Основные выводы по работе.

### Задания для самостоятельной работы:

Изучить основные теоретические положения к лабораторной работе [7, с. 7-9].

### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в первом разделе данной дисциплины.

#### Основная литература

1. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов / В.И. Иванов, В.Н. Гордиенко, Г.Н. Попов и др.; Под ред. В.И. Иванова. – 2-е изд. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 232 с.

#### Дополнительная литература

2. Исследование принципов временного разделения каналов: методические указания к выполнению лабораторных работ / А.Е. Ковров. – Братск: БрГУ, 2009. – 27 с.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Объясните, в чём заключается принцип временного разделения каналов.
2. Укажите, какой элемент схемы лабораторного стенда производит АИМ модуляцию. Объясните принцип АИМ модуляции.

## **Лабораторная работа №2**

### **Исследование канала связи для передачи сигналов с импульсно-кодовой модуляцией**

#### Цель работы:

Целью работы является изучение следующих вопросов:

1. Принципов построения системы связи с ВРК и импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ);
2. Процесса формирования ИКМ сигнала;
3. Принципов формирования группового сигнала при временном уплотнении линии связи с использованием ИКМ;
4. Принципов разделения каналов в системе связи с ИКМ;
5. Принципов восстановления аналогового сигнала.

#### Порядок выполнения:

1. Подготовить лабораторную установку к проведению работы;
2. Исследовать процесс формирования цифрового ИКМ сигнала;
3. Исследовать процесс формирования группового сигнала на выходе мультиплексора;
4. Проконтролировать процесс разделения сигналов с ИКМ;
5. Проанализировать процесс восстановления аналогового сигнала.

### Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер, название лабораторной работы и цель её проведения;
2. Блок-схема измерений, с указанием точек, в которых проведены измерения осциллограмм;

3. Результаты измерений в графической форме – осциллограммы, расположенные таким образом, чтобы на них были отмечены все временные соотношения между исследуемыми сигналами;
4. Значения измеренных величин;
5. Основные выводы по работе.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить основные теоретические положения к лабораторной работе [7, с. 14-16].

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным во втором разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов / В.И. Иванов, В.Н. Гордиенко, Г.Н. Попов и др.; Под ред. В.И. Иванова. – 2-е изд. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 232 с.

Дополнительная литература

2. Исследование принципов временного разделения каналов: методические указания к выполнению лабораторных работ / А.Е. Ковров. – Братск: БрГУ, 2009. – 27 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какую роль играют мультиплексор на передаче и демultipлексор на приёме?
2. Каким образом на приёмном конце происходит преобразование АИМ сигнала в исходный аналоговый сигнал?

**Лабораторная работа №3**

**Исследование процессов коммутации и оценка помехозащищённости систем связи с временным разделением каналов**

Работа проводится в интерактивной форме в форме тренинга в малой группе (2 час.)

Цель работы:

1. Качественная оценка помехозащищённости систем связи при АИМ и ИКМ;
2. Изучение принципов построения устройств, позволяющих осуществлять пространственную коммутацию каналов систем связи.

Порядок выполнения:

1. Подготовить лабораторную установку к проведению измерений;
2. Оценить помехоустойчивость системы связи с АИМ сигналами;
3. Оценить помехоустойчивость системы связи при использовании сигналов с ИКМ;
4. Изучить принцип пространственной коммутации.

Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер, название лабораторной работы и цель её проведения;
2. Блок-схема измерений, с указанием точек, в которых проведены измерения осциллограмм;
3. Результаты измерений в графической форме – осциллограммы, расположенные таким образом, чтобы на них были отмечены все временные соотношения между исследуемыми сигналами;
4. Значения измеренных величин;
5. Основные выводы по работе.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить основные теоретические положения к лабораторной работе [7, с. 20-23].

### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в третьем разделе данной дисциплины.

#### Основная литература

1. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов / В.И. Иванов, В.Н. Гордиенко, Г.Н. Попов и др.; Под ред. В.И. Иванова. – 2-е изд. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 232 с.

#### Дополнительная литература

2. Исследование принципов временного разделения каналов: методические указания к выполнению лабораторных работ / А.Е. Ковров. – Братск: БрГУ, 2009. – 27 с.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Укажите преимущества ВРК в сравнении с частотным.
2. Сравните помехоустойчивость сигналов с АИМ и ИКМ.
3. Объясните принцип пространственной коммутации.

### **Лабораторная работа №4** **Радиочастотные генераторы**

#### Цель работы:

Понимание принципа действия и характеристик радиочастотных генераторов.

#### Порядок выполнения:

1. Изучить теоретические основы;
2. Подготовить установку «Основы телекоммуникационной техники» к работе: подключить модули KL-96001, KL-93001, осциллограф;
3. Произвести осциллографирование;
4. Снять выходные характеристики генераторов Колпитца и Хартли;
5. Рассчитать выходную частоту  $f_0$  генераторов Колпитца и Хартли, сравнить её с вычисленной.

#### Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер, название лабораторной работы и цель её проведения;
2. Блок-схема измерений, с указанием точек, в которых проведены измерения осциллограмм;
3. Результаты измерений в графической форме – осциллограммы, расположенные таким образом, чтобы на них были отмечены все временные соотношения между исследуемыми сигналами;
4. Значения измеренных величин;
5. Основные выводы по работе.

