

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

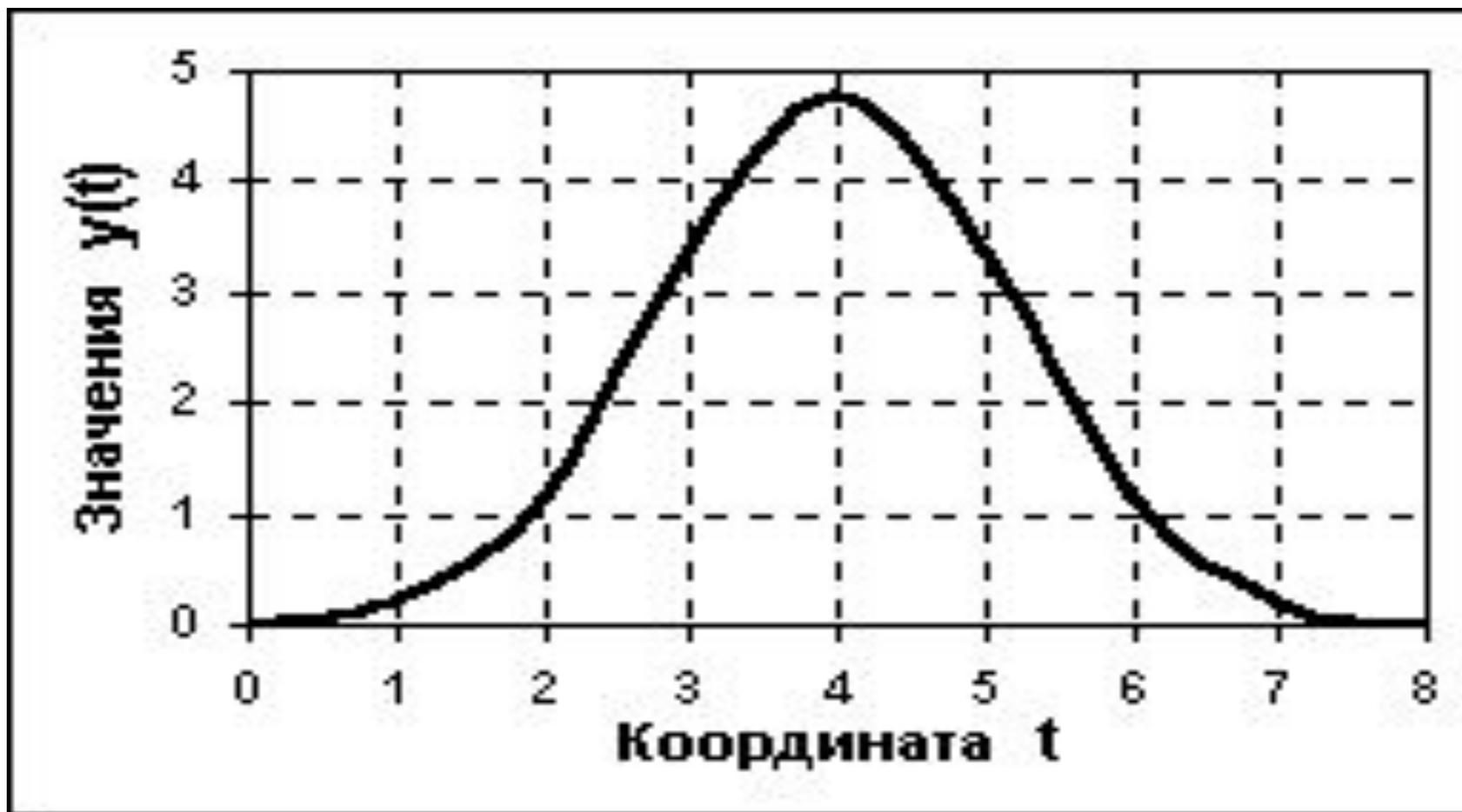
Сигнал и его параметры

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

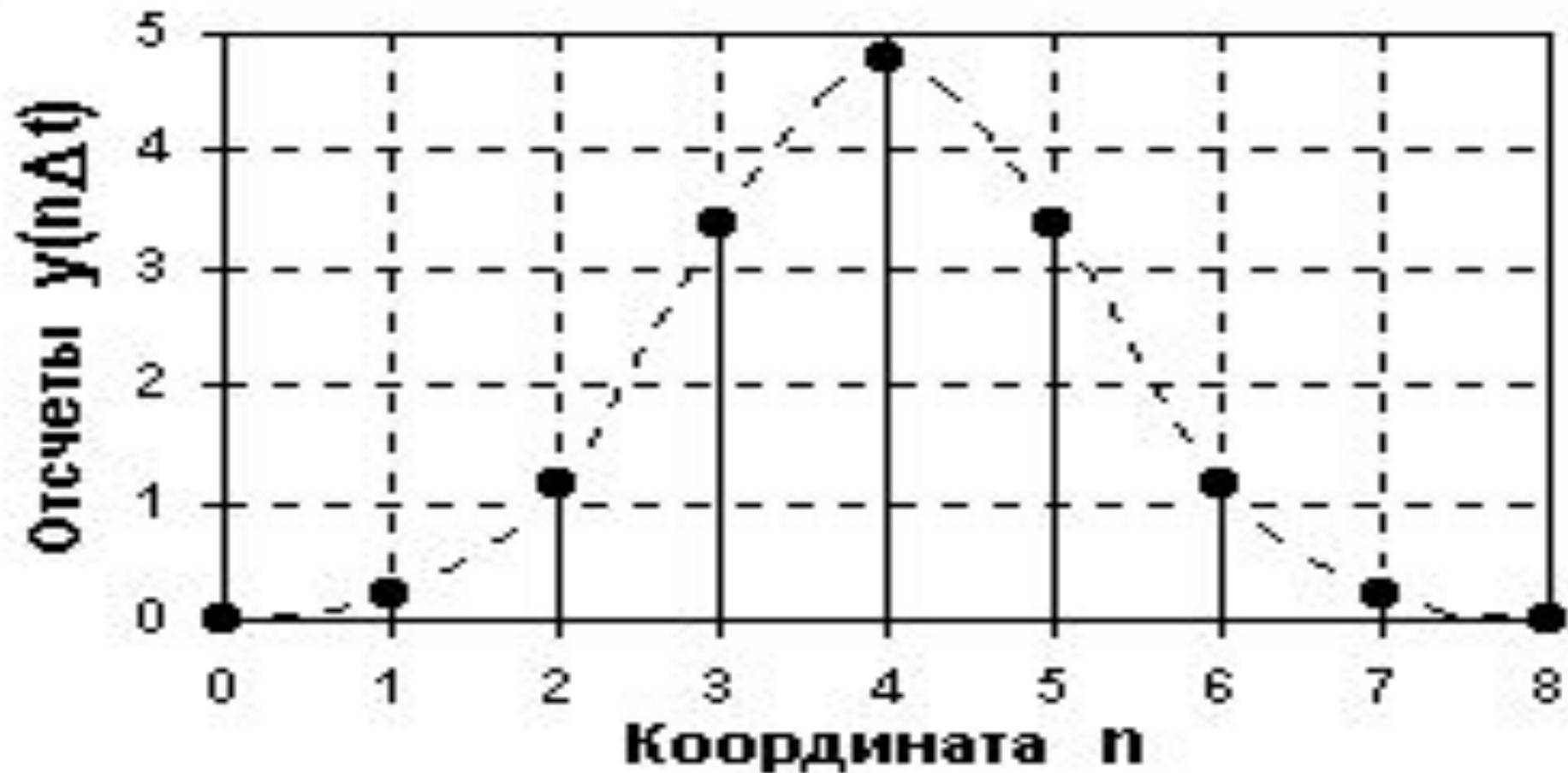
Совокупность знаков, содержащих ту или иную информацию, называют СООБЩЕНИЕМ.

