



**ВОРОНЕЖСКИЙ ИНСТИТУТ ПРАВИТЕЛЬСТВЕННОЙ СВЯЗИ  
(ФИЛИАЛ) АКАДЕМИИ ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ОХРАНЫ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**



**КАФЕДРА №7  
(ОБЩЕПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

**Урок**

**Тема № 4 Каналы передачи и линии связи**

**Занятие № 4.1 Каналы передачи и их  
характеристика**

**Преподаватель кафедры № 7 Сиренький И.В.**

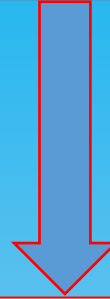
## Цели занятия:

1. Знать принципы организации аналогового и цифрового каналов передачи.
2. Уметь вычертить структуру аналогового и цифрового каналов передачи.

## Обучающиеся должны знать

- структуру аналогового канала передачи и назначение его элементов;
- режимы работы аналоговых каналов передачи;
- определения основным параметрам аналогового канала передачи: остаточное затухание канала передачи; полоса эффективно передаваемых частот (ПЭПЧ); номинальные входные и выходные сопротивления; относительные уровни передачи и приема; динамический диапазон канала; пропускная способность канала;
- структуру цифрового канала передачи и назначение его элементов;
- определения основным параметрам цифрового канала передачи: скорость передачи символов цифрового сигнала электросвязи; коэффициенты ошибок; фазовые дрожания цифрового сигнала электросвязи; время прохождения сигнала в канале электросвязи; кратковременные прерывания в цифровом канале электросвязи.

## Обучающиеся должны уметь



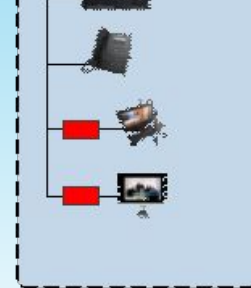
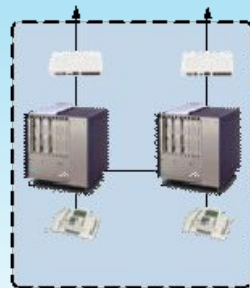
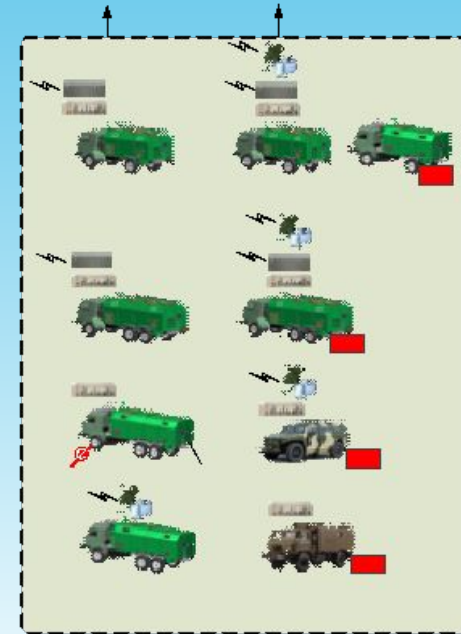
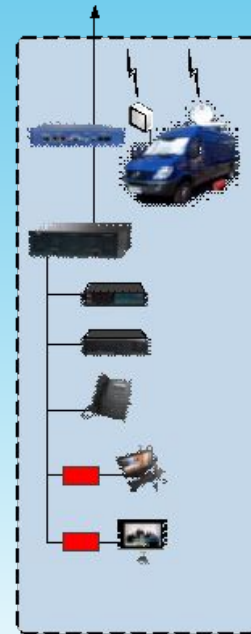
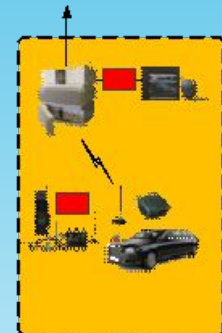
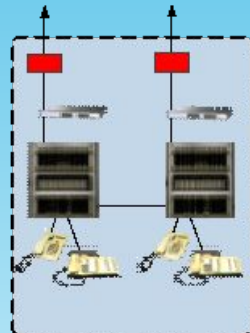
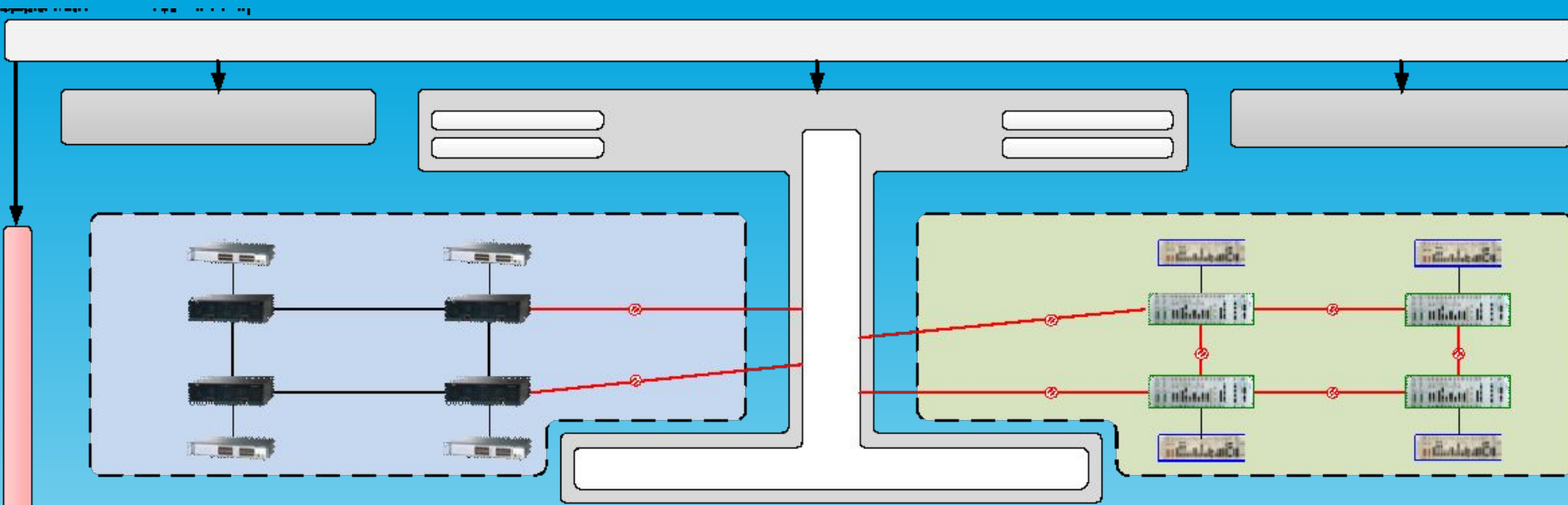
- графически вычертить структуру аналогового канала передачи и пояснить назначение его элементов;
- графически вычертить структуру цифрового канала передачи и пояснить назначение его элементов.