#### Задания для самостоятельной работы:

Изучить основные теоретические положения к лабораторной работе [8, с. 8-13].

### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в четвёртом разделе данной дисциплины.

#### Основная литература

1. Многоканальные телекоммуникационные системы : учебник / В. Н. Гордиенко, М. С. Тверецкий. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Горячая линия- Телеком, 2013. - 396 с.

#### Дополнительная литература

2. Крумин О.К., Лавров Р.В. Основы телекоммуникационной техники: Лабораторный прак-

тикум. – Братск: ФГБОУ ВПО «БрГУ», 2013. – 57 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Перечислите функции каждого конденсатора и катушки индуктивности в схеме генератора Колпитца.
2. Почему необходимо обратить внимание на компоновку схемы и длину провода в случае, если рабочая частота генератора находится в радиочастотном диапазоне?

### **Лабораторная работа №5** **Фильтры второго порядка**

Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (2 час.)

#### Цель работы:

1. Понимание характеристик и преимуществ активных фильтров;
2. Исследование фильтра второго порядка с интегрирующей цепочкой.

#### Порядок выполнения:

1. Изучить теоретические основы;
2. Подготовить установку «Основы телекоммуникационной техники» к работе: подключить модули KL-96001, KL-93001, осциллограф;
3. Произвести осциллографирование;
4. Измерить амплитуды выходных сигналов фильтров низких частот (ФНЧ) и фильтров высоких частот (ФВЧ) второго порядка;
5. Рассчитать коэффициенты усиления напряжения для каждой входной частоты;
6. Определить частоту среза  $f_c$  для ФНЧ и ФВЧ.

#### Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер, название лабораторной работы и цель её проведения;
2. Блок-схема измерений, с указанием точек, в которых проведены измерения осциллограмм;
3. Результаты измерений в табличной форме;
4. Графики Бode усиления напряжения для ФНЧ и ФВЧ;
5. Основные выводы по работе.

#### Задания для самостоятельной работы:

Изучить основные теоретические положения к лабораторной работе [8, с. 16-22].

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в пятом разделе данной дисциплины.

#### Основная литература

1. Проектирование и техническая эксплуатация цифровых телекоммуникационных систем и сетей : учебное пособие / Е. Б. Алексеев, В. Н. Гордиенко, В. В. Крухмалев. - 2-е изд., испр. - Москва : Горячая линия- Телеком, 2014. - 392 с.

#### Дополнительная литература

2. Крумин О.К., Лавров Р.В. Основы телекоммуникационной техники: Лабораторный практикум. – Братск: ФГБОУ ВПО «БрГУ», 2013. – 57 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Перечислите преимущества активных фильтров на операционных усилителях.
2. Приведите структурную схему интегратора Миллера и его передаточную функцию.

## **Лабораторная работа №6** **Амплитудная модуляция**

Работа проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (2 час.)

### Цель работы:

1. Понимание принципа амплитудной модуляции (АМ);
2. Исследование спектра частот АМ и вычисление коэффициента модуляции.

### Порядок выполнения:

1. Изучить теоретические основы;
2. Подготовить установку «Основы телекоммуникационной техники» к работе: подключить модули KL-96001, KL-93002, анализатор спектра, РЧ генератор, осциллограф;
3. Произвести осциллографирование;
4. Снять спектральные характеристики выходного сигнала;
5. Рассчитать коэффициенты модуляции.

### Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер, название лабораторной работы и цель её проведения;
2. Блок-схема измерений, с указанием точек, в которых проведены измерения осциллограмм;
3. Результаты измерений в графической форме – осциллограммы, расположенные таким образом, чтобы на них были отмечены все временные соотношения между исследуемыми сигналами;
4. Значения вычисленных величин;
5. Основные выводы по работе.

Изучить основные теоретические положения к лабораторной работе [8, с. 26-30].

### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в шестом разделе данной дисциплины.

#### Основная литература

1. Многоканальные телекоммуникационные системы : учебник / В. Н. Гордиенко, М. С. Тверецкий. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Горячая линия- Телеком, 2013. - 396 с.

#### Дополнительная литература

2. Крумин О.К., Лавров Р.В. Основы телекоммуникационной техники: Лабораторный практикум. – Братск: ФГБОУ ВПО «БрГУ», 2013. – 57 с.

### Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Поясните физический смысл модуляции.
2. Приведите характеристики модулирующего сигнала, сигнала несущей частоты, АМ сигнала.

## **Лабораторная работа №7** **Демодуляция АМ сигнала**

### Цель работы:

Понимание принципа амплитудной демодуляции.

### Порядок выполнения:

1. Изучить теоретические основы;
2. Подготовить установку «Основы телекоммуникационной техники» к работе: подключить модули KL-96001, KL-93002, РЧ генератор, осциллограф;

3. Произвести осциллографирование;
4. Снять спектральные характеристики выходного сигнала, сигнала на выходе детектора.

Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер, название лабораторной работы и цель её проведения;
2. Блок-схема измерений, с указанием точек, в которых проведены измерения осциллограмм;
3. Результаты измерений в графической форме – осциллограммы, расположенные таким образом, чтобы на них были отмечены все временные соотношения между исследуемыми сигналами;
4. Основные выводы по работе.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить основные теоретические положения к лабораторной работе [8, с. 34-38].