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

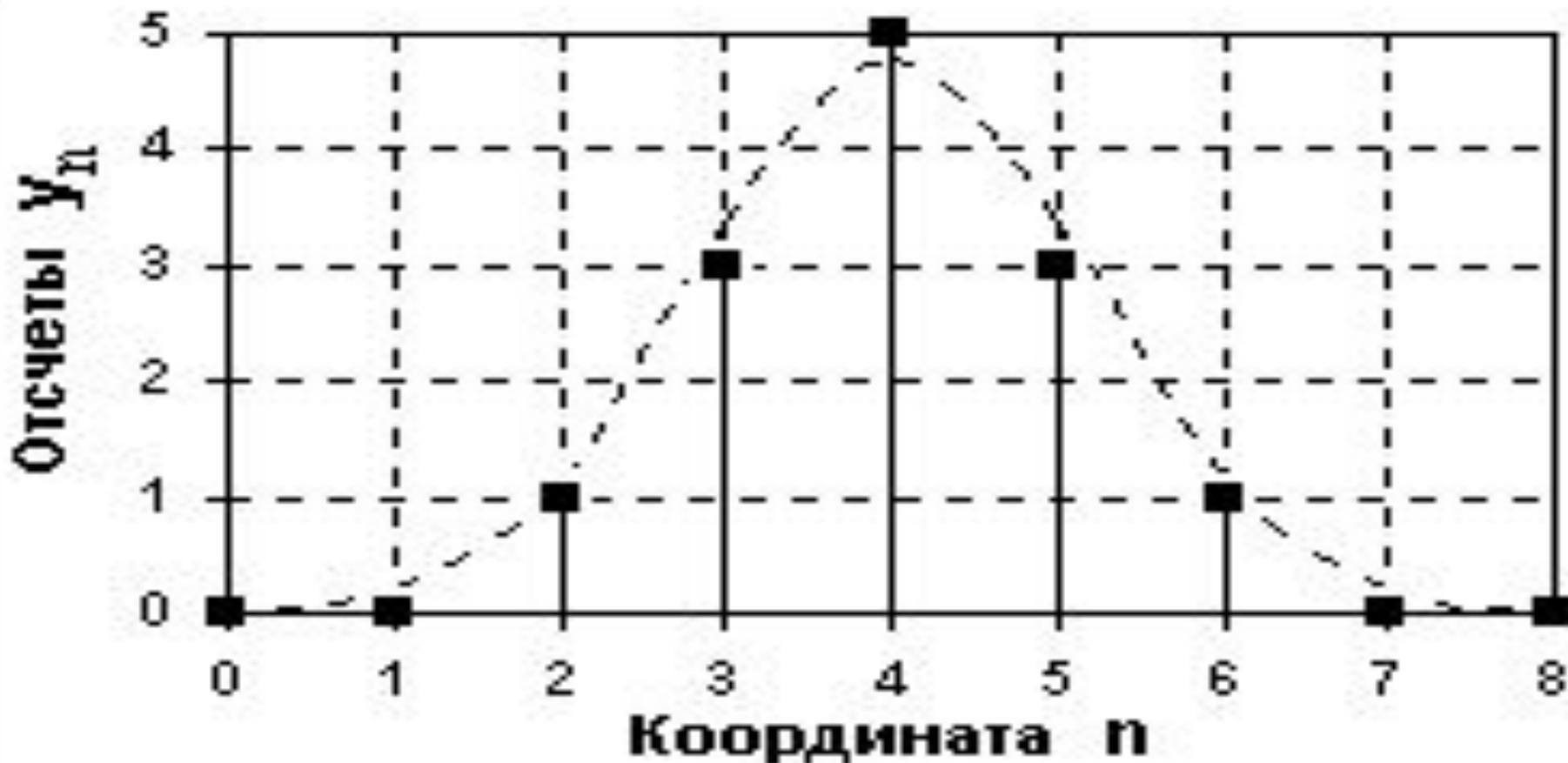
Если сигнал может принимать любые значения из некоторого интервала, то его называют **непрерывным по значениям (аналоговым)**.



