



**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



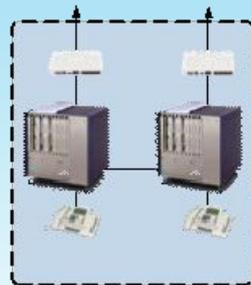
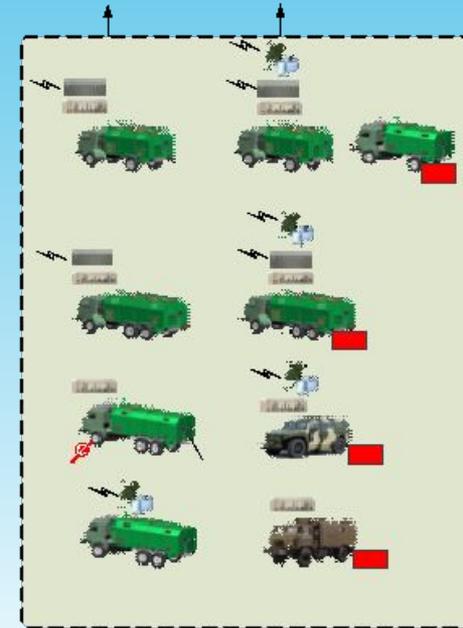
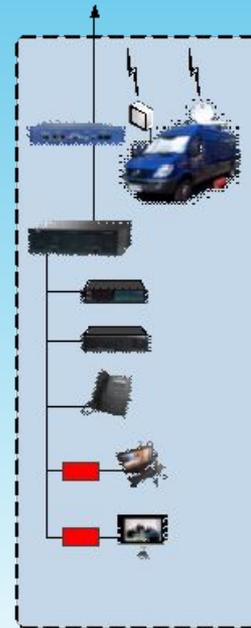
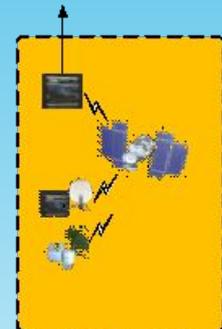
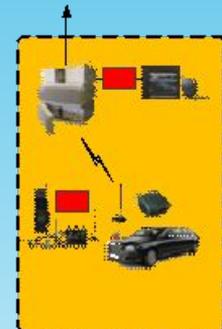
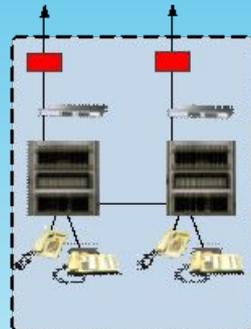
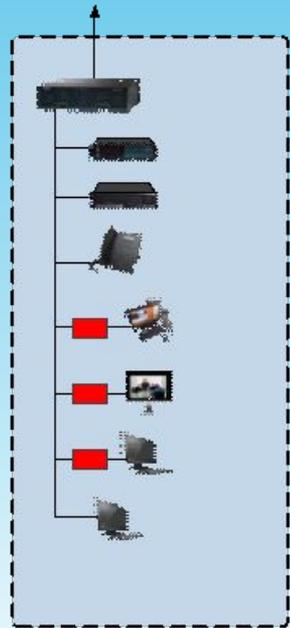
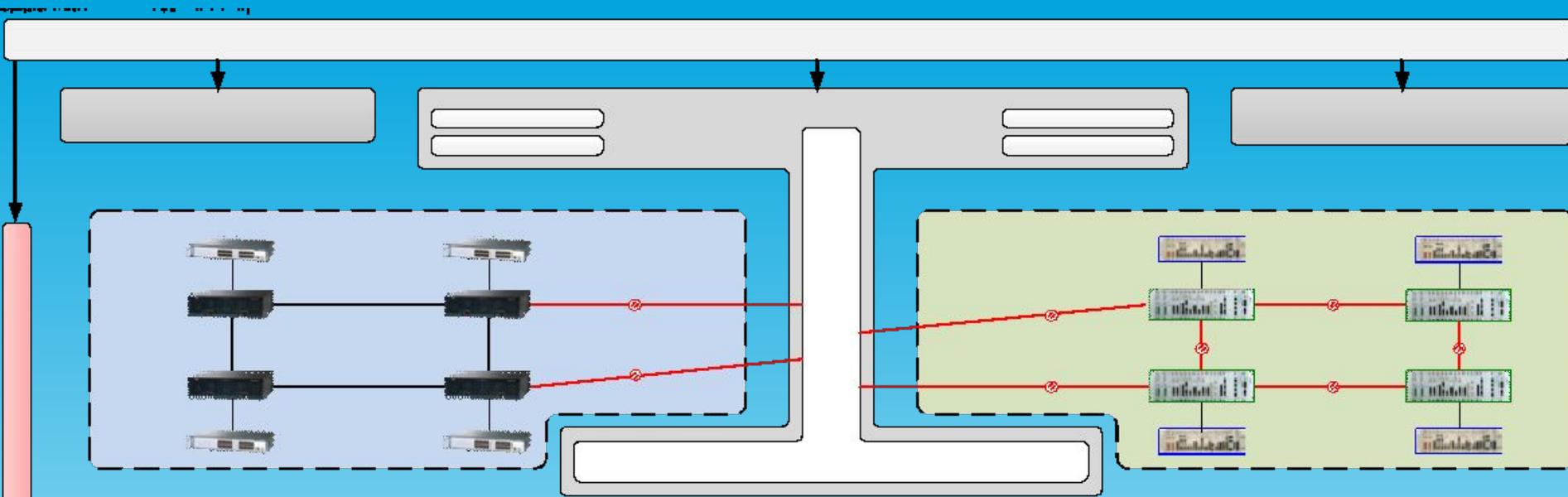
- графически вычертить структуру аналогового канала передачи и пояснить назначение его элементов;
- графически вычертить структуру цифрового канала передачи и пояснить назначение его элементов.

