

# Тема 1

## СИСТЕМЫ СВЯЗИ

### Занятие ½

## Сигналы электросвязи

## Учебные вопросы

1. Сигнал и его параметры.
2. Первичные сигналы электросвязи.
3. Модуляция и кодирование первичных сигналов.

# Литература

1. Крухмалев В. И. и др. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей. Учебник. Горячая линия-Телеком, М.: 2008. 2000у.
2. Папков С.В. и др. Термины и определения связи в МЧС России. – Новогорск: АГЗ. 2011. 2871к
3. Моторкин В.А. и др. Курс лекций по дисциплине (специальность – защита в ЧС) «Системы связи и оповещения» (учебное пособие) – Химки: АГЗ МЧС России - 2011.
- Тепляков И.М. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей – М., 2004, 1232у. Гл. 2.
- Гаранин М.В. и др. Системы и сети передачи информации: Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2001. 1231у. Гл. 1, 2.

# 1-й учебный вопрос

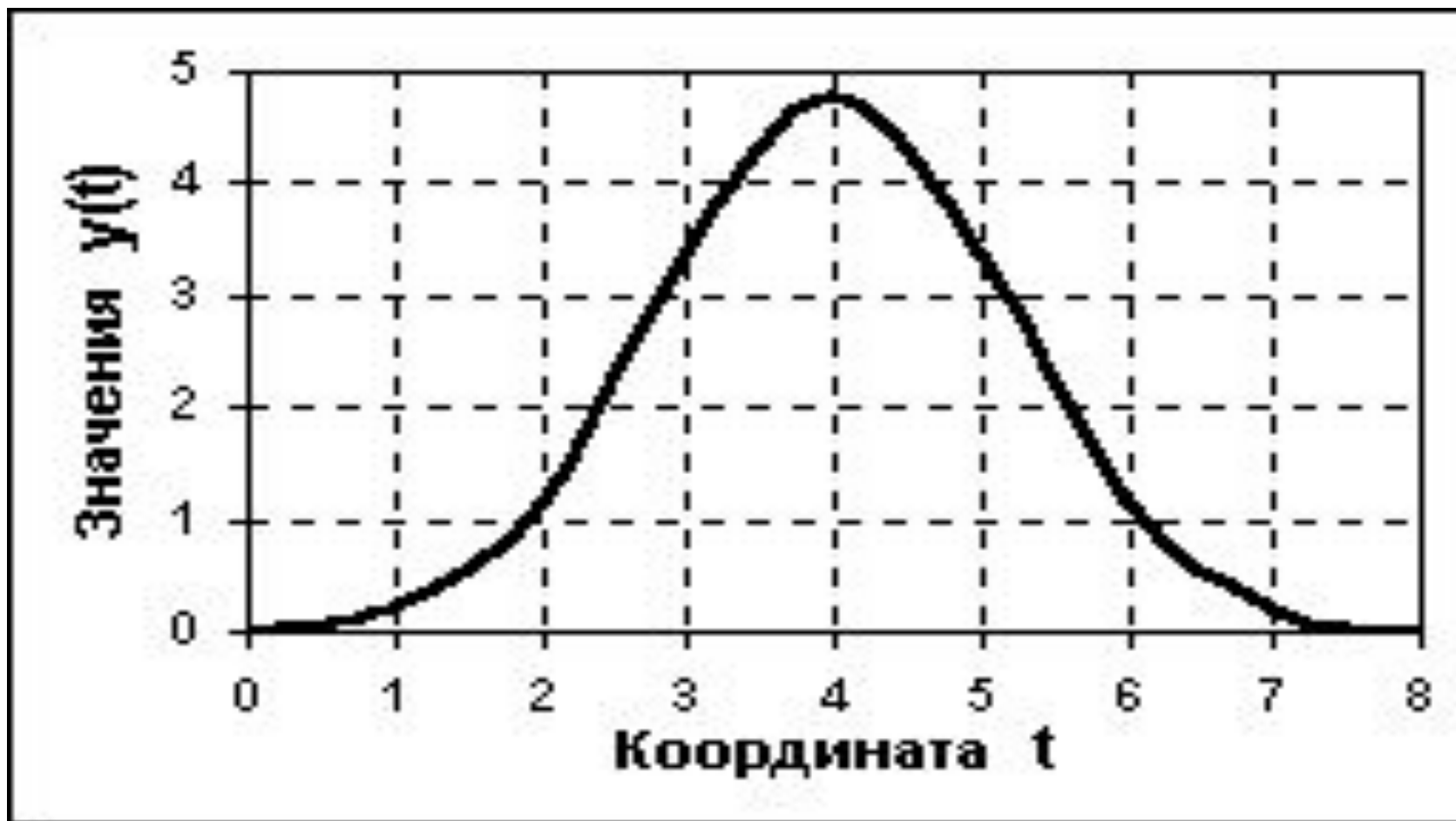
## Сигнал и его параметры

**Под ИНФОРМАЦИЕЙ понимают совокупность сведений о каких-либо событиях, явлениях или предметах.**

**Совокупность знаков, содержащих ту или иную информацию, называют СООБЩЕНИЕМ.**

**Физический процесс, отображающий (несущий) сообщение, называется СИГНАЛОМ.**

Если сигнал может принимать любые значения из некоторого интервала, то его называют **непрерывным по значениям (аналоговым)**.



**Дискретный сигнал** (discrete signal) по своим значениям также является непрерывной функцией, но определенной только по дискретным значениям аргумента.



**Цифровой сигнал** (digital signal) квантован по своим значениям и дискретен по аргументу. Он описывается квантованной решетчатой функцией  $y_n = Q_k[y(n\Delta t)]$ , где  $Q_k$  - функция квантования с числом уровней квантования  $k$



# Дискретно-аналоговый сигнал





# Сигнал с помехами



**Длительность сигнала** определяет интервал времени, в пределах которого сигнал существует.

### **Энергетические параметры сигнала:**

**Мгновенная мощность**      **Средняя мощность**

$$W(t) = \frac{U^2(t)}{R}$$

$$W_{cp} = \frac{1}{\Delta t} \int_0^{\Delta t} W(t) dt$$

**Уровень сигнала  
(по мощности)**

$$P_m = 10 \lg \frac{W}{W_0}$$

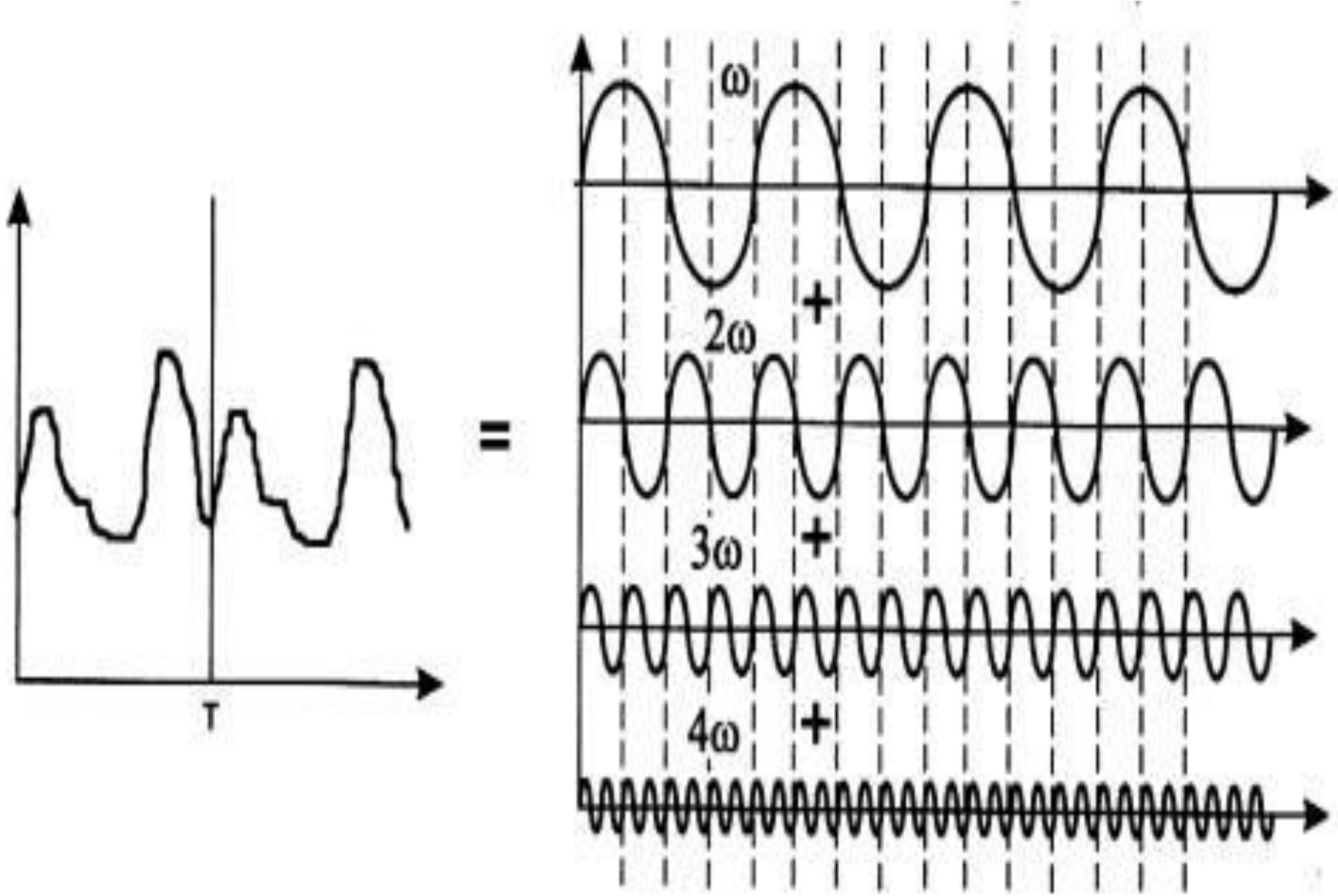
Отношение максимальных энергетических показателей к минимальным называется **динамическим диапазоном**