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)**

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

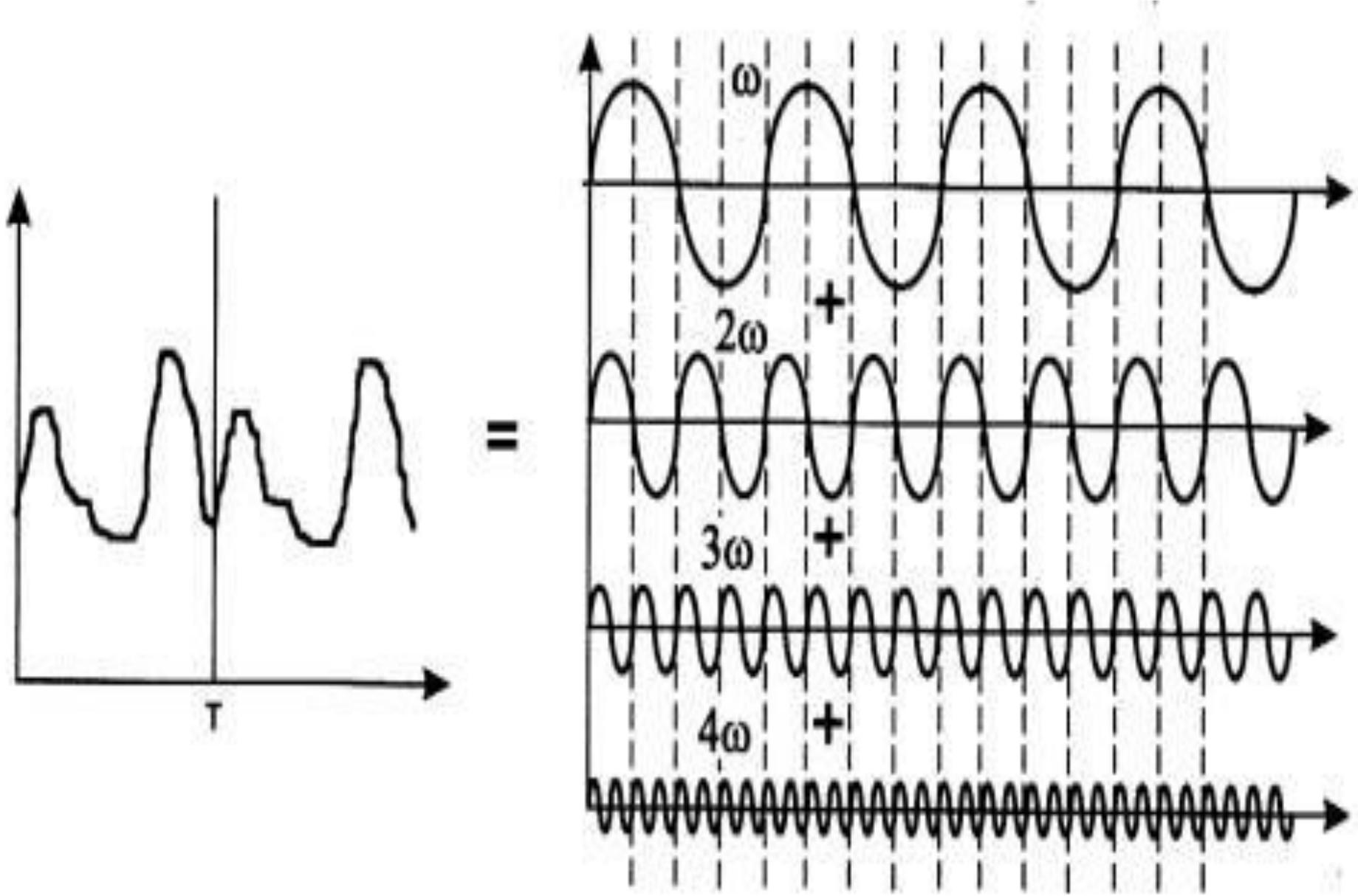
Отношение максимальных энергетических показателей к минимальным называется **динамическим диапазоном**

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

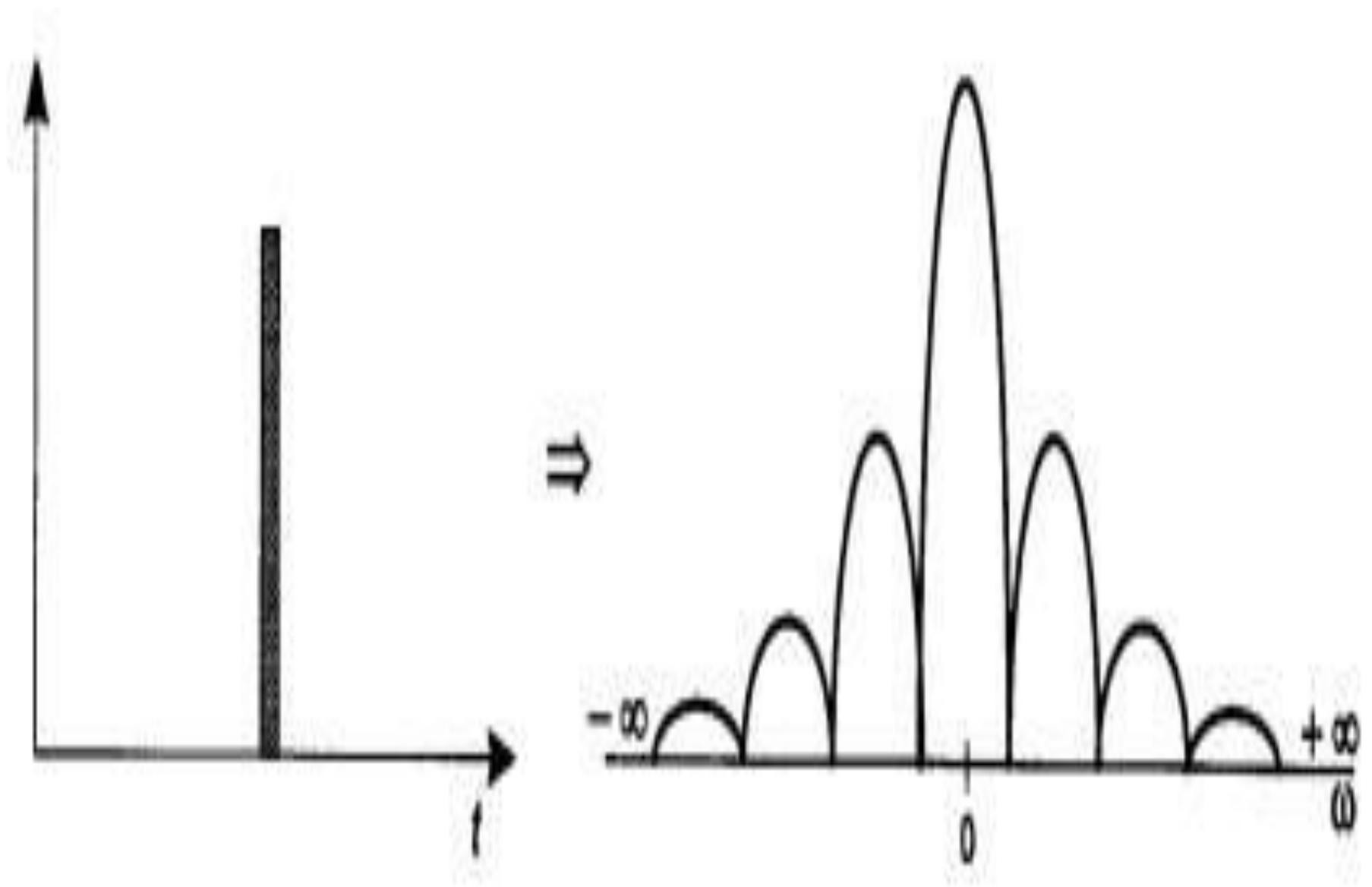
Сигнал целесообразно характеризовать отношением мощности сигнала к мощности помех, выражаемым в децибелах. Эту величину называют **превышением сигнала над помехой** или просто **превышением**.