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

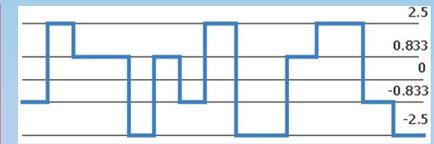
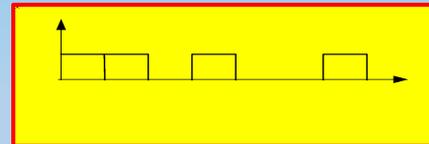
Канал передачи - комплекс технических средств и среды распространения, обеспечивающего передачу сигнала электросвязи в определенной полосе частот или с определенной скоростью.

По методам передачи сигналов электросвязи различают

Аналоговые каналы передачи

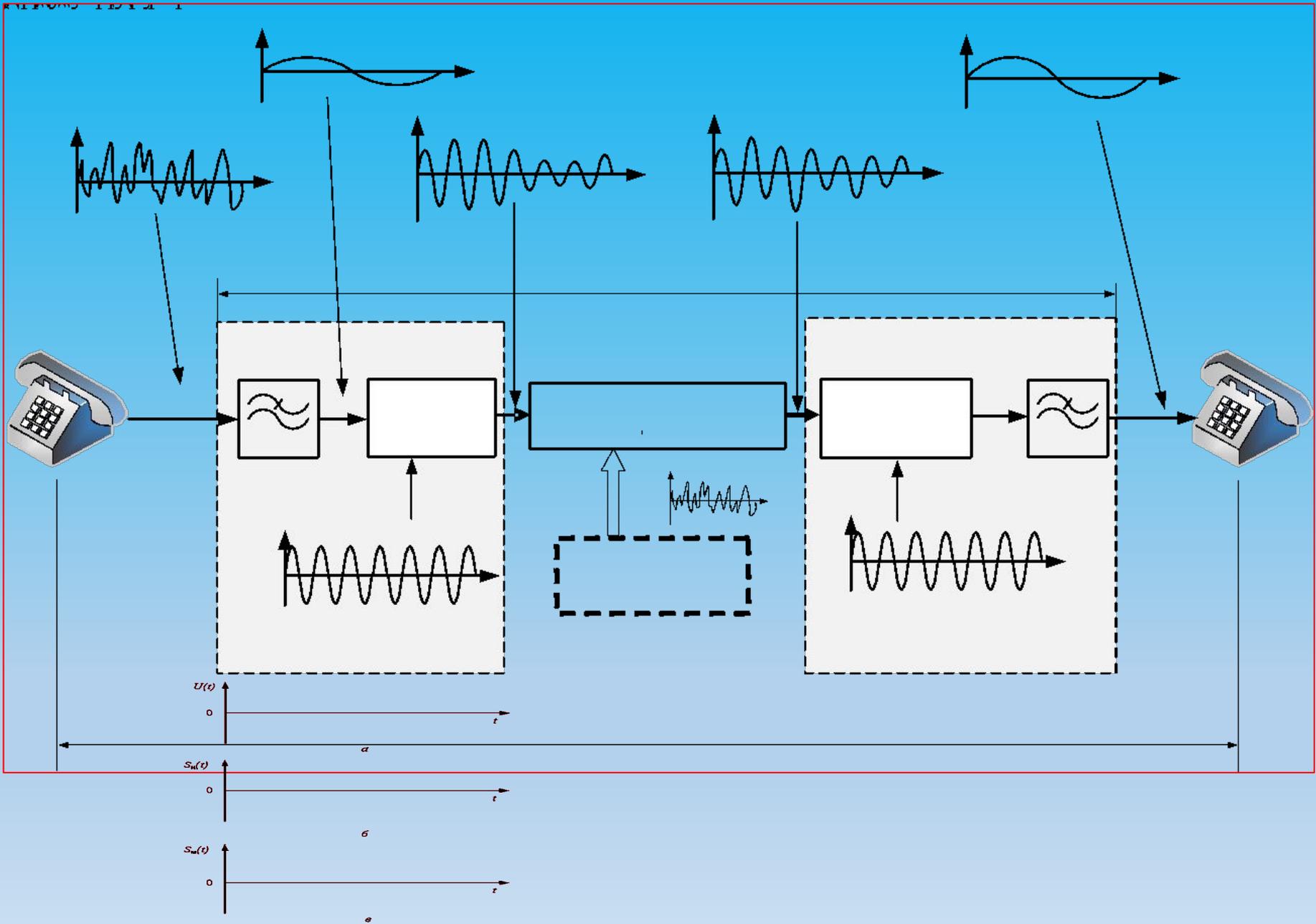


Цифровые каналы передачи



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

Структура аналогового канала передачи



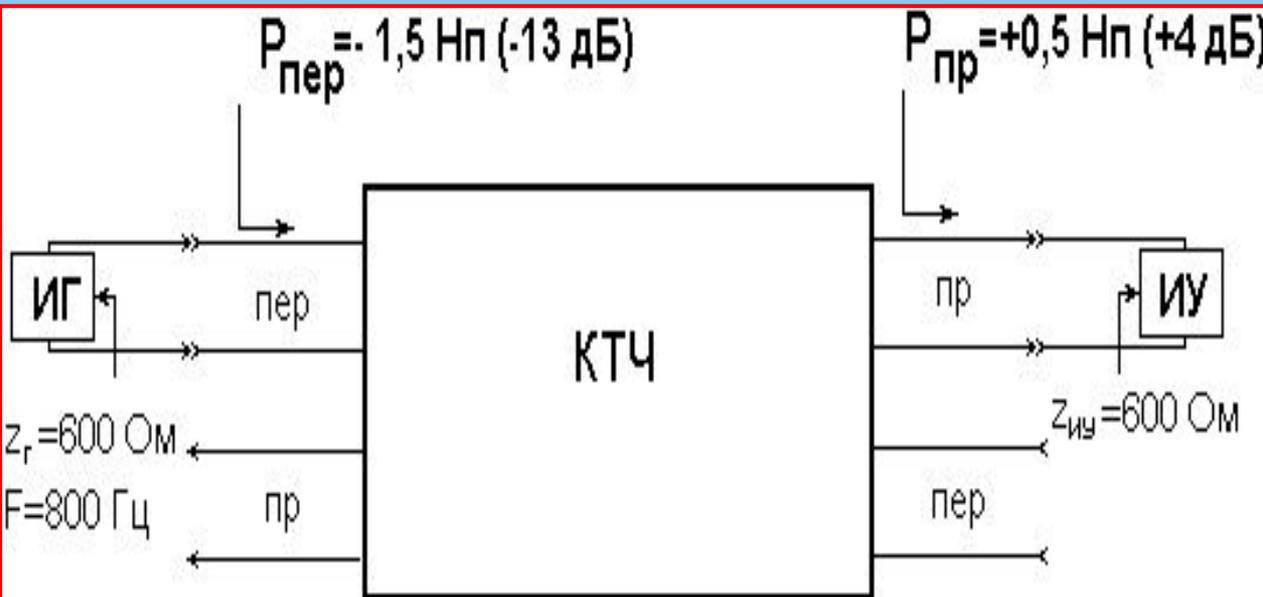
1. Остаточное затухание канала передачи a_r - рабочее