## Учебные вопросы:

1. Принцип организации аналогового канала передачи.
2. Принцип организации цифрового канала передачи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Суханов В.В., Тычинская М.М. Теория электросвязи: учебно-методическое пособие / – Воронеж: ВИПС (филиал) Академии ФСО России, 2018 – 109с, (стр. 55-60).



## Контроль усвоения материала предыдущего занятия

1. Сформулируйте теорему В.А. Котельникова.
2. Поясните порядок формирования ОЦК.

# Вопрос №1

Принцип организации аналогового  
канала передачи



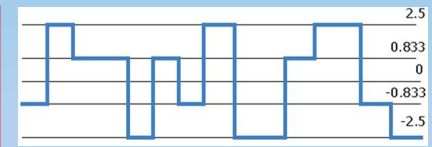
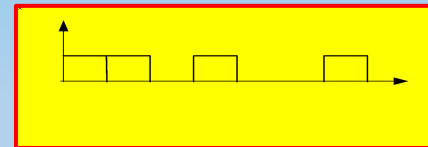
**Канал передачи** - комплекс технических средств и среды распространения, обеспечивающего передачу сигнала электросвязи в определенной полосе частот или с определенной скоростью.

По методам передачи сигналов электросвязи различают

**Аналоговые каналы передачи**

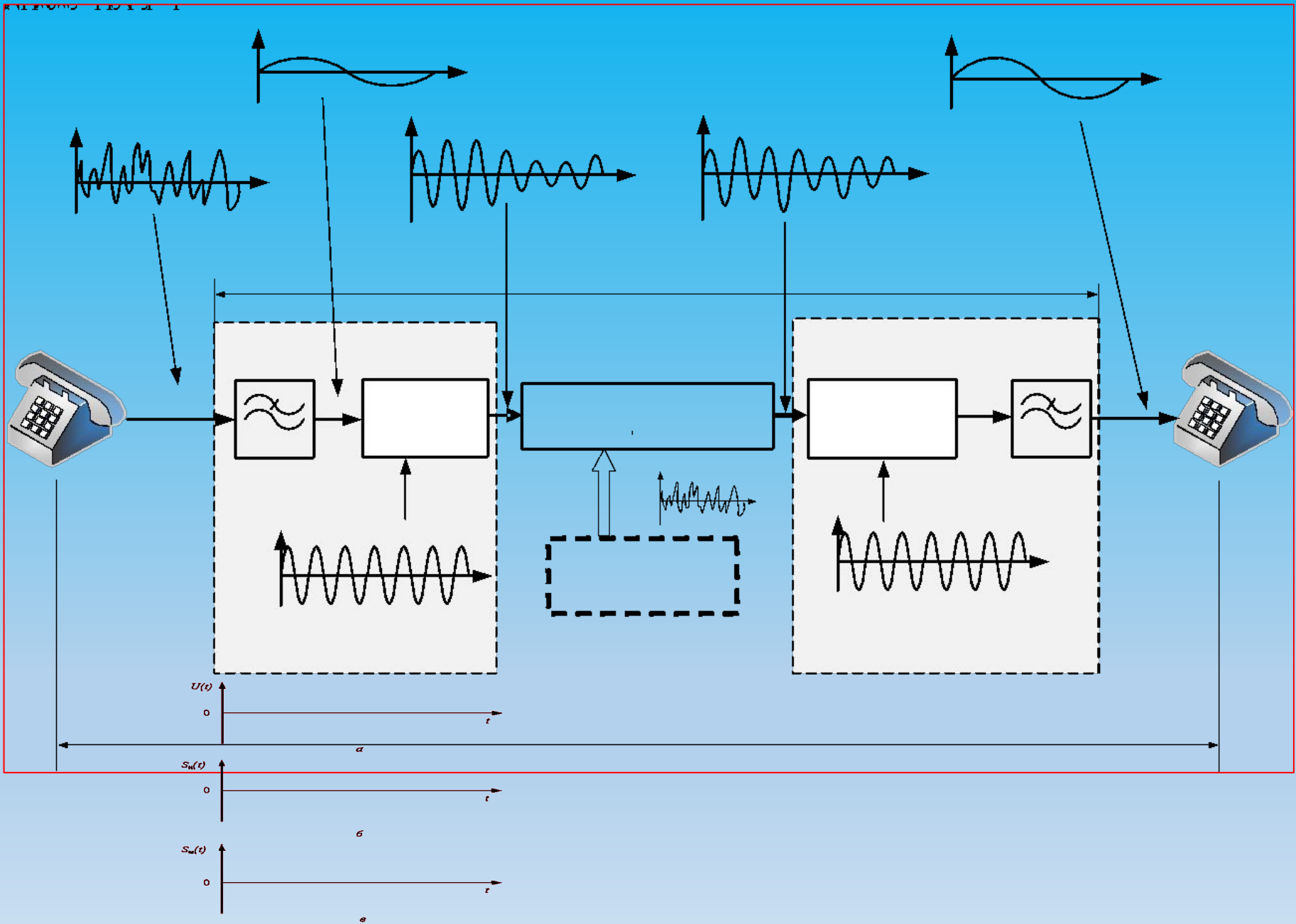


**Цифровые каналы передачи**



**Канал передачи тональной частоты (КТЧ)** – это типовой аналоговый канал передачи с полосой частот от **300 Гц до 3400 Гц**.

# Структура аналогового канала передачи

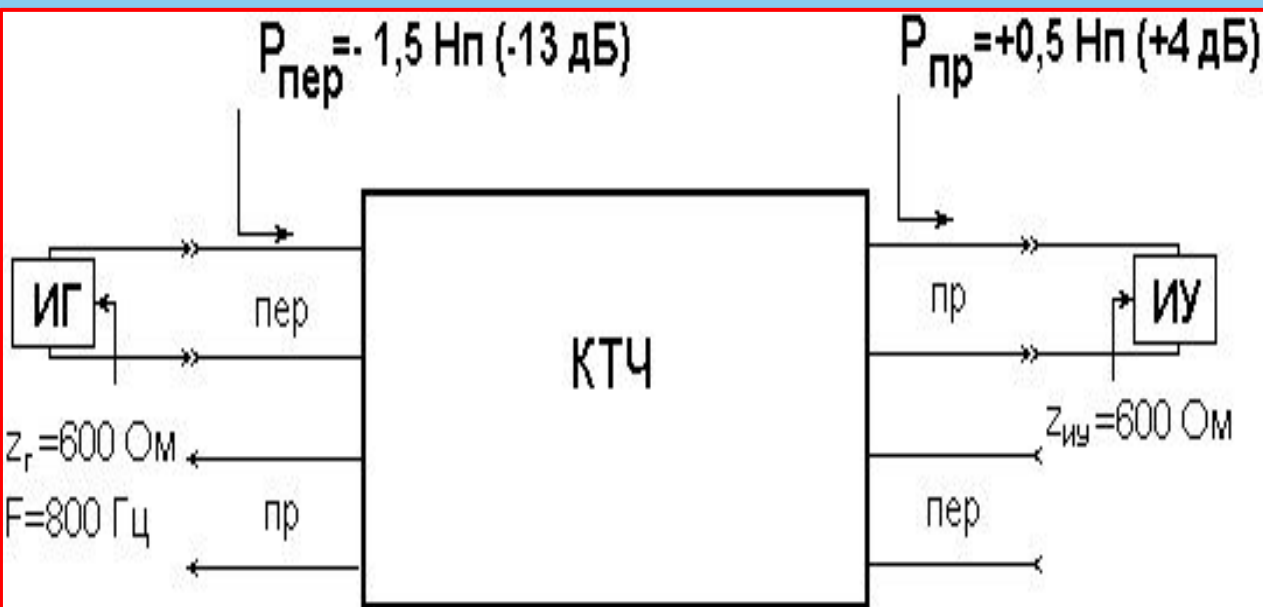


## 1. Остаточное затухание канала передачи $a_r$ - рабочее

затухание (усиление) канала при оконечных нагрузках, равных номинальным значениям его входных ( $R_{вх}$ ) и выходных ( $R_{вых}$ ) сопротивлений. Измеряется и вычисляется как **разность уровней сигнала на входе и выходе канала:**

$$a_r = P_{вх} - P_{вых}, \text{ (дБ)} \quad a_r = -17 \text{ дБ} \quad 1 \text{ Нп} = 8,686 \text{ дБ}, \quad 1 \text{ дБ} = 0,115 \text{ Нп}$$

**Затухание** – величина, показывающая, насколько уменьшается мощность (амплитуда) сигнала на выходе канала связи по отношению к мощности (амплитуде) сигнала на входе.