$$D = 10 \lg \frac{W_{\max}}{W_{\min}}$$

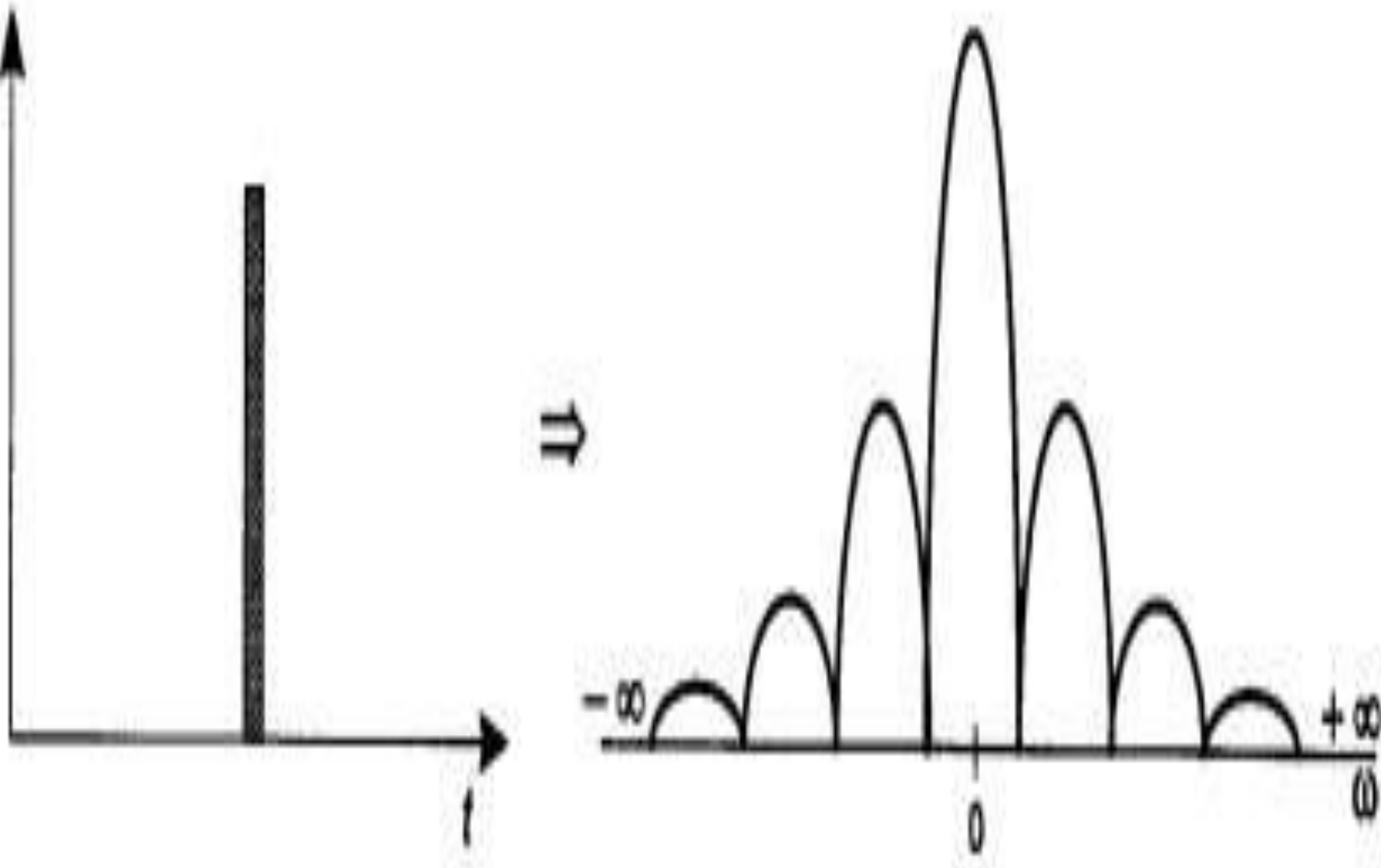
Сигнал целесообразно характеризовать отношением мощности сигнала к мощности помех, выражаемым в децибелах. Эту величину называют **превышением сигнала над помехой** или просто **превышением**.

$$H_c = 10 \lg \frac{W_{cp}}{W_n}$$

# Представление неперiodического сигнала суммой синусоид



## Спектральное разложение идеального импульса



**Ширина (частотного) спектра** дает представление о скорости изменения сигнала внутри интервала его существования.

Ширина спектра определяет диапазон частот, в пределах которого сосредоточена основная (не менее 90%) энергия сигнала.

Этот диапазон называют **эффективно передаваемой полосой частот** (ЭППЧ) и его устанавливают экспериментально, исходя из требований качества передачи для конкретного вида сигнала.

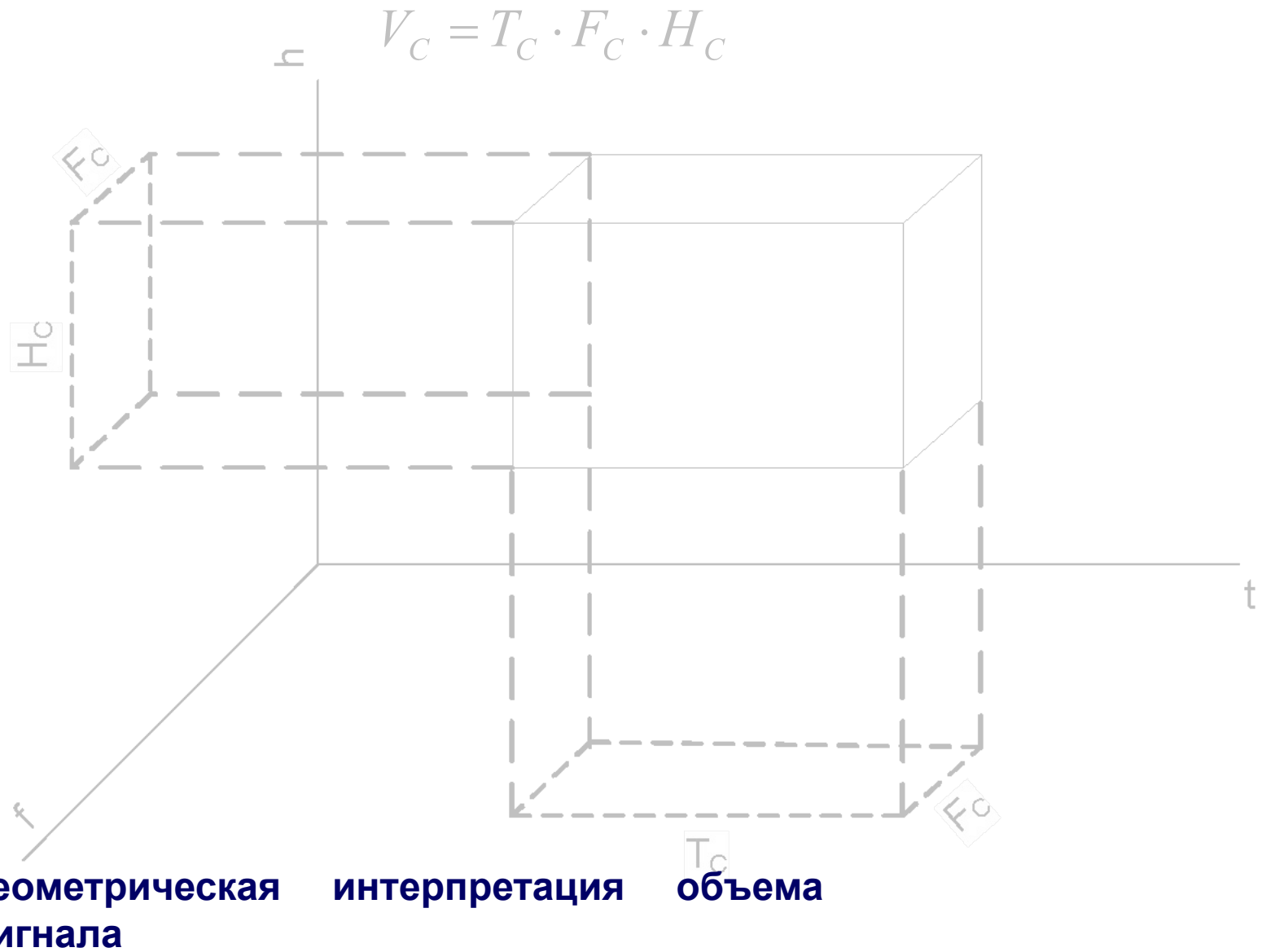
Сигнал называется **узкополосным**, если отношение граничных частот ЭППЧ первичного сигнала