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:**

$$a_r = P_{вх} - P_{вых}, \text{ (дБ)}$$

$$a_r = -17 \text{ дБ} \quad 1 \text{ Нп} = 8,686 \text{ дБ}, \quad 1 \text{ дБ} = 0,115 \text{ Нп}$$

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



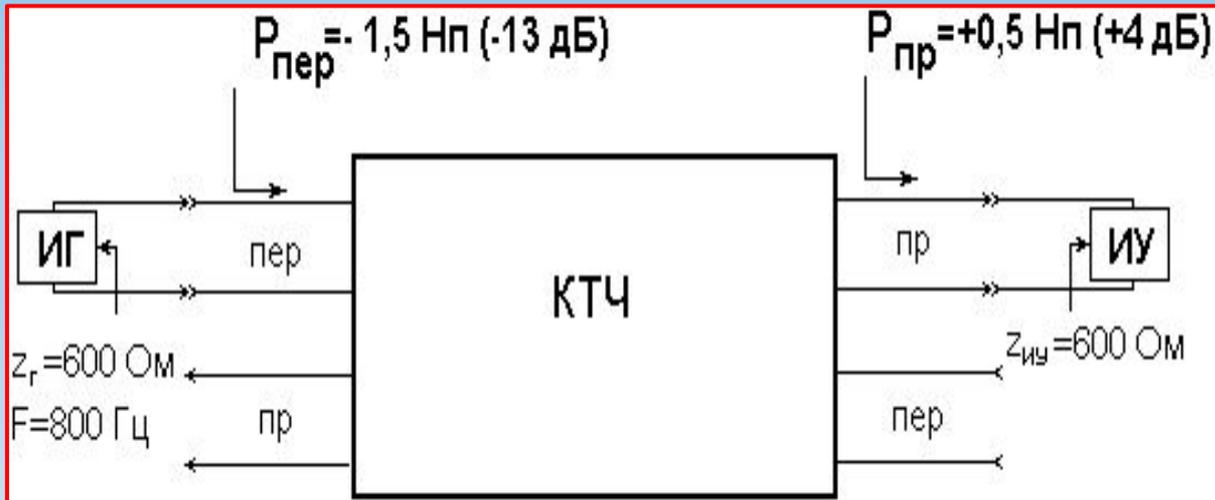
Остаточное затухание канала - разность между суммой затуханий и суммой усилений, вносимых всеми его элементами.

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 ΔF – ПЭПЧ; $P_{\text{ср}}$ – средняя мощность сигнала;