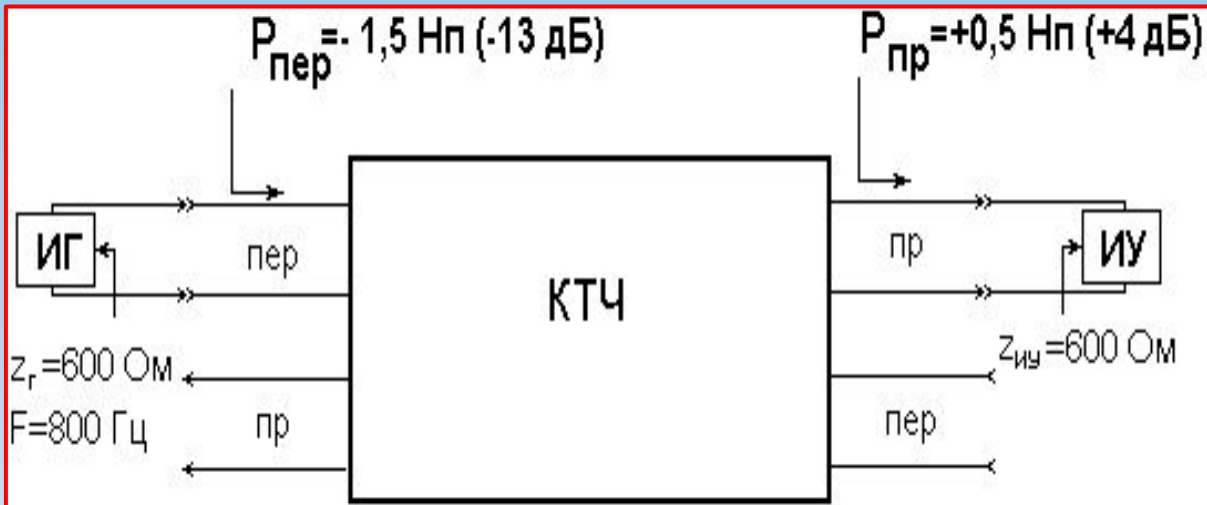
**Остаточное затухание канала** - разность между суммой затуханий и суммой усилений, вносимых всеми его элементами.

2. Полоса эффективно передаваемых частот (ПЭПЧ, ЭППЧ):  $\Delta F =$

$f_{\max} - f_{\min}$ . Полоса частот, на границах которой остаточное затухание канала отличается от номинального значения на некоторую допустимую величину. Для КТЧ  $\Delta F = 3,1$  кГц (3,4 кГц – 0,3 кГц).

3. Номинальные входные и выходные сопротивления:  $R_{\text{ВХ}}$  и  $R_{\text{ВЫХ}}$ .

4. Относительные уровни передачи и приема в основном режиме работы:  $P_{\text{пер}} (P_{\text{ВХ}})$  и  $P_{\text{пр}} (P_{\text{ВЫХ}})$ .



Относительный уровень передачи  $-13$  дБ ( $-1,5$  Нп) и относительный уровень приема  $+4$  дБ ( $+0,5$  Нп).

$$R_{\text{ВХ}} = 600 \text{ Ом}, R_{\text{ВЫХ}} = 600 \text{ Ом}$$

**5. Динамический диапазон канала (D, дБ )** - соотношение между максимально возможным и минимально допустимым значениями мощности сигнала,  $D = 10 \lg (P_{\max}/P_{\min})$ .

Для КТЧ:  $D = 30 - 35$  дБ.

**6. Пропускная способность канала (C, бит/с) –** максимально возможная информационная скорость передачи данных, которые могут быть переданы по каналу связи за единицу времени.

**Формула Шеннона:**  $C = \Delta F \log_2 (1 + P_{\text{ср}} / P_{\text{п}})$ ,

где  $\Delta F$  – ПЭПЧ;  $P_{\text{ср}}$  – средняя мощность сигнала;