$$\frac{F_{\max}}{F_{\min}} \leq 2$$

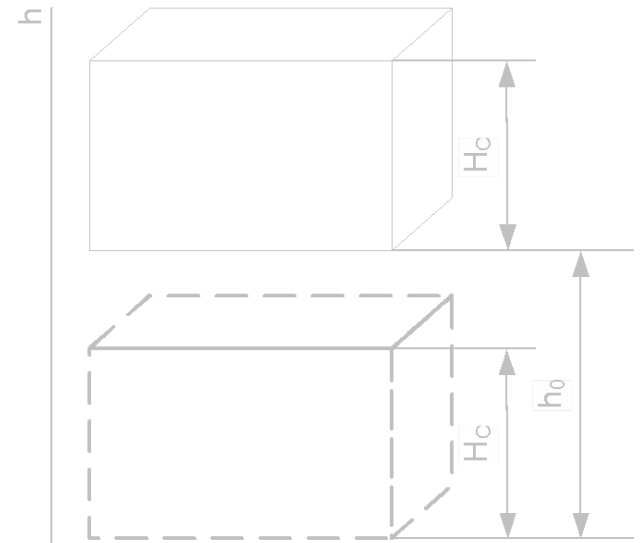
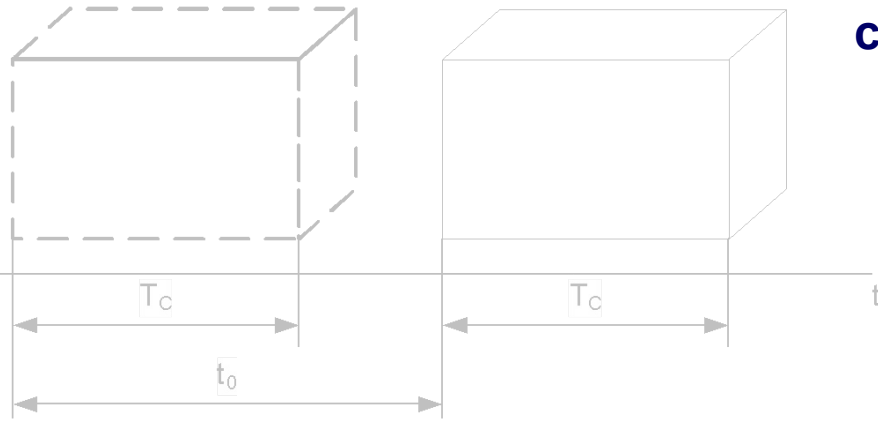
Сигнал называется **широкополосным**, если отношение граничных частот ЭППЧ первичного сигнала

$$\frac{F_{\max}}{F_{\min}} \gg 2$$

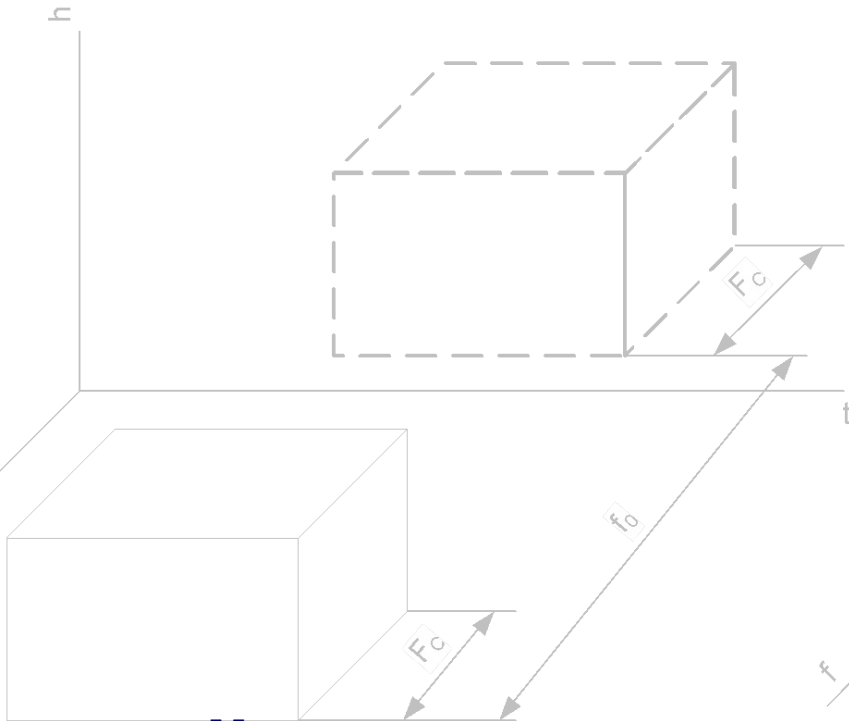
# Обобщенная характеристика сигнала это его объем:



## Задержка сигнала



## Усиление сигнала



## Модуляция сигнала

\*

**Потенциальный информационный объем или количество информации, переносимое им в единицу времени:**

$$I = 3.32\eta\Delta F \lg\left(1 + \frac{W_{cp}}{W_n}\right), \text{ бит/с}$$

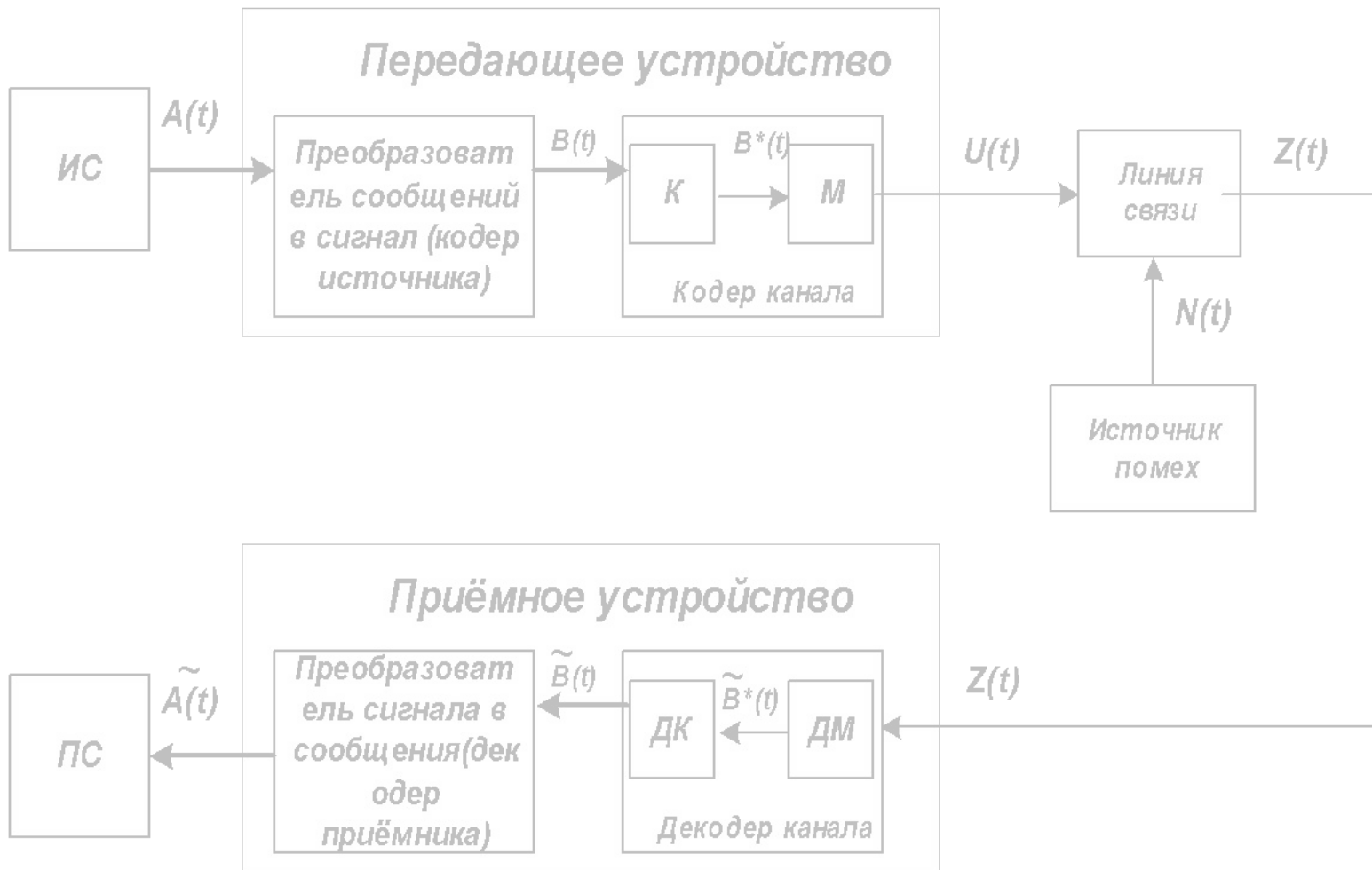
**$\eta$  - коэффициент активности источника сигнала – отношение времени, в течение которого мощность сигнала превышает заданное пороговое значение, к общему времени;**

**$W_n$  – средняя допустимая мощность помехи**



## 2-й учебный вопрос

# Первичные сигналы электросвязи



## Обобщенная структурная схема системы электросвязи

С помощью **преобразователя** в передающем устройстве сообщение превращается в электрический сигнал или код (чаще всего низкочастотный) с учетом физических и статистических особенностей источника.