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в седьмом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов / В.В. Крухмалёв, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов и др.; Под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалёва. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. 510 с.

Дополнительная литература

2. Крумин О.К., Лавров Р.В. Основы телекоммуникационной техники: Лабораторный практикум. – Братск: ФГБОУ ВПО «БрГУ», 2013. – 57 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Нарисуйте форму выходного сигнала, если в схеме диодного детектора убрать операционный усилитель.
2. Нарисуйте форму выходного сигнала, если в схеме детектора произведения сигнал несущей частоты и сигнал АМ являются асинхронными.

**Лабораторная работа №8**  
**Балансная модуляция**

Цель работы:

1. Исследовать формирование модулированных сигналов с двумя боковыми полосами и подавленной несущей;
2. Изучить методы проверки и настройки балансных модуляторов.

Порядок выполнения:

1. Изучить теоретические основы;
2. Подготовить установку «Основы телекоммуникационной техники» к работе: подключить модули KL-96001, KL-93003, анализатор спектра, РЧ генератор, осциллограф;
3. Произвести осциллографирование;
4. Снять временные характеристики сигнала несущей частоты, звукового сигнала, выходного сигнала, спектра выходного сигнала.

Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер, название лабораторной работы и цель её проведения;
2. Блок-схема измерений, с указанием точек, в которых проведены измерения осциллограмм;
3. Результаты измерений в графической форме – осциллограммы, расположенные таким образом, чтобы на них были отмечены все временные соотношения между исследуемыми сиг-

налами;

4. Основные выводы по работе.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить основные теоретические положения к лабораторной работе [8, с. 42-46].

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в восьмом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов / В.В. Крухмалёв, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов и др.; Под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалёва. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. 510 с.

Дополнительная литература

2. Крумин О.К., Лавров Р.В. Основы телекоммуникационной техники: Лабораторный практикум. – Братск: ФГБОУ ВПО «БрГУ», 2013. – 57 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. В чём различия между АМ, балансной модуляцией с подавлением несущей (DSB-SC), балансной модуляцией с одной боковой (SSB)?

2. Какая величина влияет на подавление несущей частоты?

**Лабораторная работа №9**

**Демодуляция DSB-SSB сигналов**

Цель работы:

Выполнить демодулирование DSB-SC и SSB сигналов при помощи детектора произведения.

Порядок выполнения:

1. Изучить теоретические основы;

2. Подготовить установку «Основы телекоммуникационной техники» к работе: подключить модули KL-96001, KL-93003, РЧ генератор, осциллограф;

3. Произвести осциллографирование;

4. Снять временные характеристики входного и выходного сигналов детектора произведения.

Форма отчетности:

Отчёт сдаётся в печатном виде. В отчёте должны присутствовать:

1. Номер, название лабораторной работы и цель её проведения;

2. Блок-схема измерений, с указанием точек, в которых проведены измерения осциллограмм;

3. Результаты измерений в графической форме – осциллограммы, расположенные таким образом, чтобы на них были отмечены все временные соотношения между исследуемыми сигналами;

4. Основные выводы по работе.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить основные теоретические положения к лабораторной работе [8, с. 51-54].

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в шестом разделе данной дисциплины.

Основная литература

1. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов / В.В.

Крухмалёв, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов и др.; Под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалёва. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. 510 с.

Дополнительная литература

2. Крумин О.К., Лавров Р.В. Основы телекоммуникационной техники: Лабораторный практикум. – Братск: ФГБОУ ВПО «БрГУ», 2013. – 57 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Если частота модулирующего сигнала повышается, какие элементы детектора произведения должны быть изменены для получения неискажённого демодулированного сигнала?
2. Можно ли использовать для демодуляции DSB-SC или SSB сигналов пиковый детектор?

### **Практическое занятие №1**

#### **Определение максимальной скорости передачи данных по каналу связи**

##### Цель работы:

Приобрести навыки расчета параметров канала связи.

##### Задание:

1. Построить график зависимости  $P = f(h^2)$ ;
2. Определить максимальную скорость передачи данных по каналу связи  $V_{\max}$ .

##### Порядок выполнения:

Изучить теоретические данные. Исходными характеристиками для выполнения задания являются: способ модуляции, скорость модуляции  $V$ , допустимая вероятность ошибки  $P_{\text{доп}}$ . Выбрать формулу расчёта вероятности ошибки  $P$ . Задаваясь значениями отношения сигнал/помеха  $h$ , определить значения функции Крампа. Рассчитать вероятность ошибки при приёме данных. Построить график зависимости  $P = f(h^2)$ , из которого определить значения  $h_1^2$  и  $h_2^2$ . По найденным значениям  $h$  определить максимальную скорость передачи данных  $V_{\max}$ .

##### Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы;
2. Задание;
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта;
4. Графики зависимости функции Крампа и  $P = f(h^2)$ .

##### Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом обучающегося.

##### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в третьем и пятом разделах данной дисциплины.

#### Основная литература

1. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов / В.В. Крухмалёв, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов и др.; Под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалёва. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. 510 с.

Дополнительная литература

2. Дансмор, Б., Скандьер, Т. Справочник по телекоммуникационным технологиям: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 640 с.

##### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Приведите структурную схему системы передачи дискретных сообщений.

2. В чём отличия между амплитудной, частотной, фазовой и относительной фазовой способов модуляции.