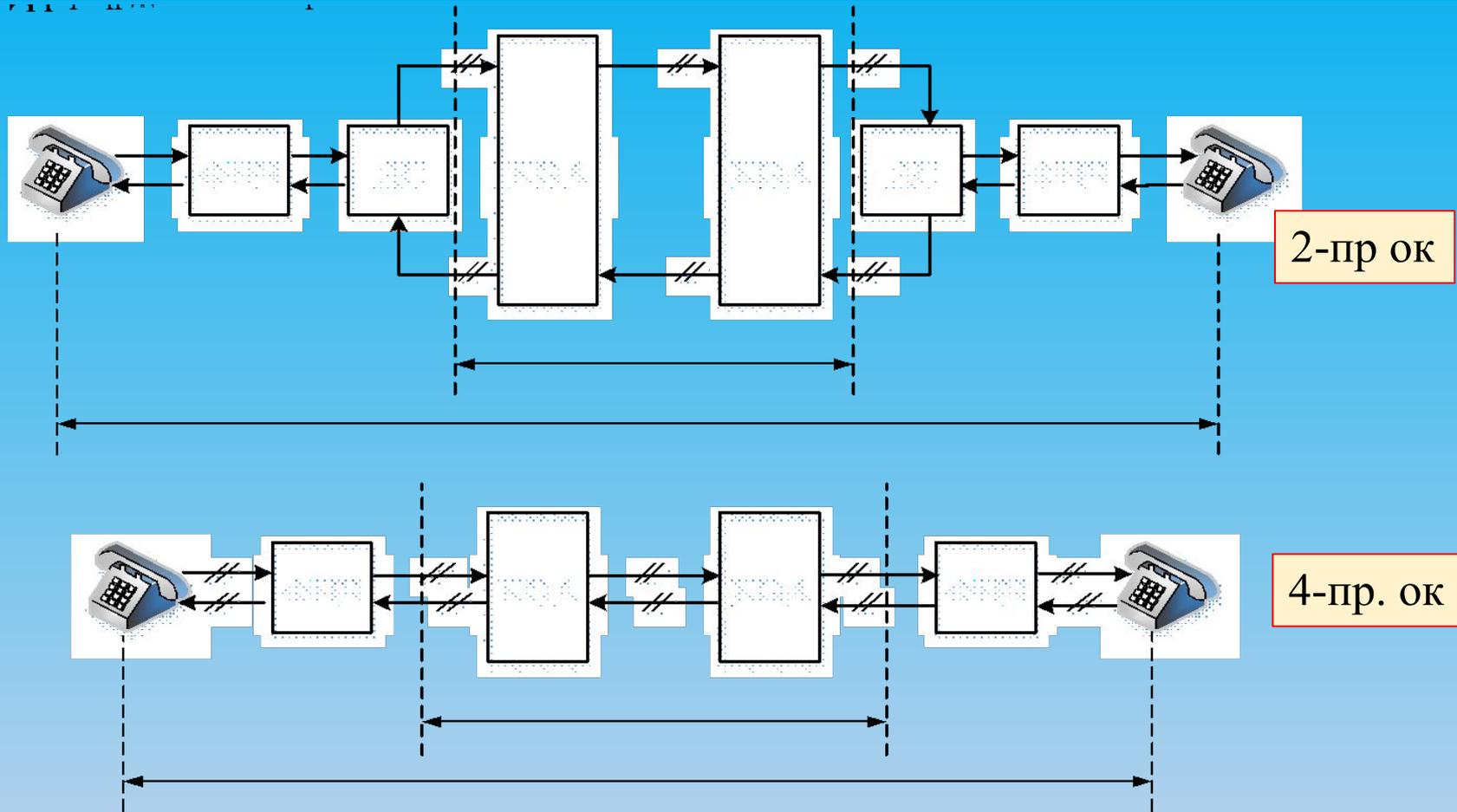
$P_{\text{п}}$ – мощность помех.

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.