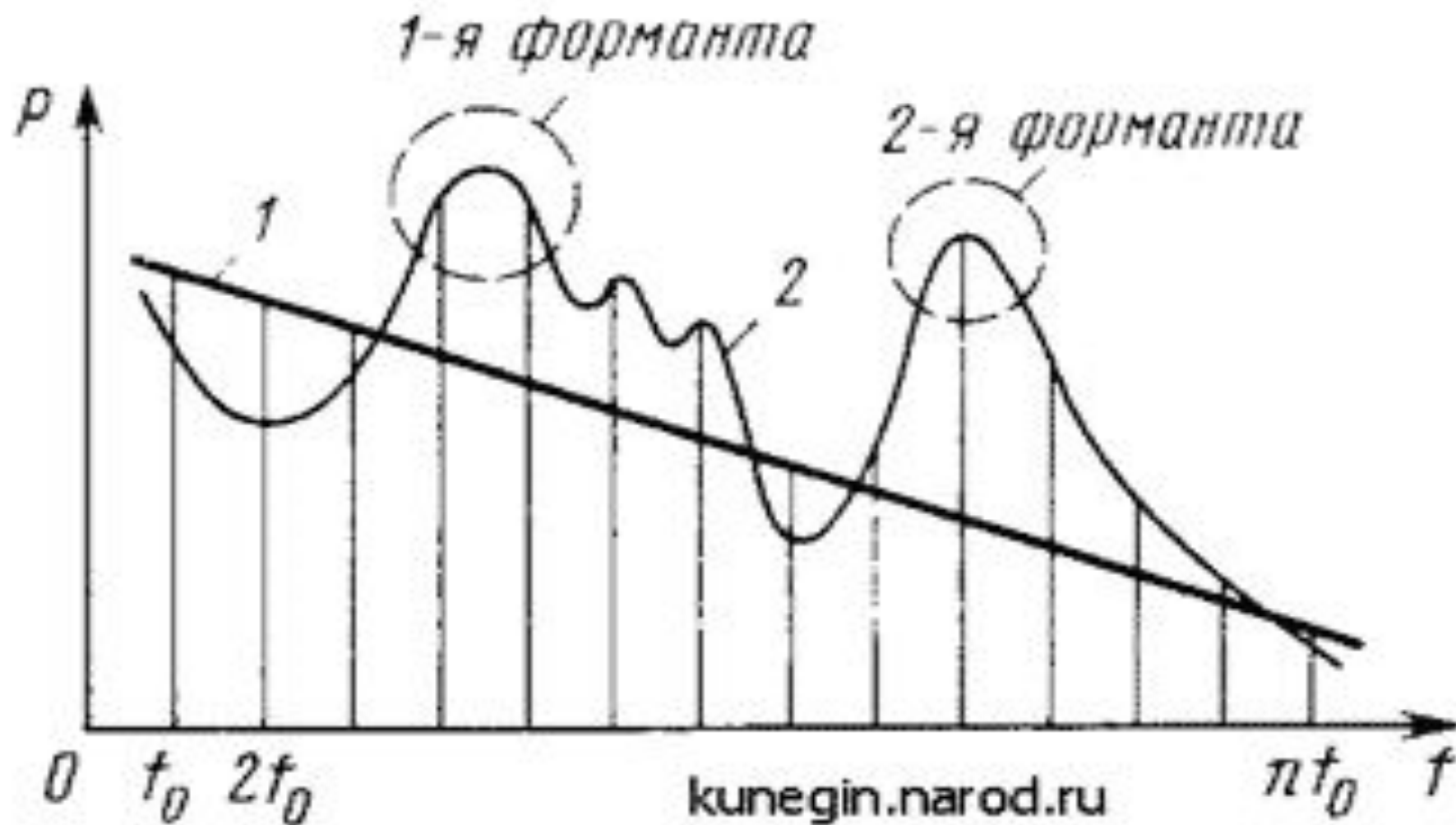


**Электрический сигнал, получаемый на выходе преобразователя сообщения, называется первичным сигналом электросвязи.**

Основными первичными сигналами электросвязи по виду передаваемых сообщений являются:

- телефонный (речевой),
- звукового вещания,
- факсимильный,
- телевизионный,
- телеграфный,
- передачи данных.

# Частотный спектр речевого сигнала



## Частотный спектр речевого сигнала



## 3-й учебный вопрос

# Модуляция и кодирование первичных сигналов

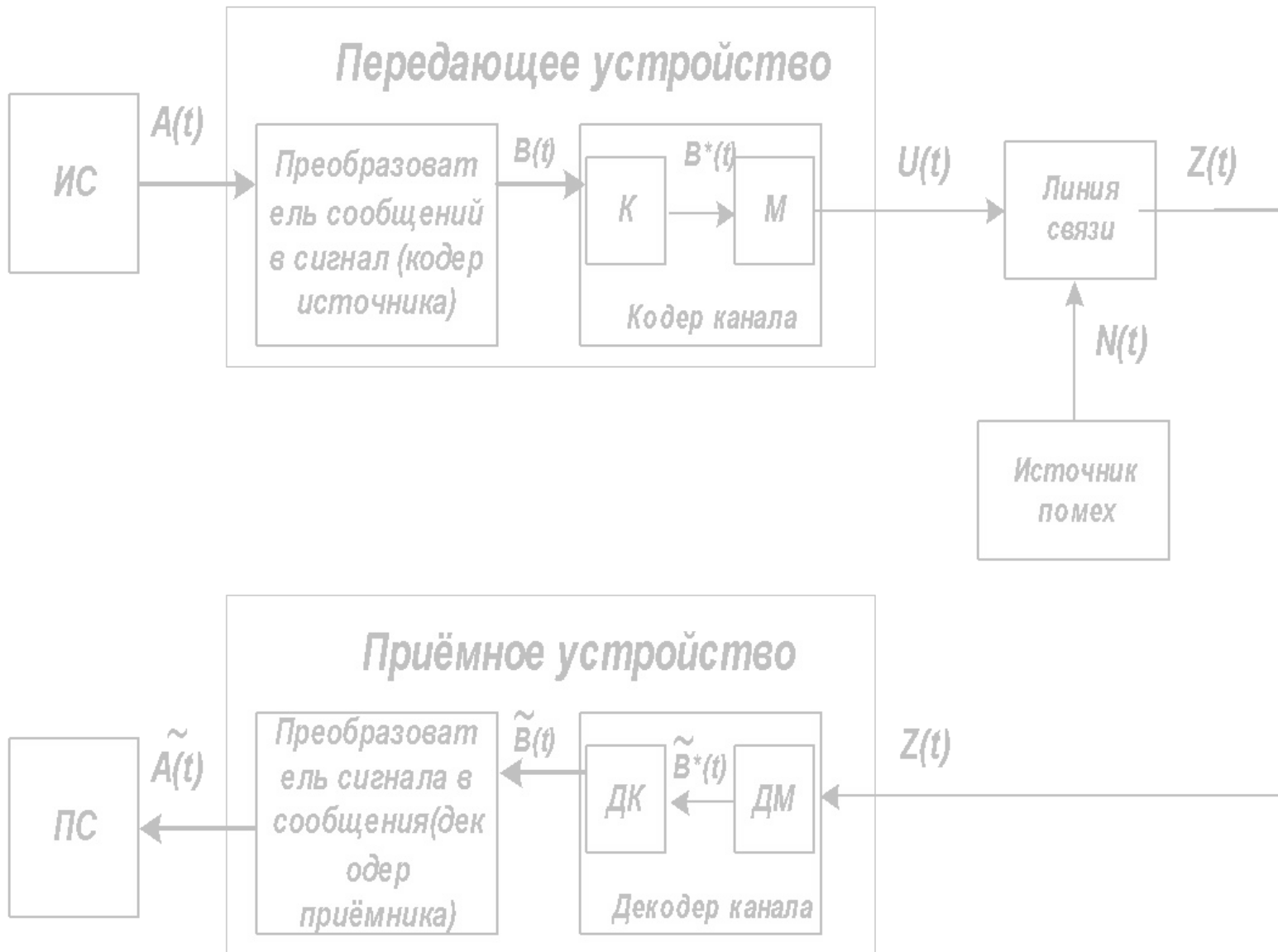
Под *модуляцией* понимается воздействие на какой-либо параметр переносчика информационным сигналом (кодом), в результате чего в изменениях этого параметра оказывается присутствующим передаваемый сигнал.

В электросвязи переносчиком является электрический переменный ток или периодическая последовательность коротких импульсов.

**Если** под воздействием передаваемого сигнала информационный параметр сигнала-переносчика изменяется непрерывно, то все возможные виды модуляции являются **непрерывными** (аналоговыми).

**Если** при модуляции информационный параметр переносчика принимает счетное число значений, то модуляцию называют **дискретной**.

**Если** эти счетные значения пронумеровывают и в виде цифр передают по линии связи, то говорят о **цифровой модуляции**.



### Обобщенная структурная схема системы электросвязи

$$U(t) = M[X(t), B(t)]$$

$$\tilde{B}(t) = D[U(t)] = M^{-1}[U(t)]$$

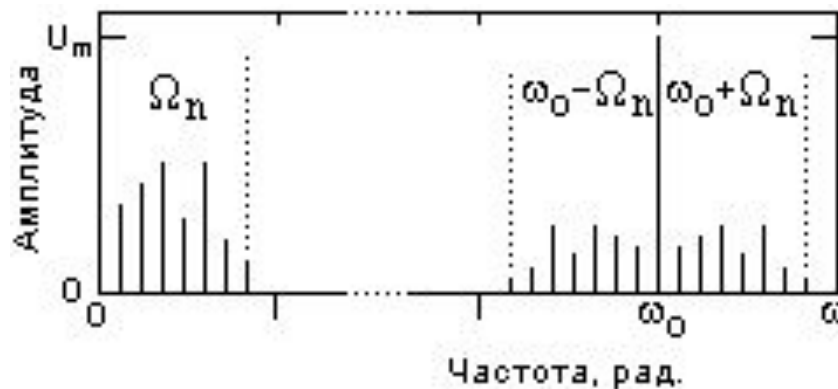
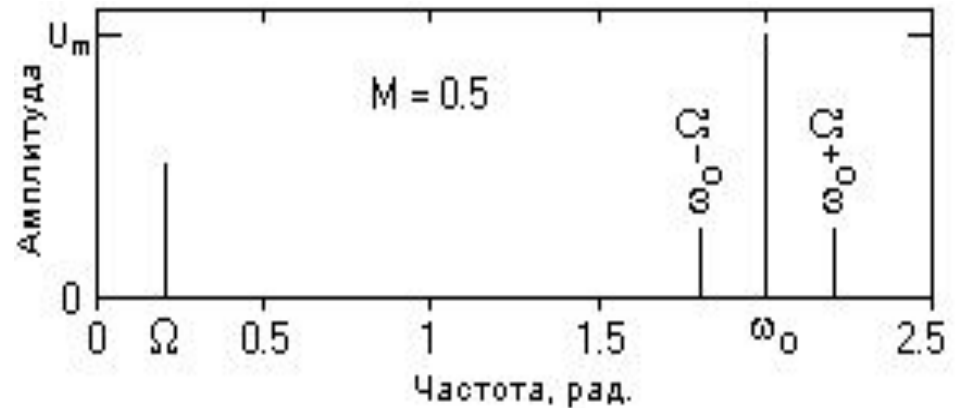
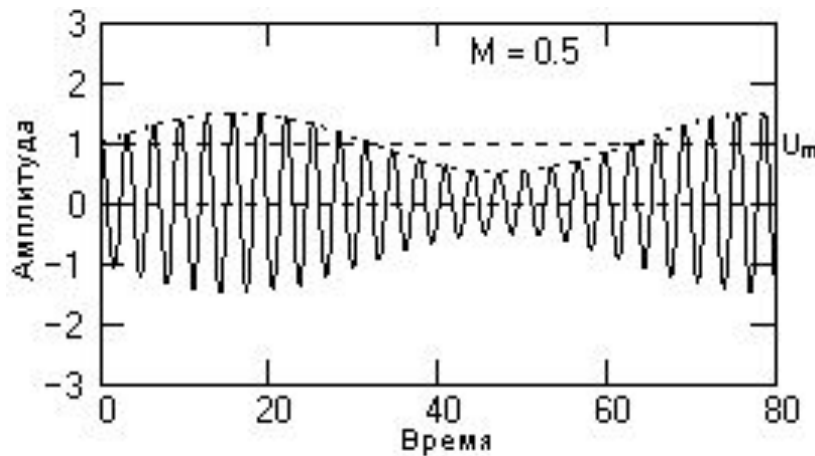