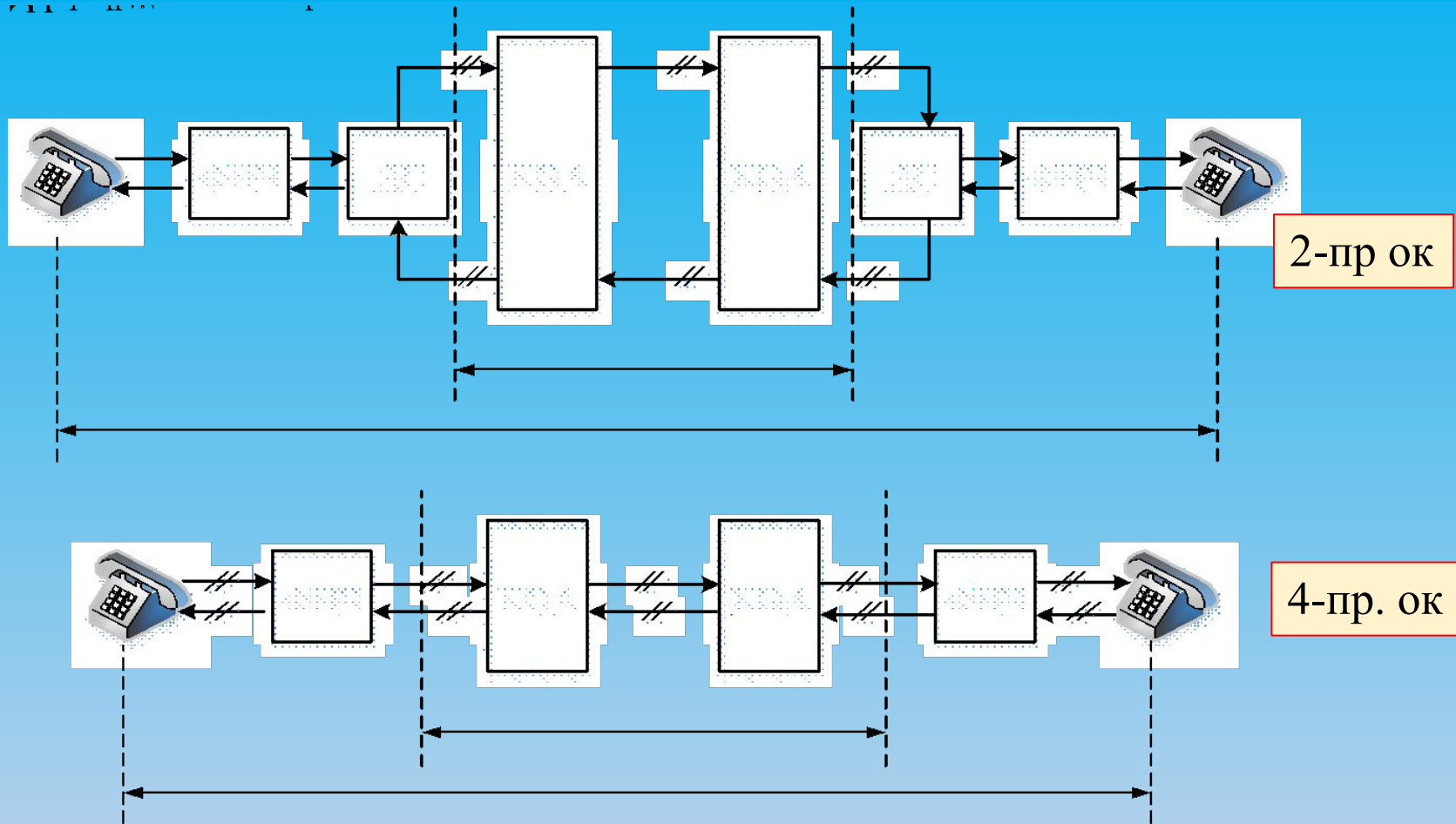
$P_{\text{п}}$  – мощность помех.

**Пример для КТЧ:**  $\Delta F = 3\,100$  Гц,

$P_{\text{ср}} = 32$  мкВт,  $P_{\text{п}} = 87\,000$  пВт,

получим  $C = 25 \cdot 10^3$  бит/с = 25

кбит/с.



2-пр. ок

4-пр. ок

**Дифференциальная система (ДС) - переход с 4-пр. канала ТЧ на 2-пр. абонентскую линию.**

**Каналообразующая аппаратура (КОА) предназначена для образования каналов ТЧ и передачи их на большие расстояния.**

/				

*Остаточное затухание с отрицательным знаком* (преобладание суммы усилений) называется остаточным усилением.