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

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.

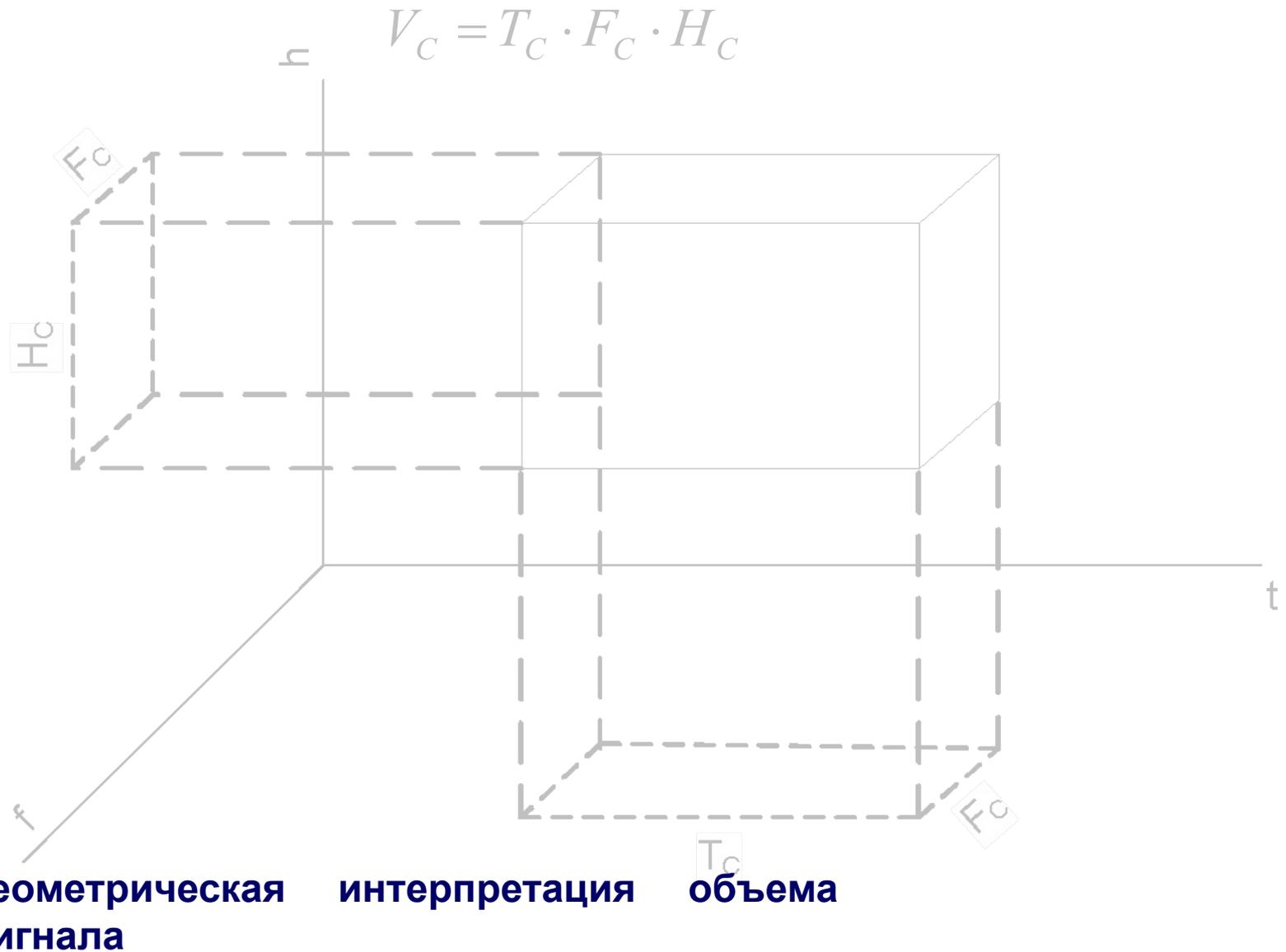
Сигнал называется **узкополосным**, если отношение граничных частот ЭППЧ первичного сигнала