### **Практическое занятие №2**

#### **Определение эффективной скорости приёма данных и оптимальной длины передаваемых блоков**

Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (4 час.)

#### Цель работы:

Приобрести навыки расчета параметров передаваемых кадров.

#### Задание:

1. Построить график зависимости  $V = f(k)$ ;
2. Определить максимальную эффективную скорость приёма данных  $V_{эф}$ .

#### Порядок выполнения:

Изучить теоретические данные. Исходными характеристиками для выполнения задания являются:  $V_{max}$ , рассчитанная на первом занятии, допустимая вероятность ошибки единичного элемента  $P_{доп}$ , число служебных байт в принимаемом блоке  $n_{сл1,2}$ , число проверочных байт  $r$ , число информационных разрядов  $k$ . Определить общее число служебных разрядов в рассматриваемой системе  $n_{сл}$ . Записать аналитическое выражение для определения эффективной скорости приёма данных. Изменяя значения  $k$  с выбранным шагом, построить график зависимости  $V_{эф} = f(k)$ , из которого найти оптимальное количество информационных разрядов  $k_{опт}$ . Отыскать оптимальную длину принимаемого блока  $n_{опт}$  и  $V_{эф}$ . Полученное значение  $V_{эф}$  округлить до стандартного.

#### Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы;
2. Задание;
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта;
4. Графики зависимости эффективной скорости от длины принимаемых блоков.

#### Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом обучающегося.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в первом и четвёртом разделах данной дисциплины.

#### Основная литература

1. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов / В.В. Крухмалёв, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов и др.; Под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалёва. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. 510 с.

#### Дополнительная литература

2. Дансмор, Б., Скандьер, Т. Справочник по телекоммуникационным технологиям: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 640 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Приведите структурную схему кадра сообщений рассматриваемой системы.
2. От каких параметров зависит эффективная скорость приёма данных.

### **Практическое занятие №3** **Выбор помехоустойчивого кода**

Занятие проводится в интерактивной форме с разбором конкретных ситуаций (4 час.)

#### Цель работы:

Приобрести навыки аналитического обоснования способа кодирования.

#### Задание:

1. Построить графики зависимости  $V_{эф} = f(k)$  для двух способов кодирования;
2. Произвести выбор помехоустойчивого кода для рассматриваемой системы.

#### Порядок выполнения:

Изучить теоретические данные. Исходными характеристиками для выполнения задания являются параметры, рассчитанные на первом и втором занятиях. Рассчитать число разрядов  $m$ , содержащихся в строке матрицы. Определить вероятность необнаруженной ошибки  $P_{но}$  в матричном и циклическом кодах. Рассчитать число проверочных разрядов  $r$  для матричного и циклического кодов. Построить графики зависимости  $V_{эф} = f(k)$ , из сравнительного анализа которых выбрать тип кода.

#### Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы;
2. Задание;
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта;
4. Графики зависимости  $V_{эф} = f(k)$  для матричного и циклического кодов.

#### Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом обучающегося.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в пятом и седьмом разделах данной дисциплины.

#### Основная литература

1. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов / В.В. Крухмалёв, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов и др.; Под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалёва. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. 510 с.

#### Дополнительная литература

2. Дансмор, Б., Скандьер, Т. Справочник по телекоммуникационным технологиям: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 640 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. С какой целью применяется кодирование сообщений в рассматриваемой системе передачи данных (СПД)?
2. Перечислите способы кодирования в инфокоммуникационных системах и их отличительные особенности.

### **Практическое занятие №4** **Определение времени доставки сообщения**

#### Цель работы:

Приобрести практические навыки расчета времени доставки сообщения в проектируемой СПД.

### Задание:

1. Рассчитать время доставки сообщения получателю.

### Порядок выполнения:

Изучить теоретические данные. Исходными характеристиками для выполнения задания являются: длина линии связи  $L$ , скорость распространения сигналов по каналу  $V_p$ , объём передаваемых сообщений  $N$ . Определить по формуле время установления тактовой синхронизации  $t_{тс}$ . Рассчитать время установления цикловой синхронизации  $t_{цс}$ . Найти время передачи сообщения  $t_{пр}$  и распространения сигнала по каналу  $t_p$ . Подставляя рассчитанные значения  $t_{тс}$ ,  $t_{цс}$ ,  $t_{пр}$ ,  $t_p$  в формулу, отыскать время доставки сообщения получателю  $T_d$ .

### Форма отчетности:

Отчет сдается в печатном виде. В отчете должны присутствовать:

1. Цель работы;
2. Задание;
3. Поэтапное выполнение всех заданий варианта.

### Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены вариантом обучающегося.

### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в шестом и восьмом разделах данной дисциплины.

#### Основная литература

1. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов / В.В. Крухмалёв, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов и др.; Под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалёва. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. 510 с.

#### Дополнительная литература

2. Дансмор, Б., Скандьер, Т. Справочник по телекоммуникационным технологиям: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 640 с.

### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Приведите временные диаграммы тактовой, цикловой и сверхцикловой синхронизации.
2. Приведите структурную схему системы цикловой синхронизации.

## **9.2. Методические указания по выполнению курсовой работы**

Задача, которую решают обучающиеся при выполнении работы, состоит в расчете основных параметров системы передачи дискретных сообщений: эффективной скорости передачи, оптимальной длины передаваемых информационных блоков, достоверности сообщений и времени доставки их получателю. При этом в качестве исходных данных задаются: тип, длина канала связи и его состояние; модель дискретного канала; способ модуляции; помехоустойчивые коды для обнаружения ошибок возникающих в процессе передачи данных.