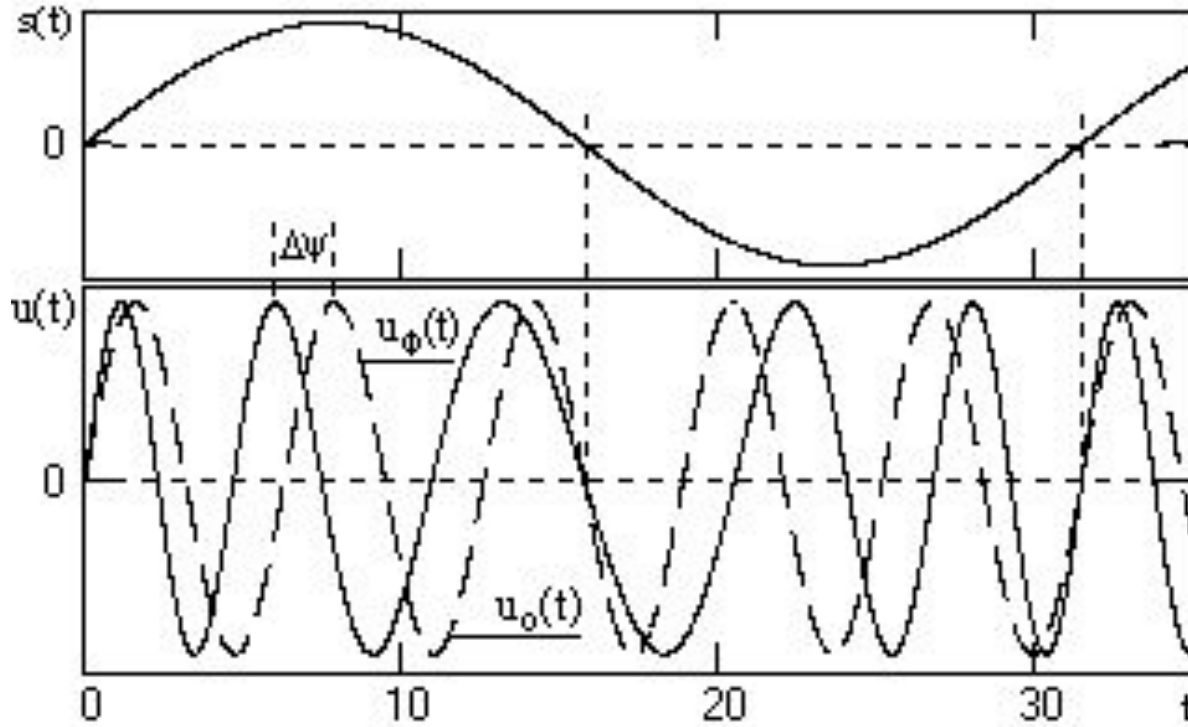
# Амплитудная модуляция (АМ) (Amplitude Modulation – AM)

$$B(t) \quad X(t) = \cos \omega_0 t = \cos 2\pi f_0 t$$

$$U(t) = B(t) \cdot X(t) = B(t) \cos \omega_0 t = \cos \omega_0 t + \frac{1}{2}(\omega_0 - \Omega)t + \frac{1}{2}(\omega_0 + \Omega)t$$



# Фазовая и частотная аналоговая модуляции (ФМ, ЧМ, (Frequency Modulation – FM, Phase Modulation – PM)

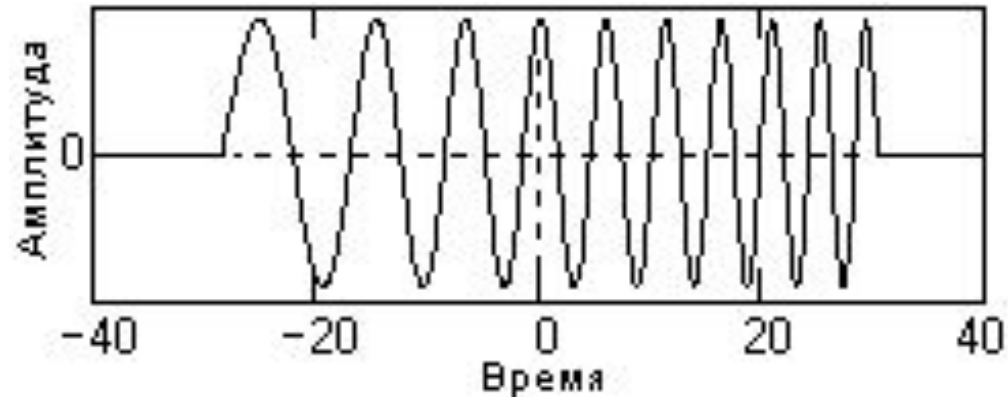


$$U(t) = \cos[\omega_0 t + \psi(t)]$$

$$U(t) = \cos[\omega_0 t + mB(t)]$$

**Фазомодулированный  
сигнал**

$$U(t) = \cos\left(\omega_0 t + m \int_0^t B(t) dt + \varphi_0\right)$$



**Частотномодулированный  
сигнал**

# Амплитудная импульсная модуляция (АИМ)

$$X(t) = A_0 \sum_{k=-\infty}^{\infty} X_1(t - kT, \tau)$$

$$U(t) = A_0 [1 + mB(t)] \sum_{k=-\infty}^{\infty} X_1(t - kT, \tau)$$



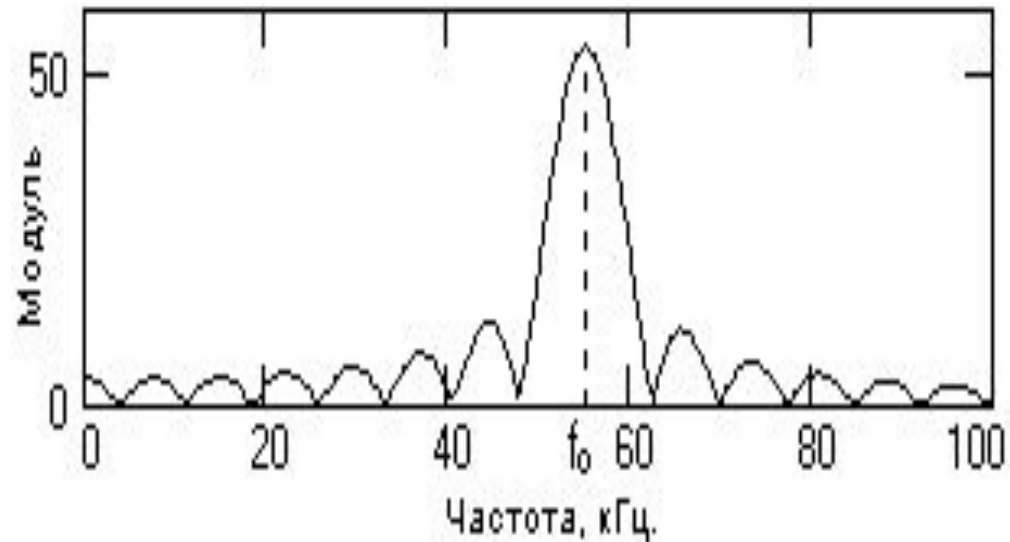
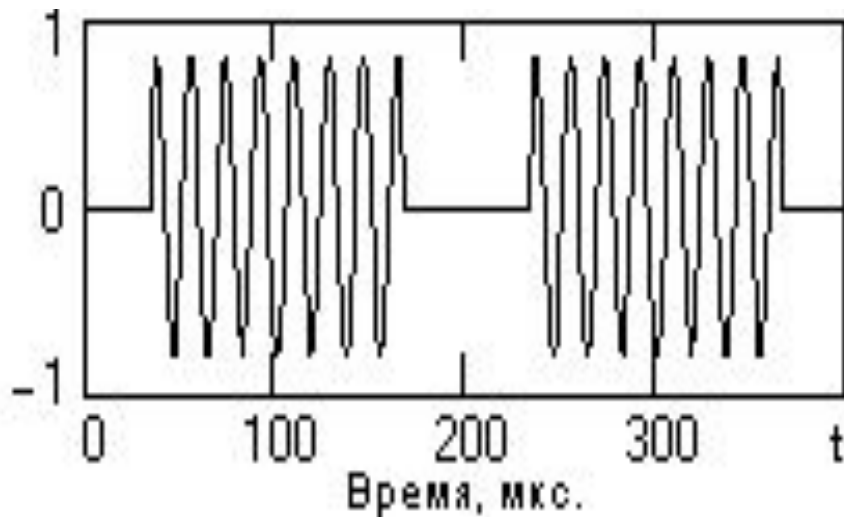
Образование  
сигнала