## Общие характеристики КТЧ (для режима 4-пр.ок)

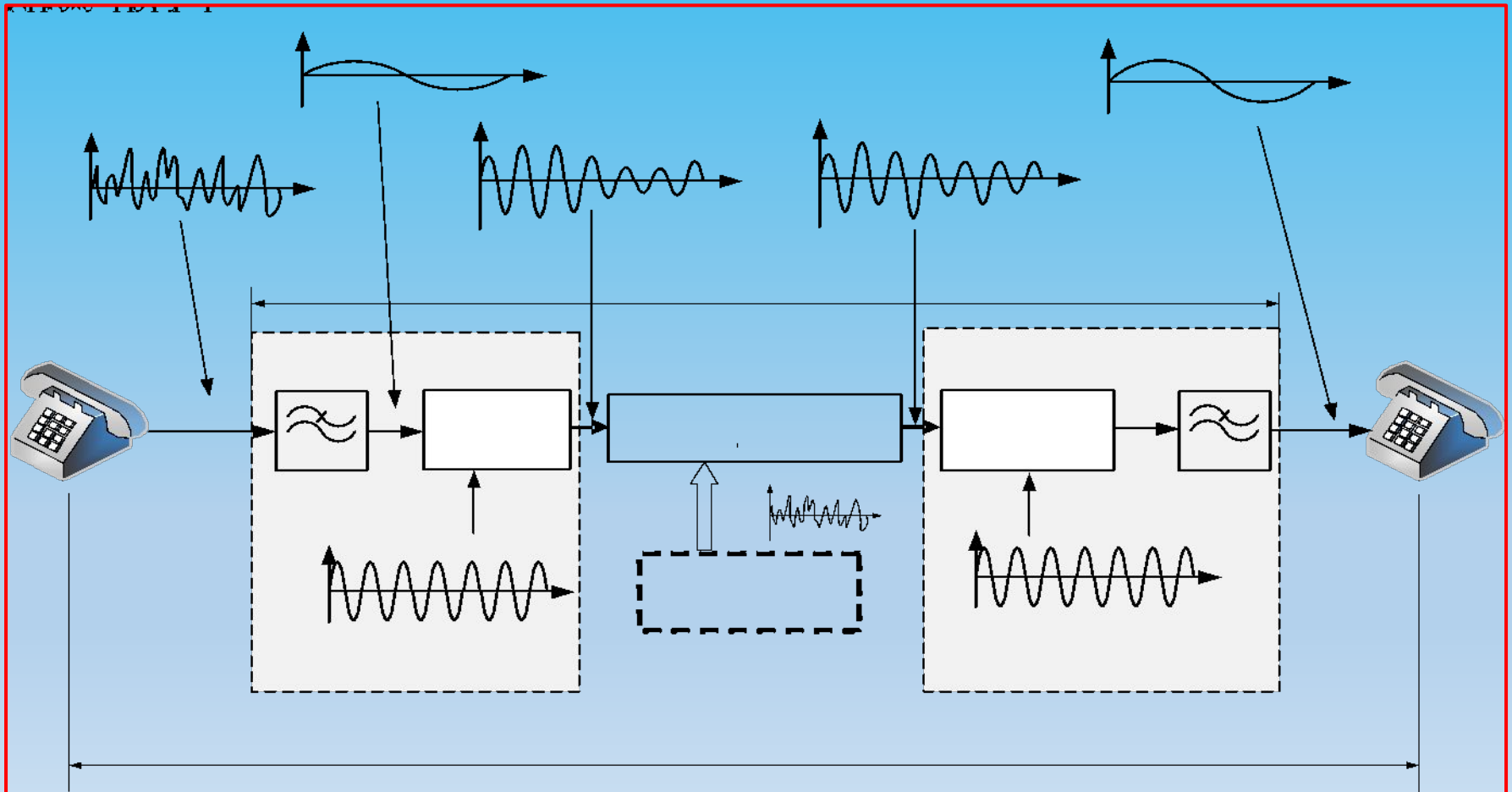
Наименование электрических характеристик	Норма
Полоса эффективно передаваемых частот, Гц	300 - 3400
Номинальные относительные уровни передачи на частоте 1020 (800) Гц (для 4-пр.ок.), дБ на передаче на приеме	-13 +4
Номинальное значение остаточного затухания канала на частоте 1020 (800) Гц (для 4-пр.ок.), дБ	-17
Номинальная величина входного и выходного сопротивлений четырехпроводного канала, Ом	600