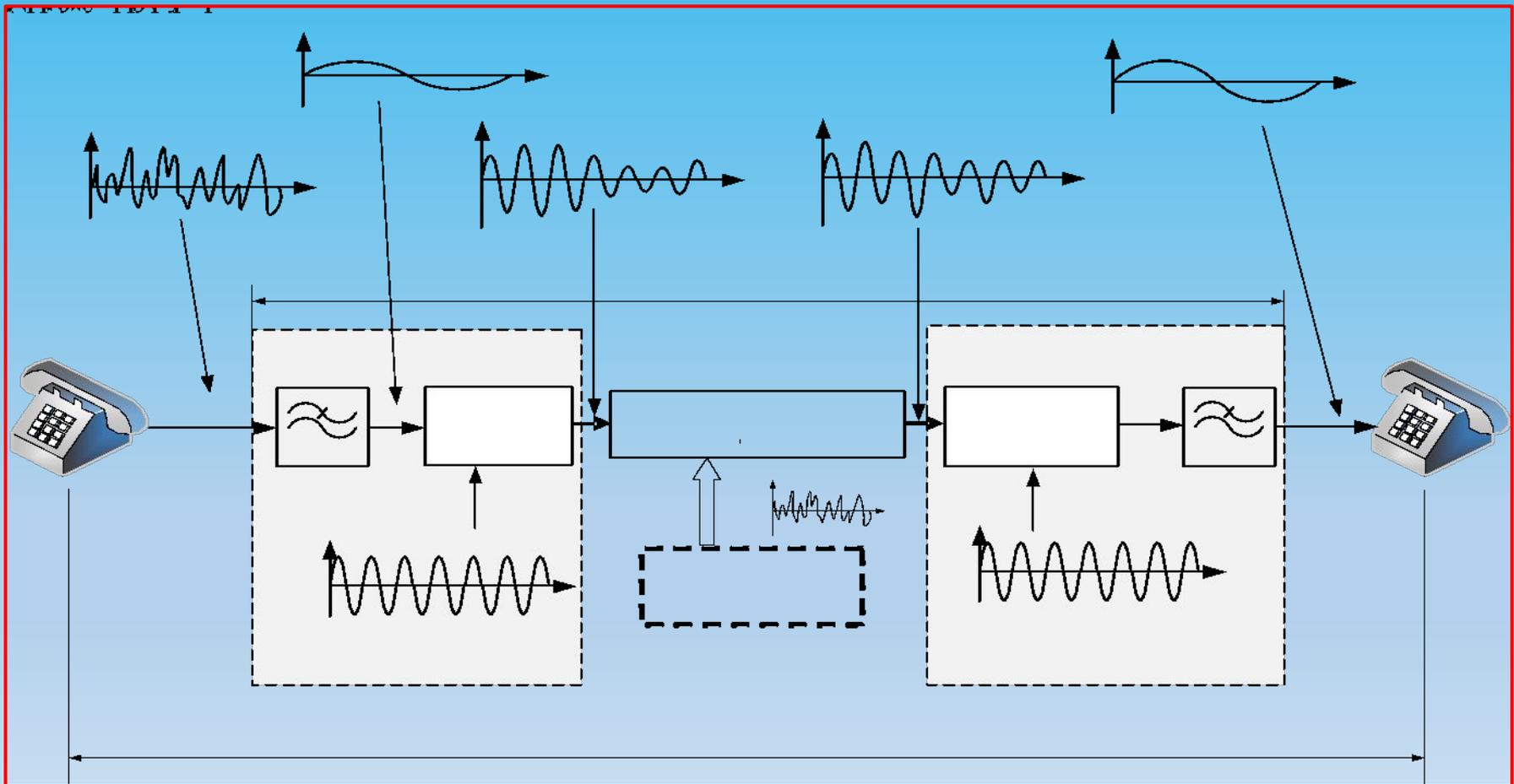
Общие характеристики КТЧ (для режима 4-пр.ок)

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.