АИМ-

## Амплитудная манипуляция (АМн) (ASK – Amplitude Shift Keying)

$$B(t) = \begin{cases} 1, & 2i\tau < t < (2i+1)\tau & i = 0,1,2,\dots; \\ -1, & (2i+1)\tau < t < 2(i+1)\tau & i = 0,1,2,\dots \end{cases} \quad X(t) = A_0 \sin(\omega_2 t + \varphi_0)$$

$$A = \begin{cases} 0.5A_0(1+m), & 2i\tau < t < (2i+1)\tau & i = 0,1,2,\dots; \\ 0.5A_0(1-m), & (2i+1)\tau < t < 2(i+1)\tau & i = 0,1,2,\dots \end{cases}$$



**Амплитудно-манипулированный сигнал**

## Частотная манипуляция (ЧМн) (FSK – Frequency Shift Keying)

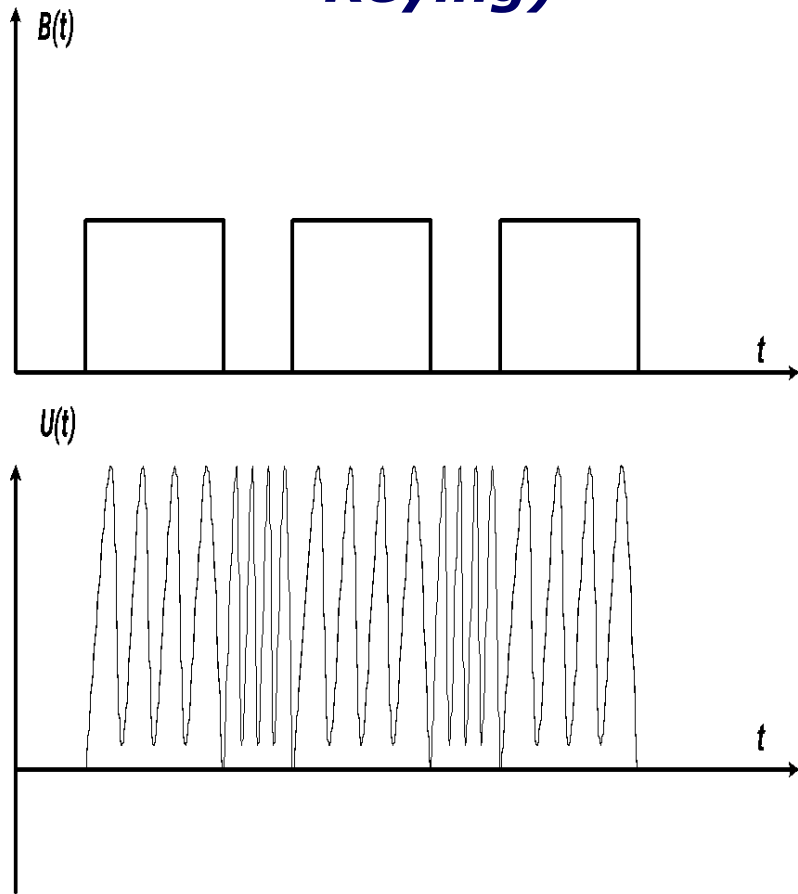


Рис. 13. Образование ЧМн-сигнала

## Фазовая манипуляция (ФМн) (PSK – Phase Shift Keying)

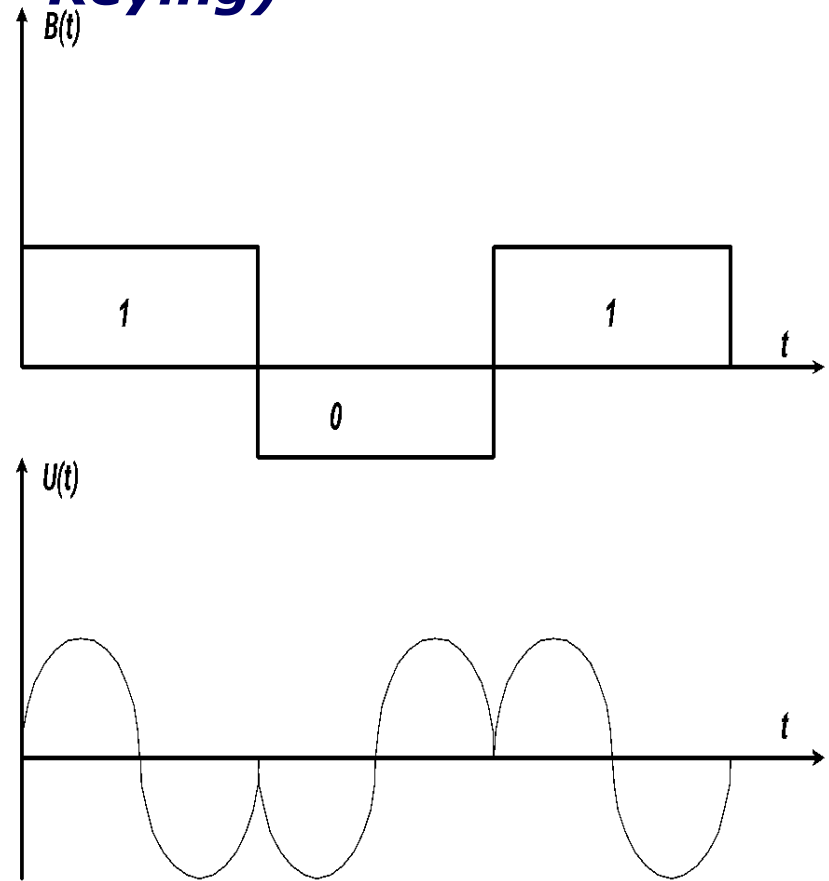
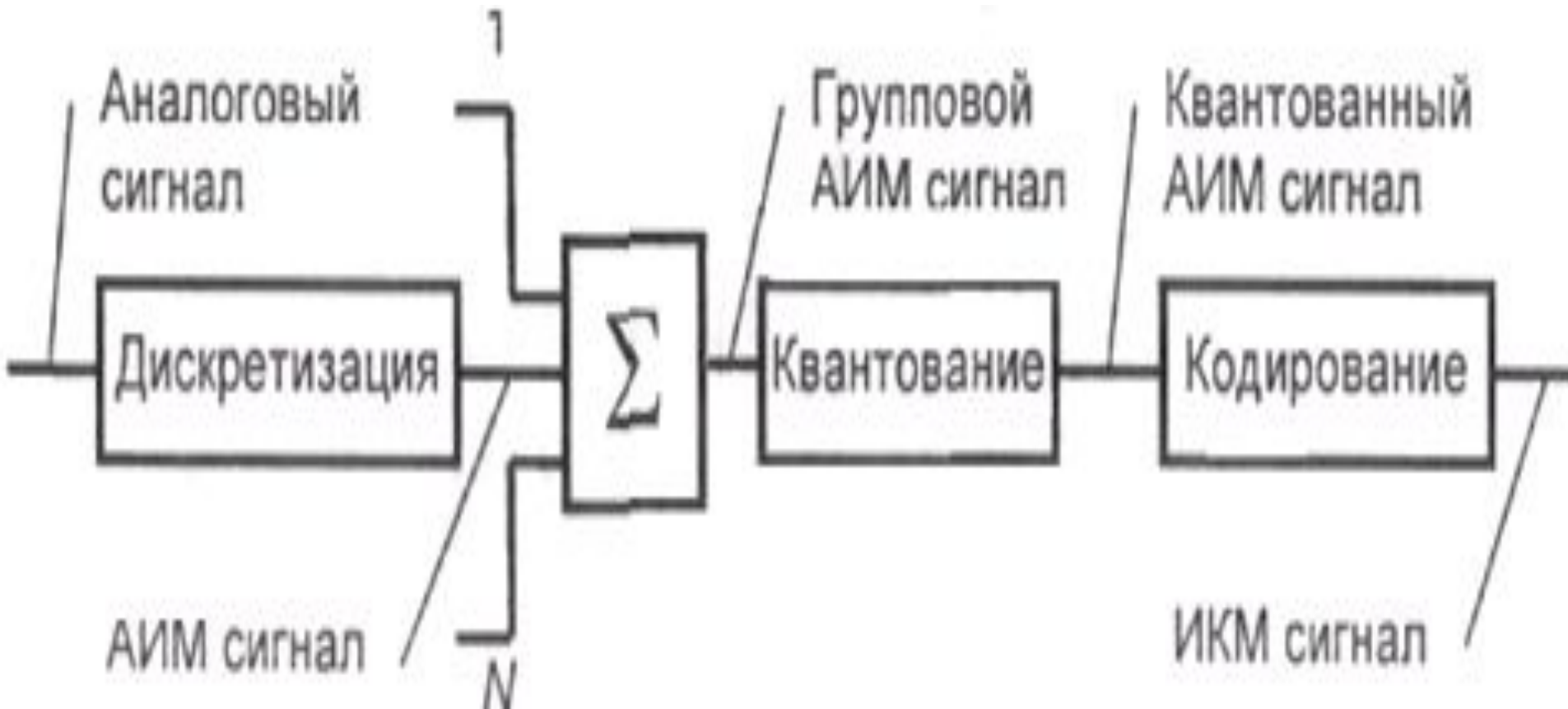
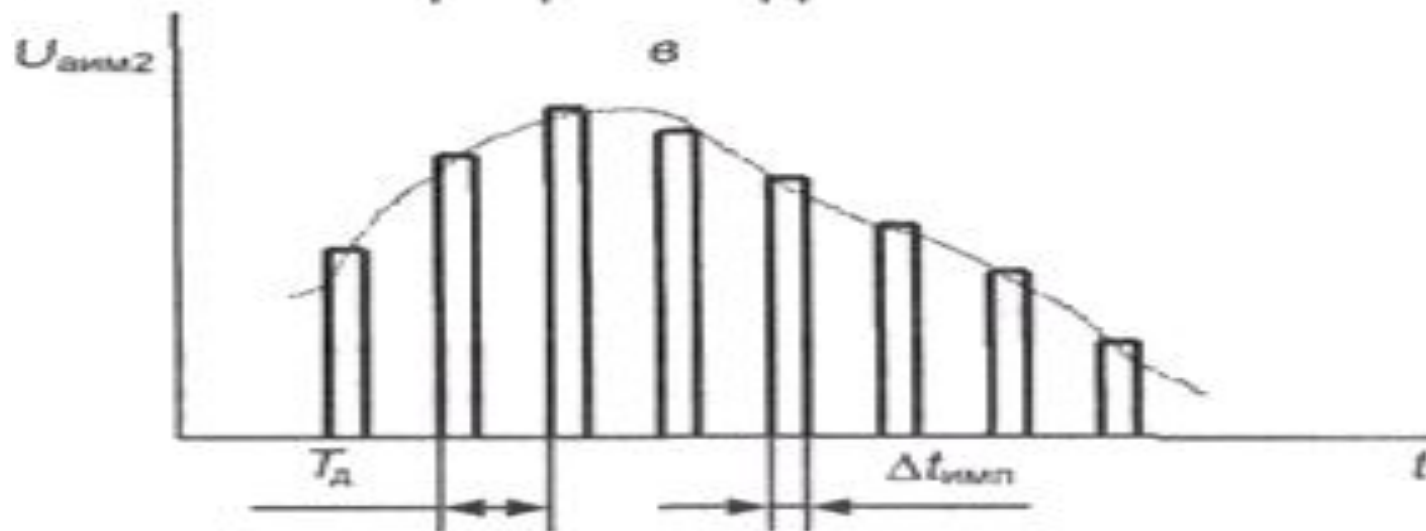
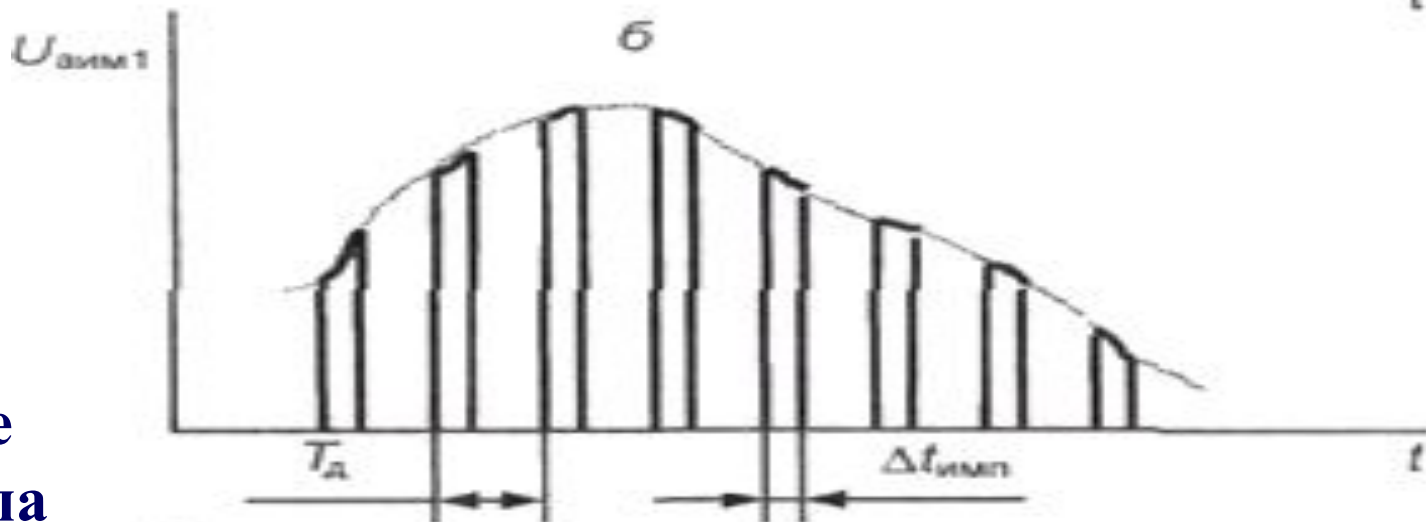
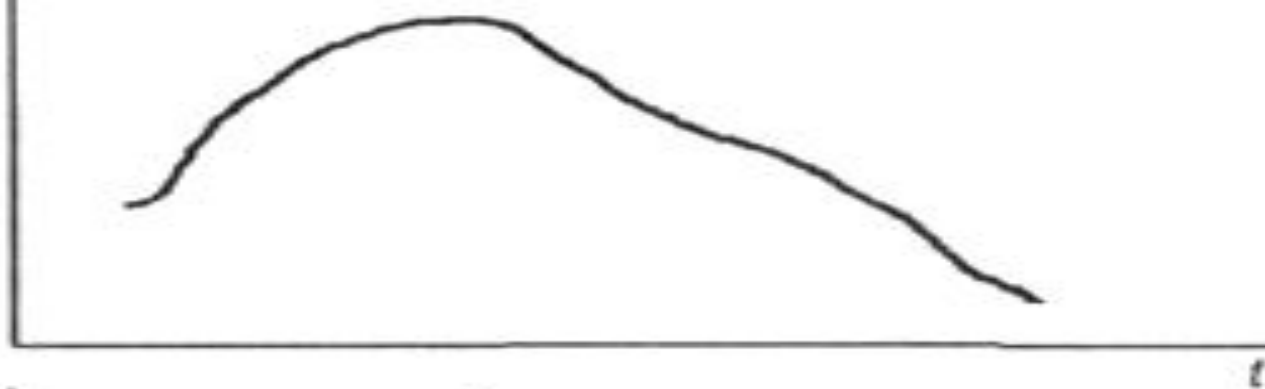