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

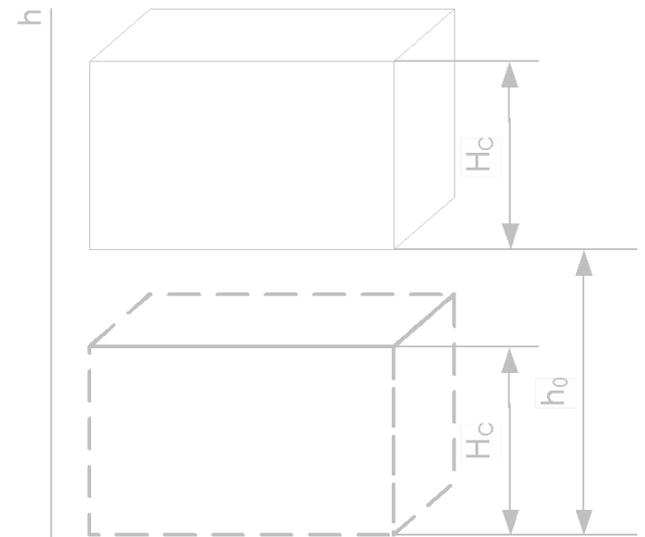
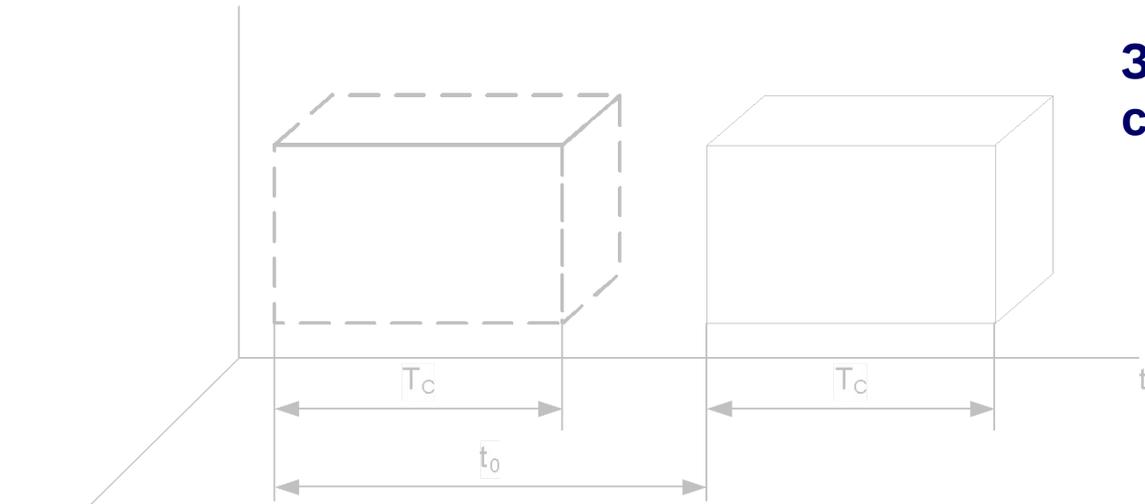
Сигнал называется **широкополосным**, если отношение граничных частот ЭППЧ первичного сигнала

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

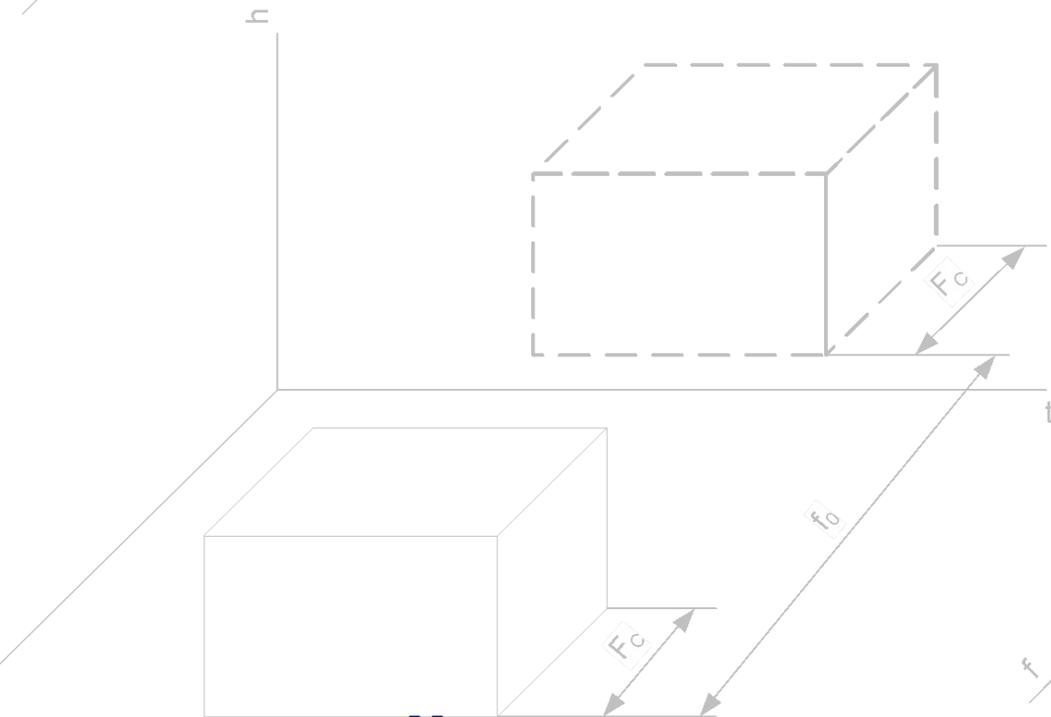
Обобщенная характеристика сигнала это его объем:



Задержка сигнала



Усиление сигнала



Модуляция сигнала

*

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

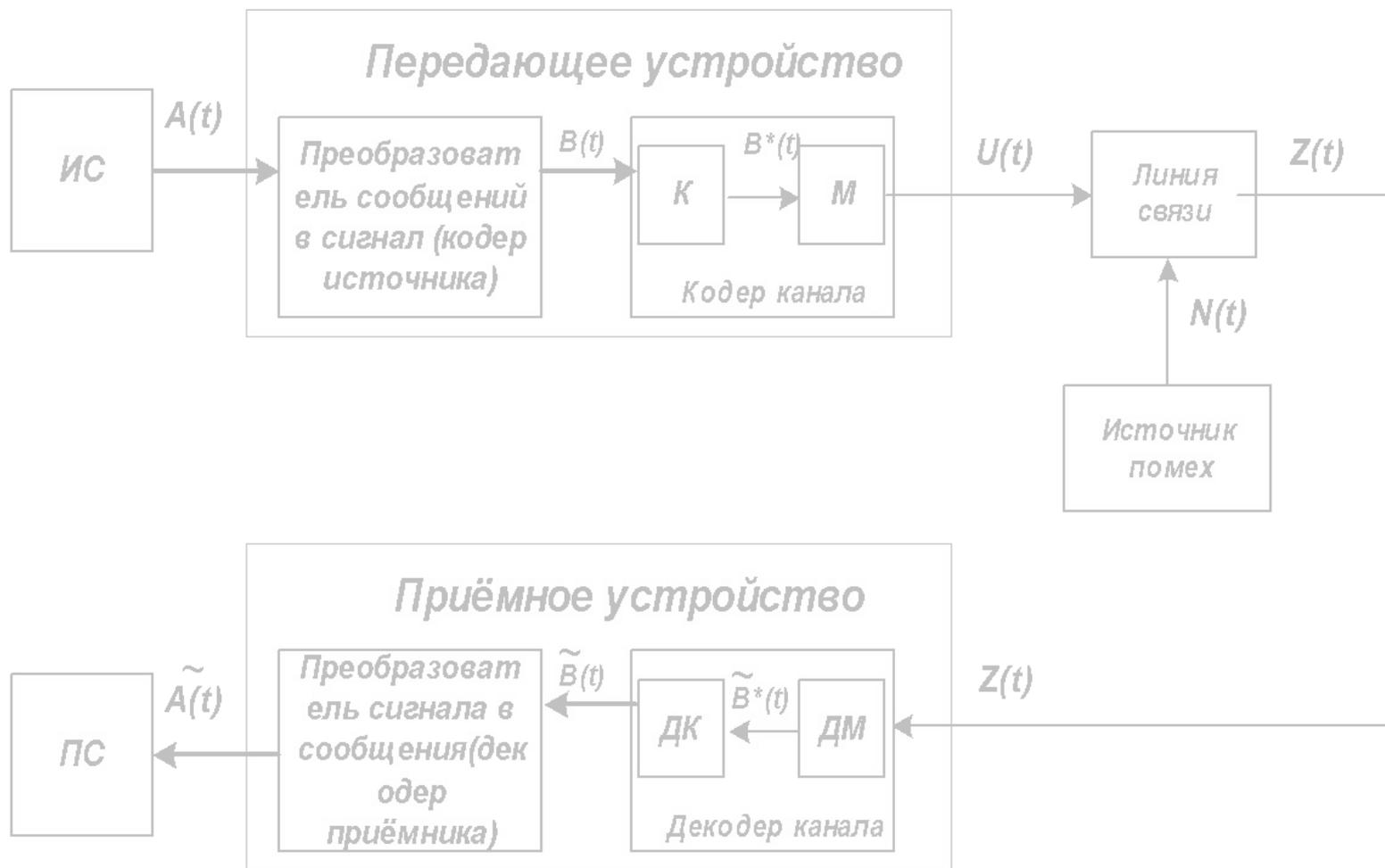
$$I = 3.32\eta\Delta F \lg\left(1 + \frac{W_{cp}}{W_n}\right), \text{ бит/с}$$

η - 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.