В курсовой работе рассматривается инфокоммуникационная система передачи данных с решающей обратной связью с ожиданием (рис. 1). Для передачи данных используется телефонный канал, модель которого – однопараметрическая с независимыми ошибками. Передатчик является цифровым, он формирует манипулированные сигналы данных, которые передаются без несущей.

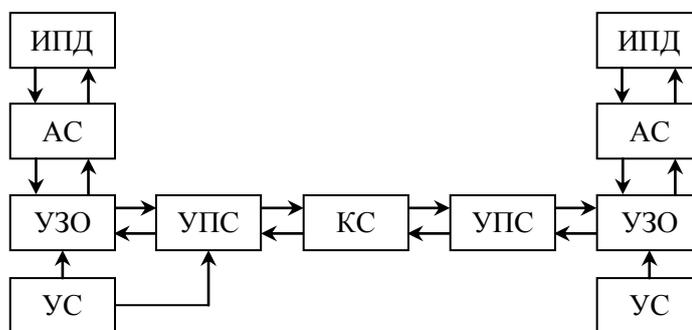


Рис. 1. Схема системы передачи дискретных сообщений:

ИПД – источник / получатель данных; АС – аппаратура сопряжения; УЗО – устройство защиты и обработки; УС – устройство синхронизации; УПС – устройства преобразования сигнала; КС – канал связи.

В работе имеется возможность использовать два помехоустойчивых кода: циклический или матричный, которые работают в режиме с обнаружением ошибок. По результатам расчетов необходимо выбрать код, обеспечивающий минимальную вероятность необнаруженной ошибки, которая не должна превышать  $10^{-6}$ .

На первом этапе курсовой работы в соответствии с заданным способом модуляции и допустимой вероятностью ошибки, возникающей в канале связи, определяют максимальную скорость передачи данных.

На втором этапе находят эффективную скорость приема данных и оптимальную длину передаваемых информационных блоков, которая зависит от используемых методов адаптации.

На третьем этапе производится выбор помехоустойчивого кода, определяются число проверочных разрядов и вероятность необнаруженной ошибки.

На четвертом этапе рассчитывают время доставки сообщения получателю.

Далее рассматриваются теоретические положения и примеры для каждого пункта курсовой работы.

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. ОС Windows 7 Professional.
2. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level.
3. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.
4. MATLAB Academic new Product Concurrent Licenses.

## 11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ПЗ и ЛР</i>
1	3	4	5
ПЗ	Лекционная аудитория	-	ПЗ 1-4
ЛР	Лаборатория телекоммуникаций, теории электро-связи	лабораторная установка «Изучение принципов временного разделения каналов»; осциллографф, 2 шт. лабораторная установка «Основы телекоммуникационной техники»;	ЛР 1-9
СР	ЧЗ №3	Оборудование 15- CPU 5000/RAM 2Gb/HDD (Монитор TFT 19 LG 1953S-SF); принтер HP LaserJet P3005	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-2	Способность использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности	1. Введение	1.1. Цели и задачи курса «ОПИСиС»	Экзаменационный вопрос 1.1
		2. Архитектура взаимосвязанной сети связи РФ	2.1. Деление по ведомственной принадлежности	Экзаменационный вопрос 2.1
		3. Первичные электрические сигналы и их характеристики	3.1. Первичные сигналы электросвязи и их физические характеристики	Экзаменационный вопрос 3.1
		4. Элементы теории телеграфика	4.2. Качество обслуживания	Экзаменационный вопрос 4.2
			4.3. Основы построения телефонной сети. Общие сведения	Экзаменационный вопрос 4.3
7. Каналы передачи	7.1. Каналы передачи, их классификация и основные характеристики	Экзаменационный вопрос 7.1		
ПК-8	Умение собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов	1. Введение	1.2. Основные понятия и определения	Экзаменационный вопрос 1.2
		2. Архитектура взаимосвязанной сети связи РФ	2.3. Деление по среде передачи	Экзаменационный вопрос 2.3
			2.4. Взаимозависимость сети связи	Экзаменационный вопрос 2.4
		3. Первичные электрические сигналы и их характеристики	3.2. Телефонные (речевые) сигналы	Экзаменационный вопрос 3.2
		6. Коммутация пакетов	6.1. Коммутация пакетов	Экзаменационные вопросы 6.1, 6.2
8. Двусторонние каналы. Построение двусторонних каналов	8.1. Двусторонние каналы. Построение двусторонних каналов	Экзаменационные вопросы 8.1, 8.2		
ПК-9	Умение проводить расчёты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приёмов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваем...	1. Введение	1.3. Логарифмические единицы измерений	Экзаменационный вопрос 1.3
		2. Архитектура взаимосвязанной сети связи РФ	2.2. Деление по архитектуре	Экзаменационный вопрос 2.2
		3. Первичные электрические сигналы и их характеристики	3.4. Сигналы передачи данных	Экзаменационный вопрос 3.4
		4. Элементы теории телеграфика	4.1. Телефонная нагрузка	Экзаменационный вопрос 4.1