Рис. 14. Образование 2-  
уровневого ФМн-сигнала

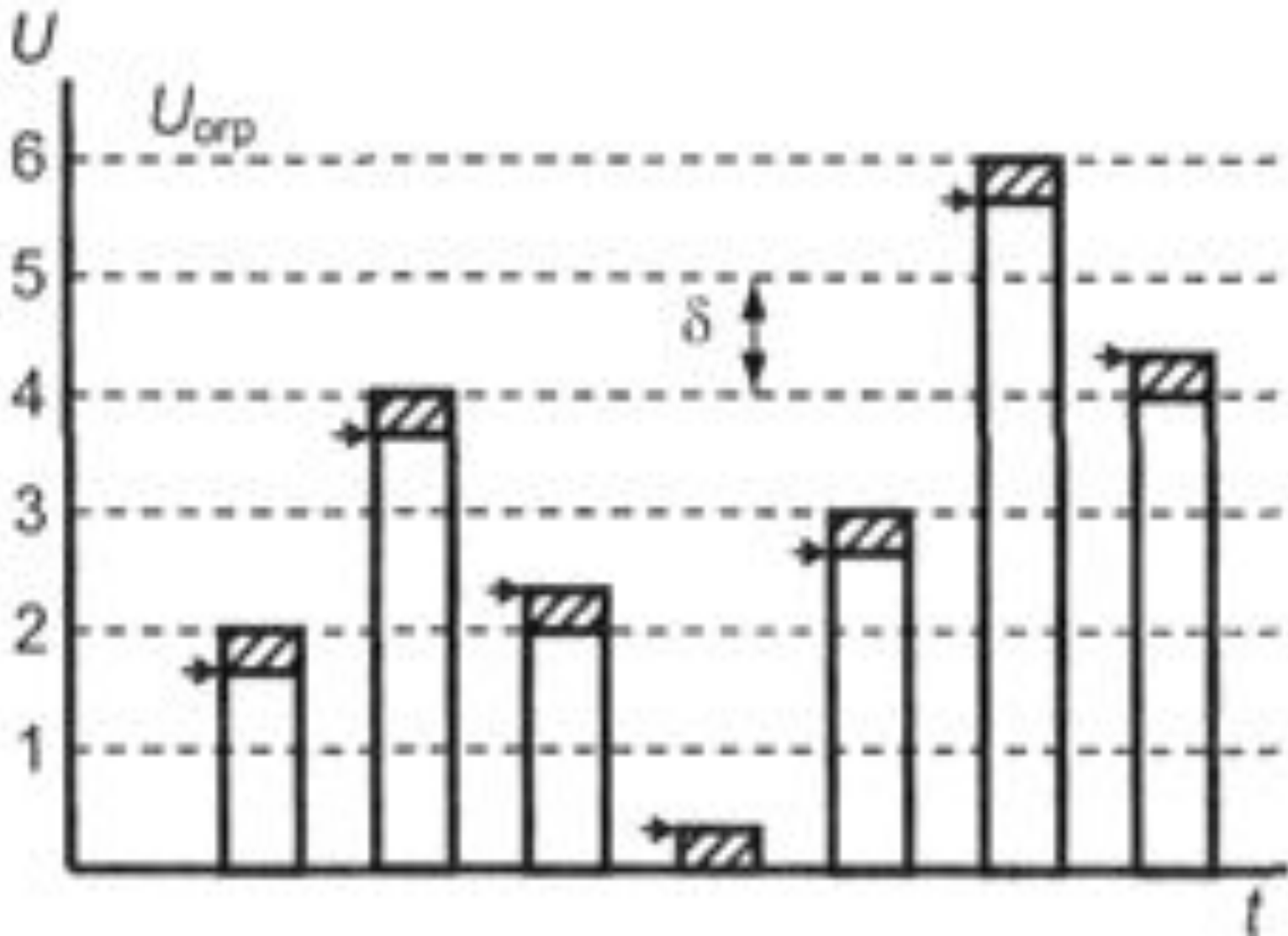
# Методы аналого-цифрового преобразования