1. Типовой канал ТЧ имеет четырехпроводное окончание, рассчитан на нагрузки 600 Ом, относительный уровень передачи  $-1,5$  Нп ( $-13$  дБ) и относительный уровень приема  $+0,5$  Нп ( $+4$  дБ). Номинальное остаточное затухание канала ТЧ составляет  $-17$  дБ.

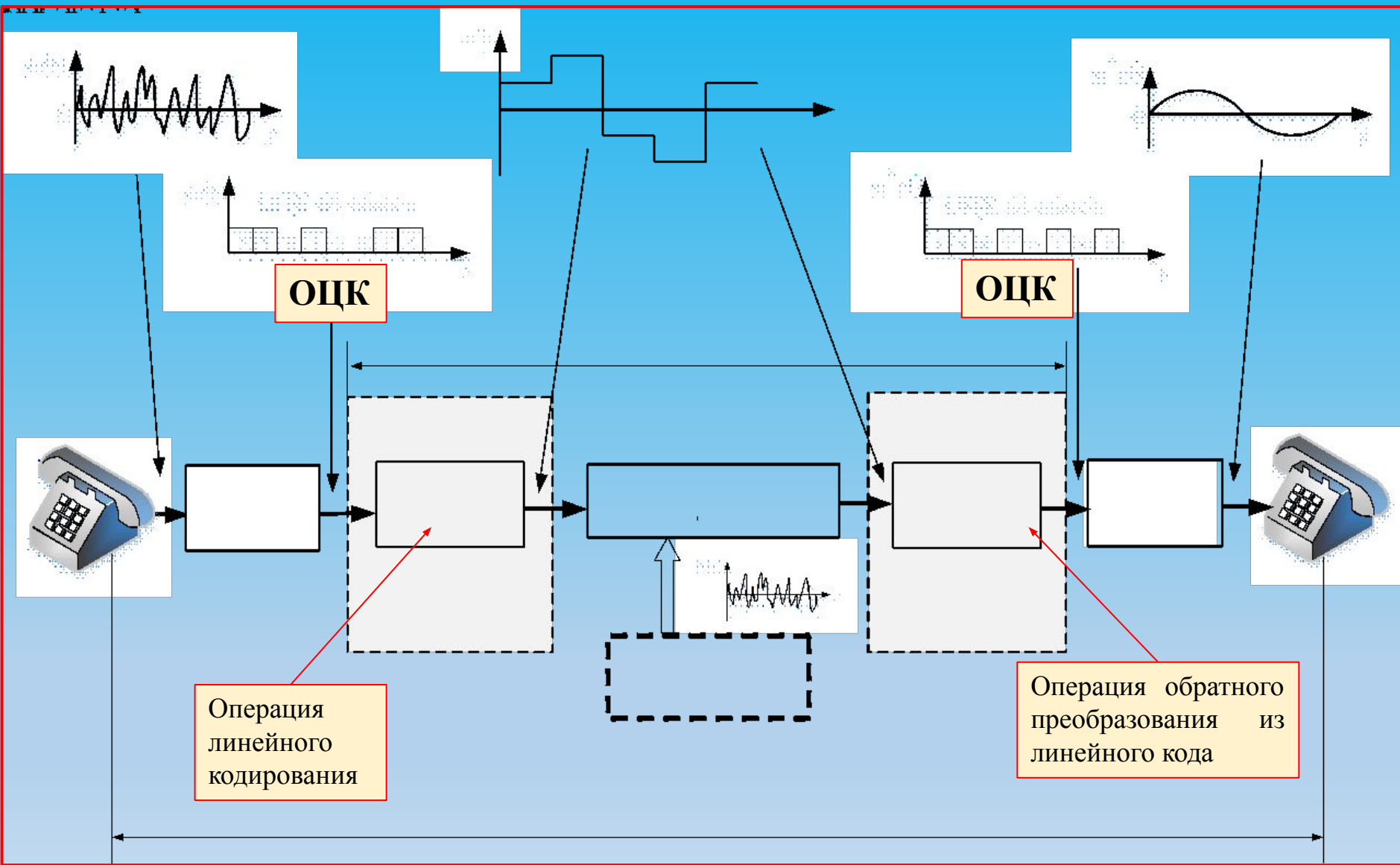
2. В настоящее время стандартизированы следующие режимы работы аналоговых каналов передачи: 4-пр.ок, 4-пр.тр, 2-пр.ок, 2-пр.тр.