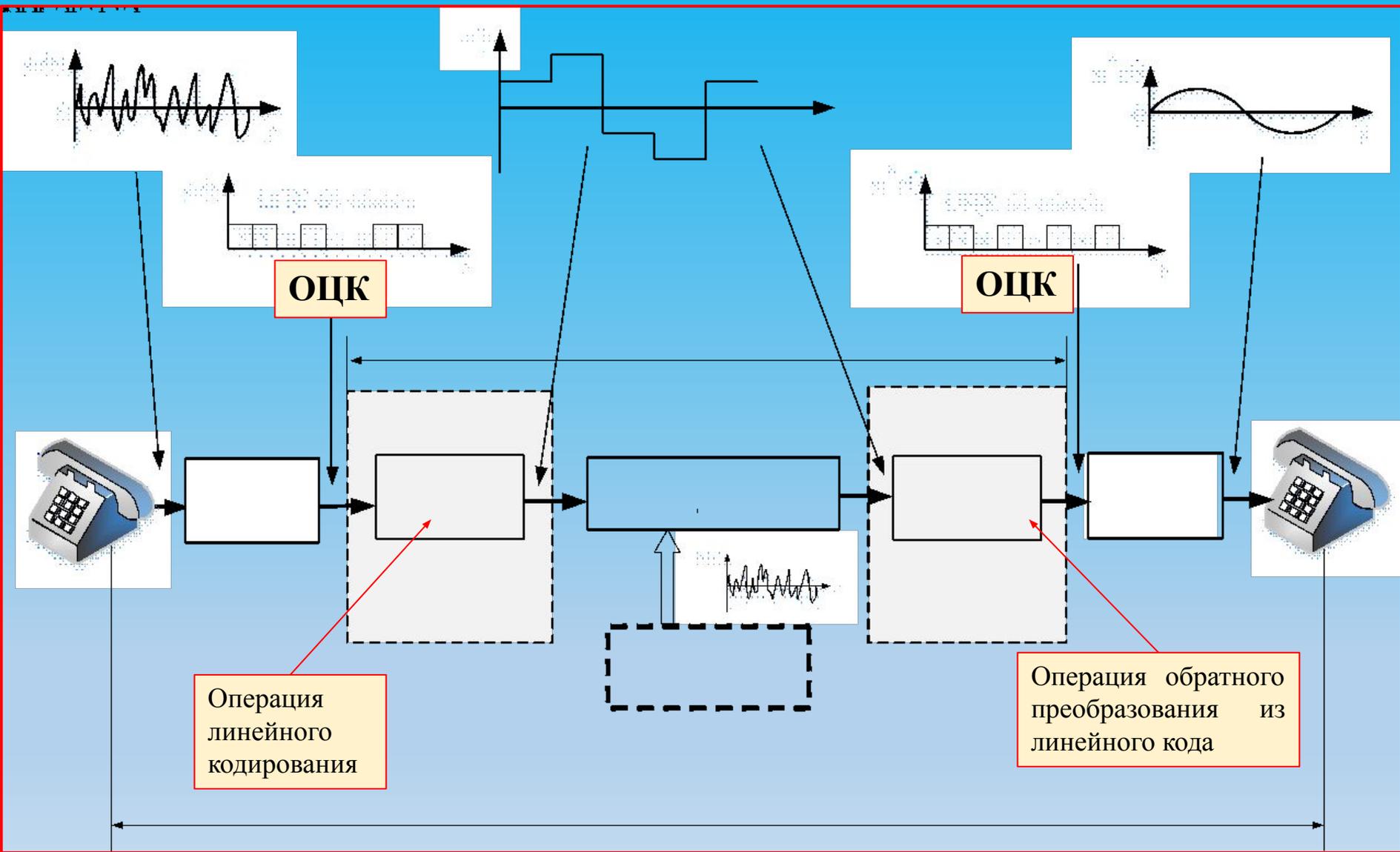
2. В настоящее время стандартизированы следующие режимы работы аналоговых каналов передачи: 4-пр.ок, 4-пр.тр, 2-пр.ок, 2-пр.тр.

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 –

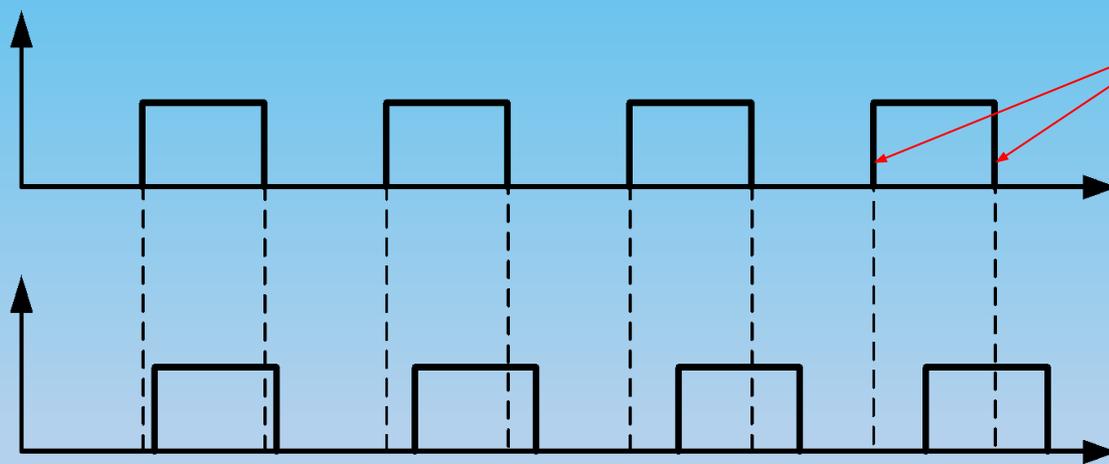
общее число символов на интервале наблюдения. Если $T_{\text{набл}} = \infty$, то

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.