	мых оригинальных программ	5.1. Принципы построения систем коммутации	5.1. Принципы построения систем коммутации	Экзаменационные вопросы 5.1, 5.2
		7. Каналы передачи	7.2. Канал передачи как четырёхполюсник	Экзаменационный вопрос 7.2
		8. Двусторонние каналы. Построение двусторонних каналов	8.1. Двусторонние каналы. Построение двусторонних каналов	Экзаменационные вопросы 8.1, 8.2
ПК-15	Умение разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию	1. Введение	1.3. Логарифмические единицы измерений	Экзаменационный вопрос 1.3
		2. Архитектура взаимосвязанной сети связи РФ	2.4. Взаимоувязанность сети связи	Экзаменационный вопрос 2.4
		3. Первичные электрические сигналы и их физические характеристики	3.3. Сигналы телевизионного вещания	Экзаменационный вопрос 3.3
		4. Элементы теории телетрафика	4.3. Основы построения телефонной сети. Общие сведения	Экзаменационный вопрос 4.3
		5.1. Принципы построения систем коммутации	Принципы построения систем коммутации 5.1, 5.2	Экзаменационные вопросы 5.1, 5.2
		6. Коммутация пакетов	6.1. Коммутация пакетов	Экзаменационные вопросы 6.1, 6.2
		7. Каналы передачи	7.3. Канал тональной частоты	Экзаменационный вопрос 7.3

## 2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ОПК-2	Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением инфокоммуникационных технологий и с учётом основных требований информационной безопасности	1.1. Цели и задачи курса «ОПИСиС»	1. Введение
			2.1. Деление по ведомственной принадлежности	
			2.2. Деление по архитектуре	2. Архитектура взаимосвязанной сети связи РФ
			4.2. Качество обслуживания	
4.3. Основы построения телефонной сети. Общие сведения	4. Элементы теории телетрафика			
2.	ПК-8	Умение собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных	1.2. Основные понятия и определения	1. Введение
			2.3. Деление по среде передачи	2. Архитектура взаимосвязанной сети связи РФ
			2.4. Взаимоувязанность сети связи	

		для проектирования средств и сетей связи и их элементов	<b>5.1.</b> Структурная схема узла коммутации малой ёмкости <b>5.2.</b> Принцип временной коммутации каналов <b>8.1.</b> Однополосная четырёхпроводная, двухпроводная схема организации двусторонней связи <b>8.2.</b> Двухполосная двухпроводная схема организации двусторонней связи	<b>5.</b> Принципы построения систем коммутации <b>8.</b> Двусторонние каналы. Построение двусторонних каналов
<b>3.</b>	ПК-9	Умение проводить расчёты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приёмов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ	<b>1.3.</b> Логарифмические единицы измерений	<b>1.</b> Введение
			<b>3.1.</b> Первичные сигналы электросвязи и их физические характеристики	<b>3.</b> Первичные электрические сигналы и их характеристики
			<b>3.2.</b> Телефонные (речевые) сигналы	
			<b>3.4.</b> Сигналы передачи данных	<b>4.</b> Элементы теории телеграфика
			<b>4.1.</b> Телефонная нагрузка	
<b>7.1.</b> Каналы передачи, их классификация и основные характеристики	<b>7.</b> Каналы передачи			
<b>7.2.</b> Канал передачи как четырёхполюсник				
<b>4.</b>	ПК-15	Умение разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию	<b>3.3.</b> Сигналы телевизионного вещания	<b>3.</b> Первичные электрические сигналы и их физические характеристики
			<b>6.1.</b> Протокол X.25	<b>6.</b> Коммутация пакетов
			<b>6.2.</b> Метод CRC. Виртуальный канал	
			<b>7.3.</b> Канал тональной частоты	<b>7.</b> Каналы передачи

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<b>Знать</b> (ОПК-2): - основные требования информационной безопасности; (ПК-8): - основные закономерности передачи информации в инфокоммуникационных системах; (ПК-9): - основные типы сигналов, используемых в телекоммуникационных системах; (ПК-15): - особенности передачи различных сигналов по каналам и трактам теле-	<b>отлично</b>	Обучающийся должен во время ответа показать знания: основных закономерностей передачи информации в инфокоммуникационных системах, основных типов сигналов, принципы построения систем коммутации, основных терминов, используемых в научно-технической литературе по инфокоммуникационным технологиям. Обучающийся должен иметь навыки владения: компьютерного моделирования физических процессов при передаче информации, понимания материала и способности высказывания мыслей на научно-техническом языке. Обучающийся во время ответа должен продемонстрировать умения: проводить расчёты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций, разрабатывать и оформ-

<p>коммуникационных систем;</p> <p><b>Уметь</b> (ОПК-2):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением инфокоммуникационных технологий;</li> </ul>		<p>лять различную проектную и техническую документацию.</p>
<p>(ПК-8):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов;</li> </ul> <p>(ПК-9):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить расчёты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приёмов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ;</li> </ul>	<p><b>хорошо</b></p>	<p>Ответ содержит неточности. Дополнительные вопросы требуются, но обучающийся с ними справляется отлично.</p>
<p>(ПК-15):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию;</li> </ul> <p><b>Владеть</b> (ОПК-2):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками практической работы с лабораторными макетами аналоговых и цифровых устройств;</li> </ul>	<p><b>удовлетворительно</b></p>	<p>Ответил только на один вопрос, либо слабо ответил на оба вопроса. На дополнительные вопросы отвечает неуверенно.</p>
<p>(ПК-8):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами компьютерного моделирования физических процессов при передаче информации;</li> </ul> <p>(ПК-9):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- техникой инженерной и компьютерной графики (ввод, вывод, отображение, преобразование и редактирование графич-</li> </ul>	<p><b>неудовлетворительно</b></p>	<p>На оба вопроса обучающийся отвечает неубедительно. На дополнительные вопросы преподавателя также не может ответить.</p>