1. Перечислите и дайте краткую характеристику основным параметрам аналоговых каналов передачи.
2. Дайте краткую характеристику структуре аналогового канала передачи.



## Вопрос №2

Принцип организации цифрового канала  
передачи



## 1. Скорость передачи символов цифрового сигнала электросвязи

– число символов цифрового сигнала электросвязи, передаваемых в единицу времени. Единица измерения бит/с...

## 2. Коэффициент ошибок по битам *BER* (*Bit Error Rate*), –

отношение ошибочно принятых символов цифрового сигнала

электросвязи к общему числу переданных:  $K_{\text{ош}} = \frac{N_{\text{ош}}}{N}$ ,  $N_{\text{ош}}$  –

количество ошибочных символов на интервале наблюдения,  $T_{\text{набл}}$ ;  $N$  –

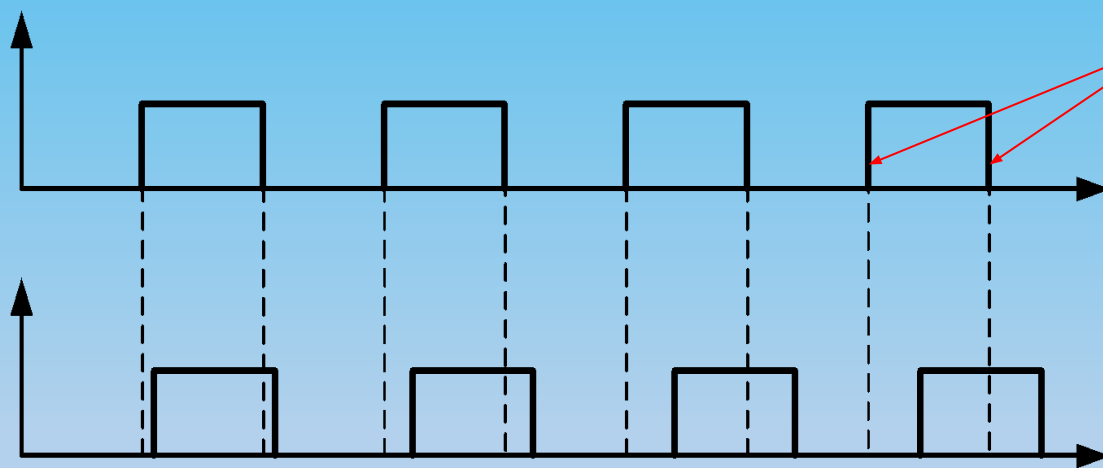
общее число символов на интервале наблюдения. Если  $T_{\text{набл}} = \infty$ , то

коэффициент ошибок  $K_{\text{ош}}$  называют **вероятностью ошибок**  $p_{\text{ош}}$ .

Для ОЦК организованного по проводным линиям связи -  $P_{\text{ош}}$  не более  $10^{-6}$

### 3. Фазовые дрожания цифрового сигнала электросвязи

отклонение значащих моментов цифрового сигнала электросвязи от их идеальных положений во времени. *Значащие моменты цифрового сигнала электросвязи* – моменты времени, в которые символы принимают истинное значение с наибольшей вероятностью.



Значащие моменты (такты точки)

Медленные фазовые флуктуации называются дрейфом фазы (Wander, **вандер**), а быстрые (более 10 раз в секунду) – фазовым дрожанием (Jitter, **джиттер**).

Допустимые значения фазовых дрожаний - **5...12 %** от длительности единичного элемента цифрового сигнала.

**4. Время прохождения сигнала в канале электросвязи.** В ЕСЭ РФ время не должно превышать **400 мс**. При телефонной связи большее время задержки приводит к нарушению эффекта общения между абонентами.