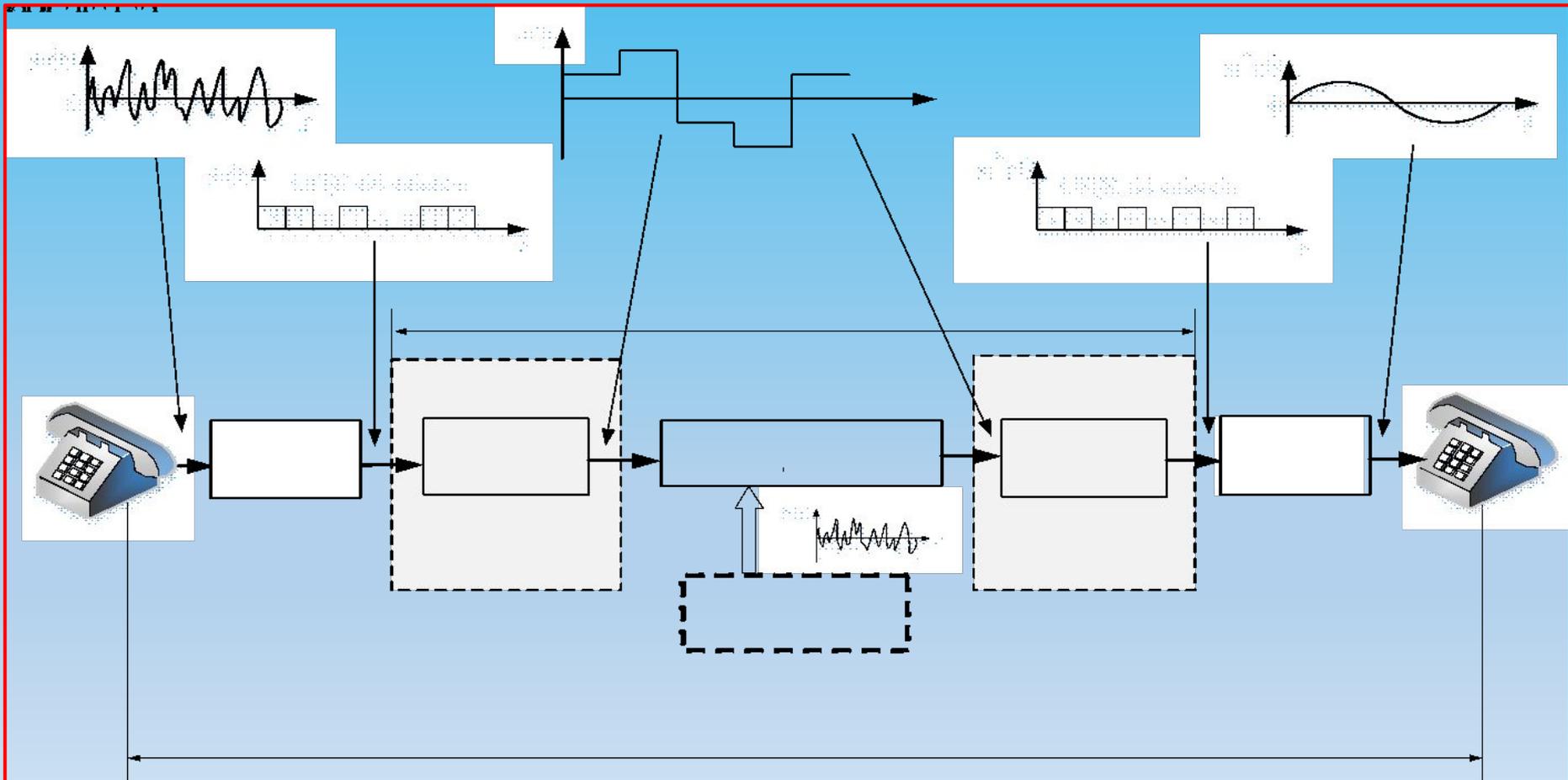
4. Время прохождения сигнала в канале электросвязи. В ЕСЭ РФ время не должно превышать **400 мс**. При телефонной связи большее время задержки приводит к нарушению эффекта общения между абонентами.

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.