<p>ческих объектов на компьютере); (ПК-15): - современными способами оформления и представления проектной и технической документации с использованием мультимедийных средств;</p>		
---	--	--

#### **4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности**

Дисциплина «ОПИСиС» направлена на ознакомление обучающихся с базовыми принципами построения инокоммуникационных систем общего пользования, основными характеристиками различных сигналов связи и особенностей их передачи по каналам и трактам, необходимых в дальнейшем, при проектировании и эксплуатации СПД.

Изучение дисциплины предусматривает:

- лекции;
- лабораторные работы;
- практические занятия;
- курсовую работу;
- самостоятельную работу;
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1 «Введение» обучающиеся должны уяснить: обобщённую структурную схему взаимодействия инфокоммуникационных систем и сетей, три типа уровней передачи, диаграмму уровней канала передачи.

В ходе освоения раздела 2 «Архитектура взаимосвязанной сети связи РФ» обучающиеся должны знать: деление взаимосвязанной сети связи (ВСС) по ведомственной принадлежности, архитектуре, среде передачи, службы, реализующие взаимосвязанность сети связи.

В ходе освоения раздела 3 «Первичные электрические сигналы и их характеристик» обучающиеся должны уяснить параметры первичных сигналов и их типы.

В ходе освоения раздела 4 «Элементы теории телетрафика» обучающиеся должны знать: параметры и типы телефонной нагрузки, характеристики качества обслуживания телефонных вызовов, способы реализации телефонной сети.

В ходе освоения раздела 5 «Принципы построения систем коммутации» обучающиеся должны уяснить: принцип построения коммутационного оборудования с ВРК, необходимость синхронизации тактовых частот задающих генераторов в системах с ВРК.

В ходе освоения раздела 6 «Коммутация пакетов» обучающиеся должны знать: стандарт сопряжения X.25, метод обнаружения ошибок CRC.

В ходе освоения раздела 7 «Каналы передачи» обучающиеся должны обратить внимание на: параметры и характеристики канала передачи, представление канала передачи как четырёхполюсника, канал тональной частоты.

В ходе освоения раздела 8 «Двусторонние каналы» обучающиеся должны знать: организацию связи по однополосной четырёхпроводной и двухпроводной схеме, двухполосной двухпроводной схеме, структурную схему двустороннего усилителя.

В процессе проведения лабораторных работ происходит практическое изучение элементной базы построения инфокоммуникационных систем и сетей.

На практических занятиях обучающиеся приобретают навыки расчёта параметров канала связи СПД.

В выполнении курсовой работы происходит закрепление на практике теоретических принципов проектирования системы передачи дискретных сообщений.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам: физические характеристики первичных сигналов, принцип временной коммутации, спектральные и временные характеристика канала передачи.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой литературы. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий в интерактивной форме (лекции с текущим контролем, лабораторные работы и практические занятия с разбором конкретных ситуаций) в сочетании с внеаудиторной работой.

## **АННОТАЦИЯ**

### **рабочей программы дисциплины**

#### **Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей**

#### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является изложение базовых принципов и технологий построения инфокоммуникационных сетей общего пользования и локальных сетей; изучение основных характеристик различных сигналов связи и особенностей их передачи по каналам и трактам; изучение принципов и особенностей построения аналоговых и цифровых систем передачи и коммутации, используемых для проводной и радиосвязи.

Задачей дисциплины является подготовка обучающихся к самостоятельной работе по решению практических задач, связанных с построением инфокоммуникационных систем передачи общего пользования, с особенностями передачи различных сигналов связи по каналам и трактам, с формулировкой основных технических требований к инфокоммуникационным сетям и системам.

#### **2. Структура дисциплины**

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: Лк – 17 час.; ЛР – 17 час.; ПЗ – 17 час.; СР – 57 час.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 144 часа, 4 зачётные единицы.

2.2 Основные разделы дисциплины:

1. Введение;
2. Архитектура взаимосвязанной сети связи РФ;
3. Первичные электрические сигналы и их характеристики;
4. Элементы теории телетрафика;
5. Принципы построения систем коммутации;
6. Коммутация пакетов;
7. Каналы передачи;
8. Двусторонние каналы.

#### **3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующей компетенции:

ОПК-2 - способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением инфокоммуникационных технологий и с учётом основных требований информационной безопасности;

ПК-8 – умение собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов;

ПК-9 – умение проводить расчёты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приёмов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ;

ПК-15 – умение разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию.