**Схема преобразования аналогового сигнала в цифровой ИКМ сигнал**

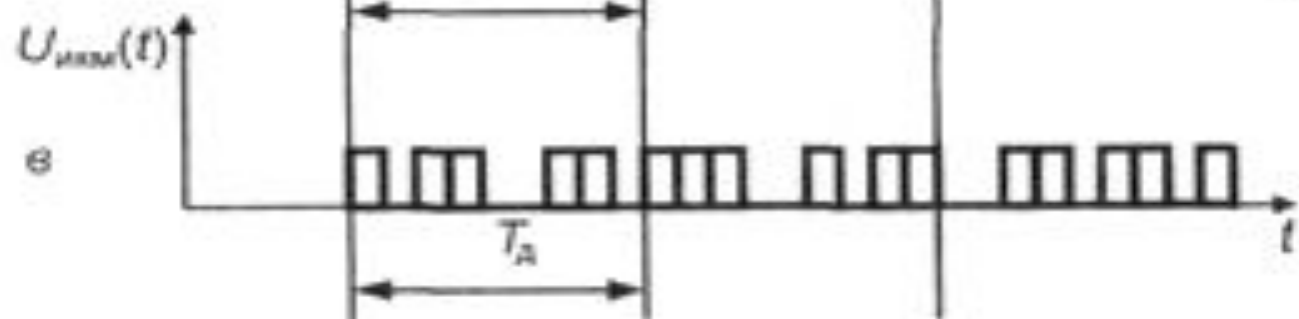
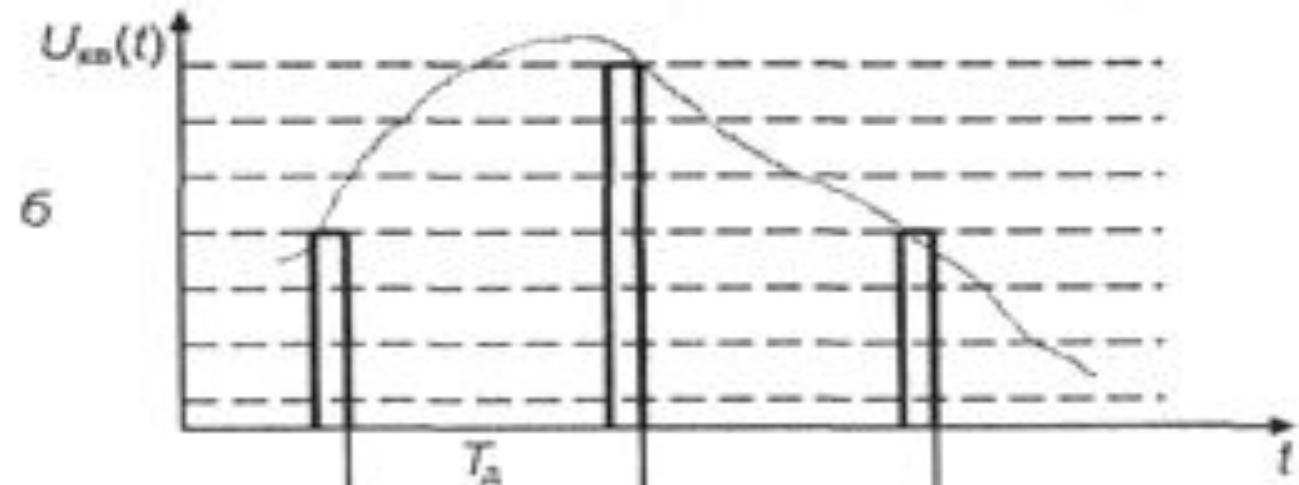
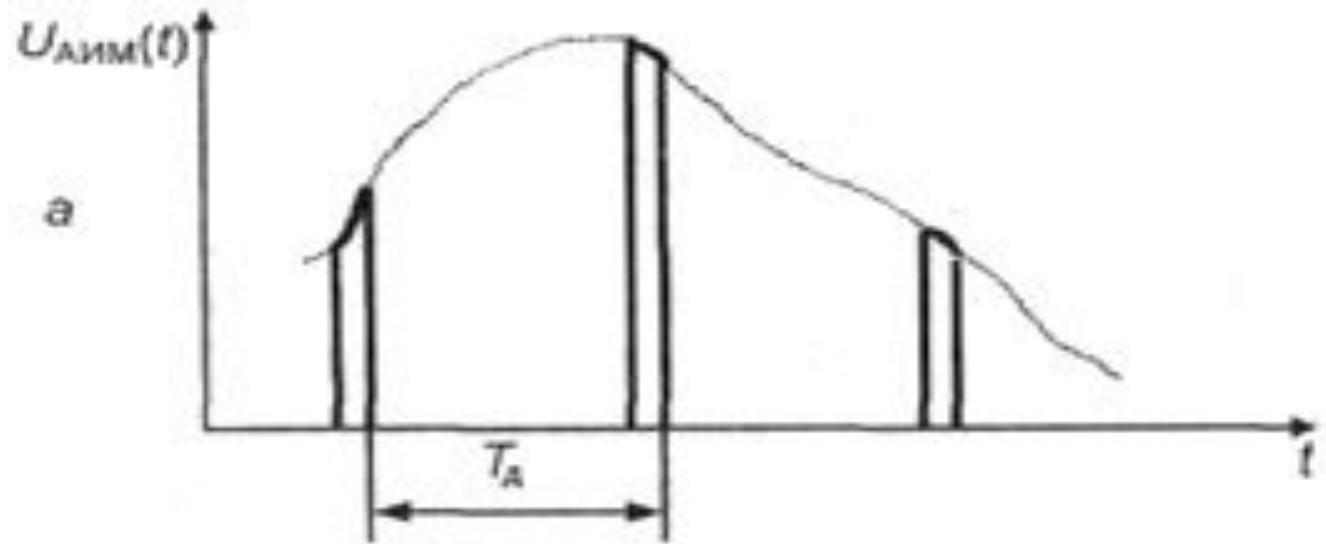


## Образование АИМ-сигнала

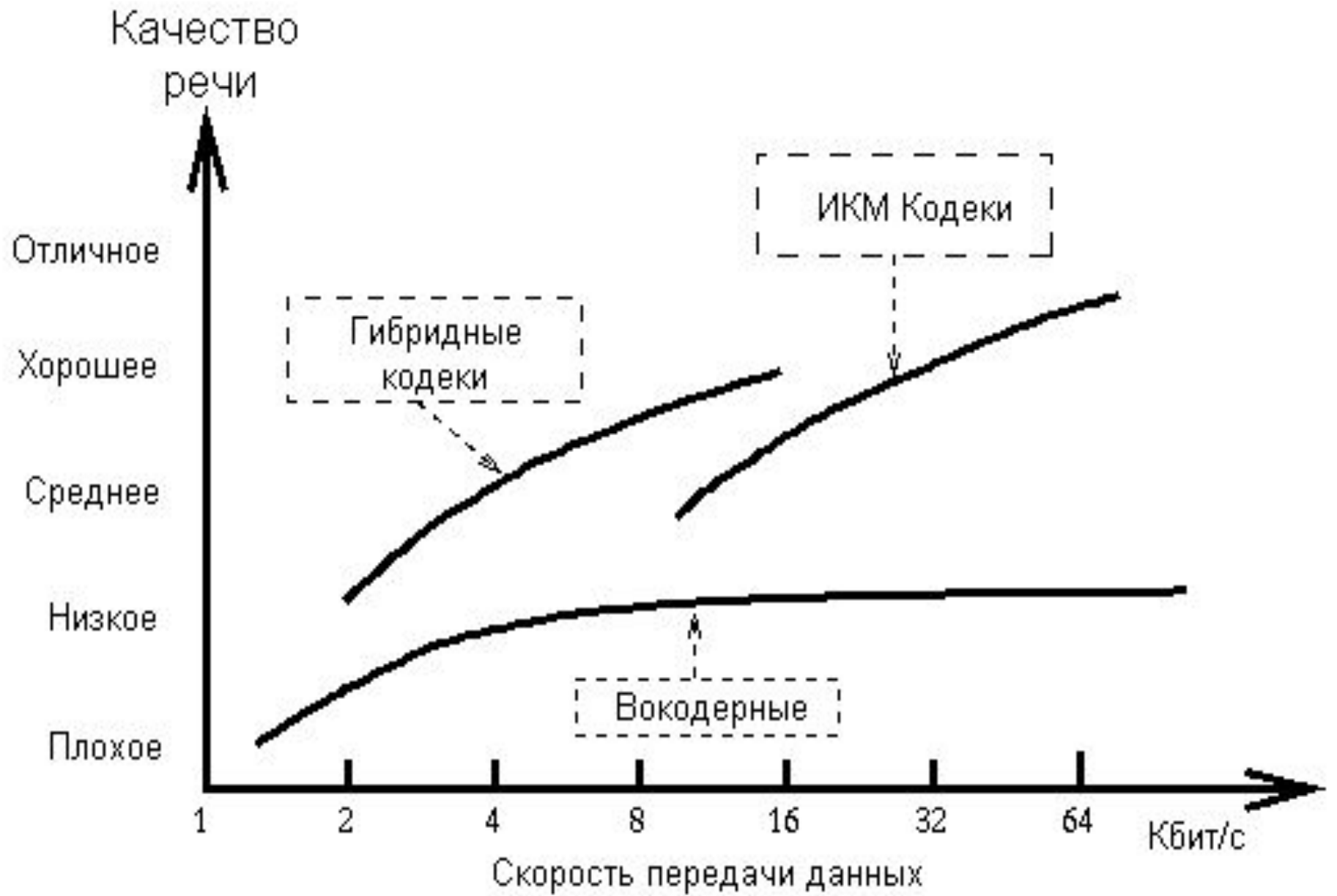


**Квантование мгновенных значений сигнала**





**Кодирование  
отсчетов сигнала:  
а – АИМ сигнал;  
б – квантованный  
сигнал;  
в – кодированный  
(ИКМ) сигнал**



**Скорость передачи данных**