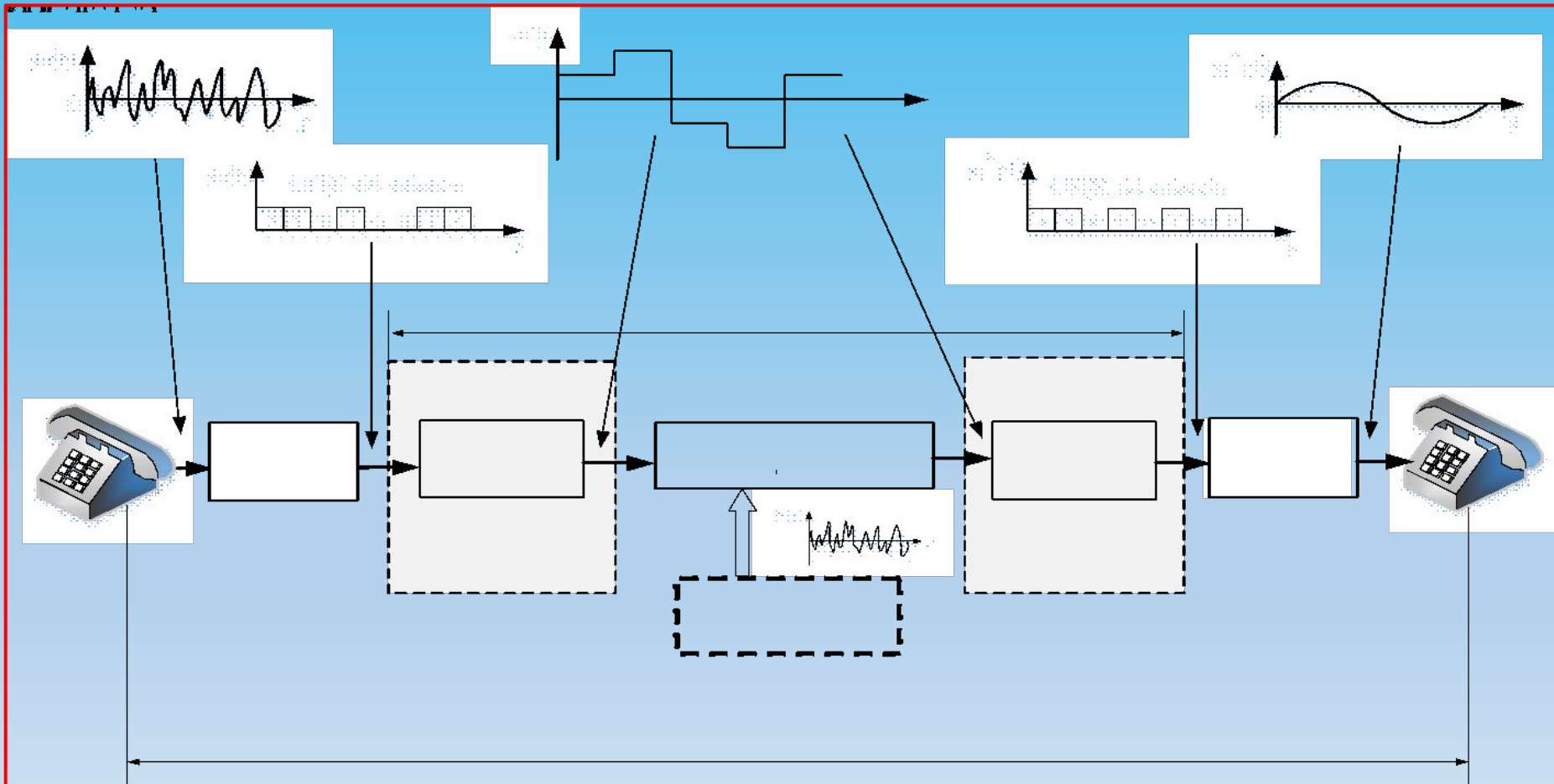
**5. Кратковременные прерывания в цифровом канале.** Кратковременное прерывание - перерыв связи длительностью не более **300 мс**, что приводит к кратковременному прекращению передачи информационных символов по каналу. При этом на выходе цифрового канала будет иметь место *пакет ошибок*.

## Выводы по вопросу:

1. Скорость передачи символов цифрового сигнала электросвязи – число символов цифрового сигнала электросвязи, передаваемых в единицу времени.
2. Коэффициент ошибок – отношение ошибочно принятых символов цифрового сигнала электросвязи к общему числу переданных.



1. Перечислите и дайте краткую характеристику основным параметрам цифровых каналов передачи.
2. Дайте краткую характеристику структуре цифрового канала передачи.



1. Изучить материал урока по конспекту.
2. Изучить и дополнить конспект материалами из рекомендованной литературы.
3. Подготовиться к устному опросу по следующим вопросам:
  - перечислите и дайте краткую характеристику основным параметрам аналоговых каналов передачи;
  - дайте краткую характеристику структуре аналогового канала передачи;
  - перечислите и дайте краткую характеристику основным параметрам цифровых каналов передачи;
  - дайте краткую характеристику структуре цифрового канала передачи.

## Литература:

1. Суханов В.В., Тычинская М.М. Теория электросвязи: учебно-методическое пособие / – Воронеж: ВИПС (филиал) Академии ФСО России, 2018 – 109 с, (стр. 55-60).



**ВОРОНЕЖСКИЙ ИНСТИТУТ ПРАВИТЕЛЬСТВЕННОЙ СВЯЗИ  
(ФИЛИАЛ) АКАДЕМИИ ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ОХРАНЫ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**



**КАФЕДРА №7  
(ОБЩЕПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

**Урок**

**Тема № 4. Каналы передачи и линии связи**

**Занятие № 4.1 Каналы передачи и их  
характеристика**

**Преподаватель кафедры № 7 Сиренький И.В.**