#### **4. Вид промежуточной аттестации: КР, экзамен.**

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 201\_\_-201\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

---

---

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

---

---

---

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.,  
(разработчик)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО  
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-9	Способность использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности	4. Элементы теории телеграфика	4.2. Качество обслуживания	Отчёт по ЛР. Курсовая работа
			4.3. Основы построения телефонной сети. Общие сведения	Отчёт по ЛР. Курсовая работа
ПК-8	Умение собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектирования средств и сетей связи и их элементов	1. Введение	1.2. Основные понятия и определения	Отчёт по ЛР. Курсовая работа
		5. Принципы построения систем коммутации	5.1. Принципы построения систем коммутации	Отчёт по ЛР. Курсовая работа
		8. Двусторонние каналы. Построение двусторонних каналов	8.1. Двусторонние каналы. Построение двусторонних каналов	Отчёт по ЛР. Курсовая работа
ПК-9	Умение проводить расчёты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приёмов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ	1. Введение	1.3. Логарифмические единицы измерений	Отчёт по ЛР. Курсовая работа
		3. Первичные электрические сигналы и их характеристики	3.1. Первичные сигналы электросвязи и их физические характеристики	Отчёт по ЛР. Курсовая работа
			3.2. Телефонные (речевые) сигналы	Отчёт по ЛР. Курсовая работа
			3.4. Сигналы передачи данных	Отчёт по ЛР. Курсовая работа
		4. Элементы теории телеграфика	4.1. Телефонная нагрузка	Отчет по ЛР. Курсовая работа
		7. Каналы передачи	7.1. Каналы передачи, их классификация и основные характеристики	Отчёт по ЛР. Курсовая работа
7.2. Канал передачи как четырёхполюсник	Отчёт по ЛР			
ПК-15	Умение разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию	7. Каналы передачи	7.3. Канал тональной частоты	Курсовая работа

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b> (ОПК-2):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные требования информационной безопасности;</li> </ul> <p>(ПК-8):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные закономерности передачи информации в инфокоммуникационных системах;</li> </ul> <p>(ПК-9):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные типы сигналов, используемых в телекоммуникационных системах;</li> </ul>	<b>отлично</b>	<p>Во время защиты курсовой работы обучающийся показал знание всех основных определений и продемонстрировал умение проводить расчёты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций, владение навыками практической работы с лабораторными макетами аналоговых и цифровых устройств, достаточным уровнем понимания материала и высказывать мысль на научно-техническом языке</p>
<p>(ПК-15):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- особенности передачи различных сигналов по каналам и трактам телекоммуникационных систем;</li> </ul> <p><b>Уметь</b> (ОПК-2):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением инфокоммуникационных технологий;</li> </ul>	<b>хорошо</b>	<p>Во время защиты курсовой работы обучающийся показал неполное понимание материала и навыками владения практическими приёмами.</p>
<p>(ПК-8):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- собирать и анализировать информацию для формирования исходных данных для проектиро-</li> </ul>	<b>удовлетворительно</b>	<p>Во время защиты курсовой работы обучающийся показал слабое понимание материала и навыками владения практическими приёмами.</p>

<p>вания средств и сетей связи и их элементов; (ПК-9):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить расчёты по проекту сетей, сооружений и средств инфокоммуникаций в соответствии с техническим заданием с использованием как стандартных методов, приёмов и средств автоматизации проектирования, так и самостоятельно создаваемых оригинальных программ;</li> </ul> <p>(ПК-15):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию;</li> </ul> <p><b>Владеть</b> (ОПК-2):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками практической работы с лабораторными макетами аналоговых и цифровых устройств;</li> </ul> <p>(ПК-8):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами компьютерного моделирования физических процессов при передаче информации;</li> </ul> <p>(ПК-9):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- техникой инженерной и компьютерной графики (ввод, вывод, отображение, преобразование и редактирование графических объектов на компьютере);</li> </ul> <p>(ПК-15):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- современными способами оформления и представления проектной и технической документации с использованием мультимедийных средств;</li> </ul>	<p><b>неудовлетворительно</b></p>	<p>Во время защиты курсовой работы обучающийся не продемонстрировал теоретических знаний по теме работы либо не показал никаких практических навыков.</p>
<p><b>зачтено</b></p>	<p><b>зачтено</b></p>	<p>Во время защиты лабораторных работ обучающийся ответил на поставленные преподавателем вопросы.</p>
<p><b>незачтено</b></p>	<p><b>незачтено</b></p>	<p>Во время защиты лабораторных работ обучающийся не смог дать ответы на поставленные преподавателем вопросы, либо отчёт вызывает нарекания.</p>

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.03.02 Информационные технологии и системы связи от «06» марта 2015 г. № 174

**для набора 2015 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «13» июля 2015 г. № 475.

**для набора 2016 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» июня 2016 г. №429.

**для набора 2017 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» марта 2017 г. № 125.

**для набора 2018 года** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018 г. № 130.

**Программу составил:**

Крумин О.К., доцент кафедры УТС, к.т.н. \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры УТС  
от 28 декабря 2018 г, протокол № 6

Заведующий кафедрой УТС \_\_\_\_\_ Игнатьев И.В.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедрой \_\_\_\_\_ Игнатьев И.В.

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Сотник Т.Ф.

Рабочая программа одобрена методической комиссией ФЭиА факультета  
от 28 декабря 2018 г, протокол № 5

Председатель методической комиссии факультета \_\_\_\_\_ Ульянов А.Д.

**СОГЛАСОВАНО:**

Начальник  
учебно-методического управления \_\_\_\_\_ Нежевец Г.П.

Регистрационный № \_\_\_\_\_