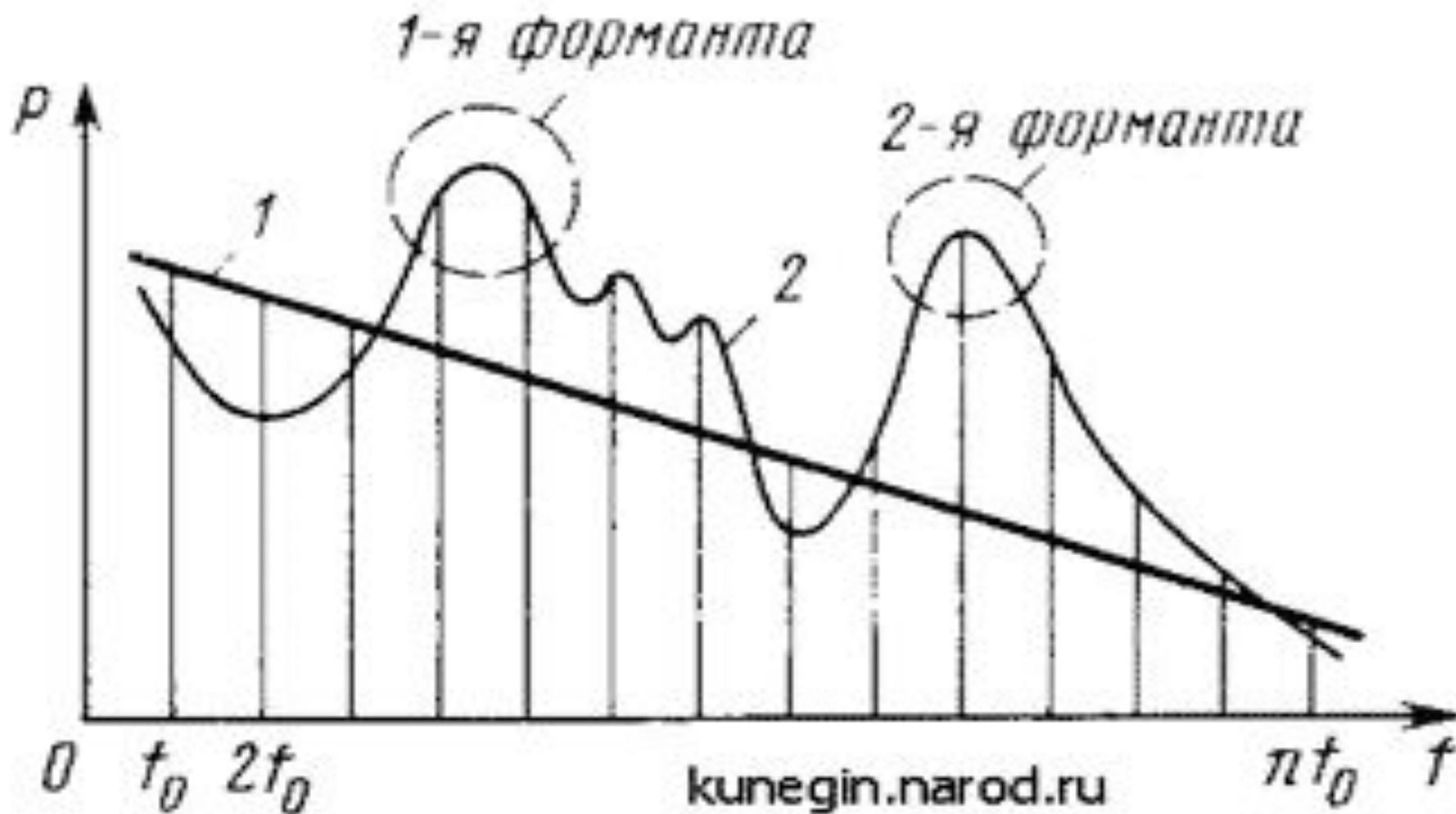


Электрический сигнал, получаемый на выходе преобразователя сообщения, называется первичным сигналом электросвязи.

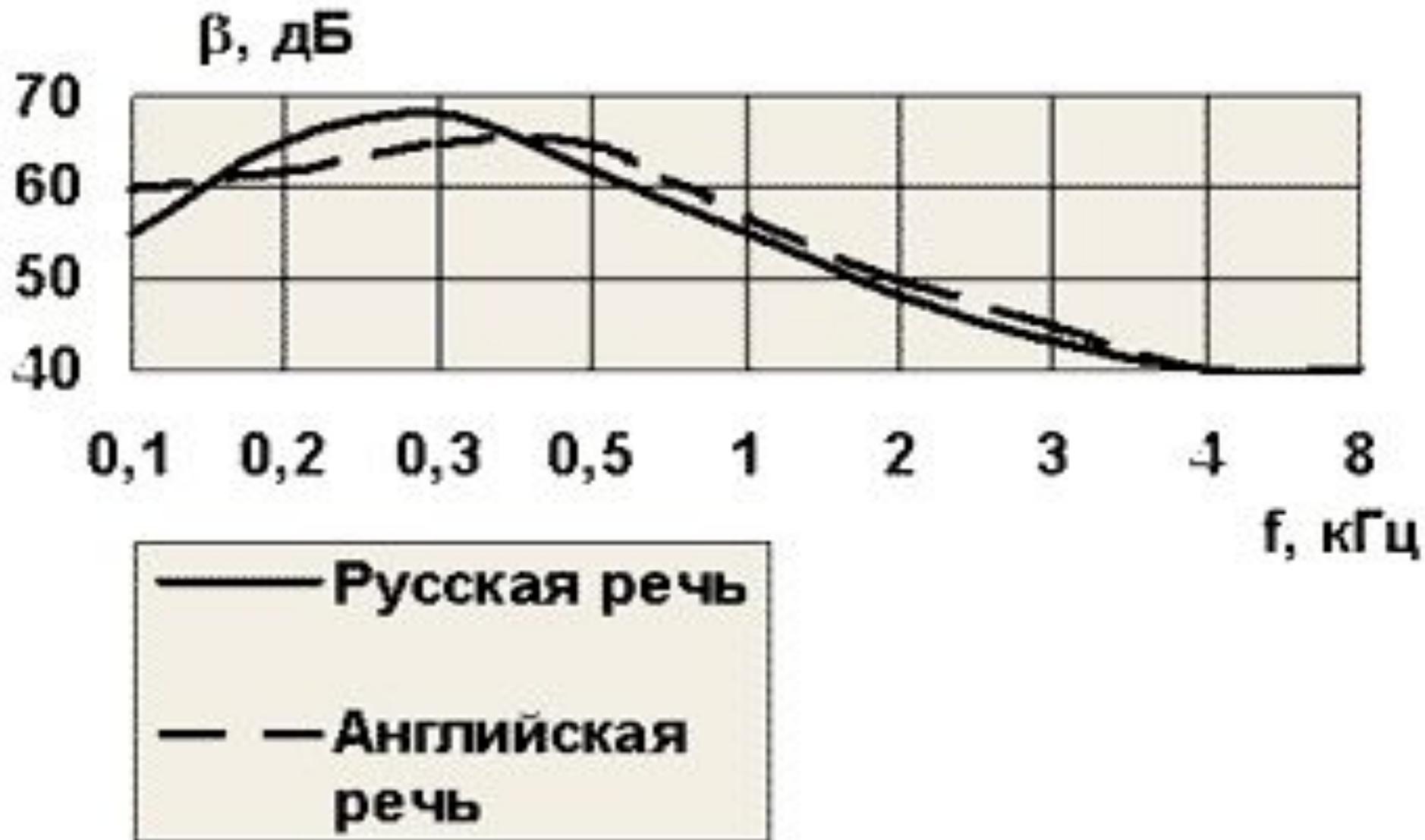
Основными первичными сигналами электросвязи по виду передаваемых сообщений являются:

- 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

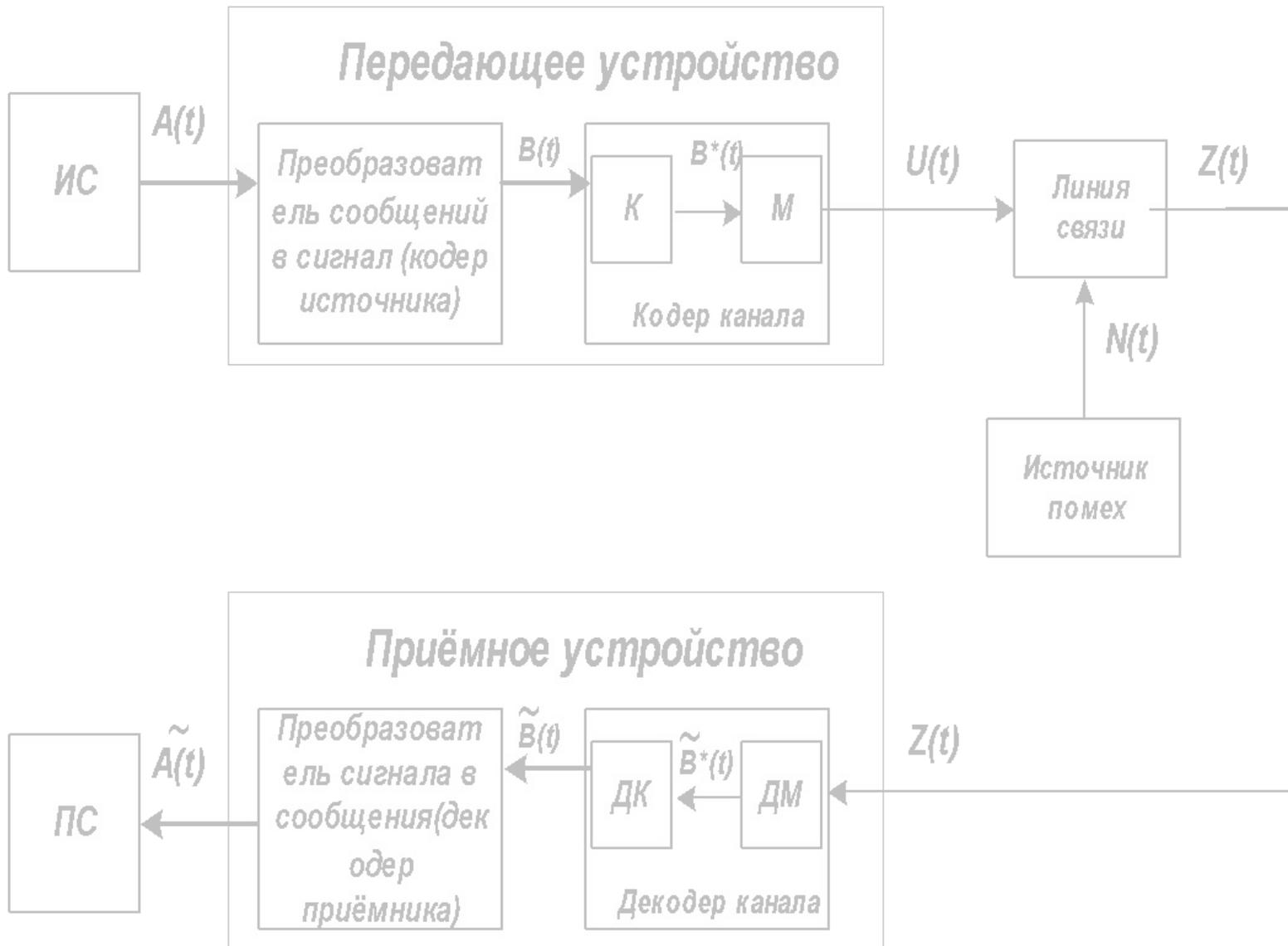
Под *модуляцией* понимается воздействие на какой-либо параметр переносчика информационным сигналом (кодом), в результате чего в изменениях этого параметра оказывается присутствующим передаваемый сигнал.

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

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

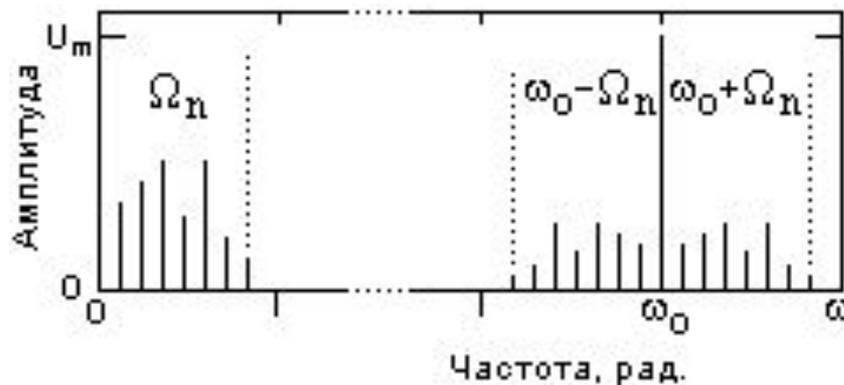
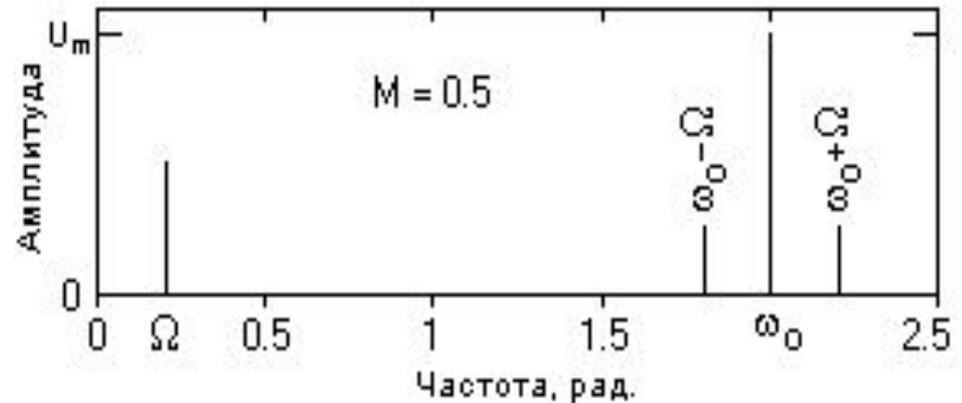
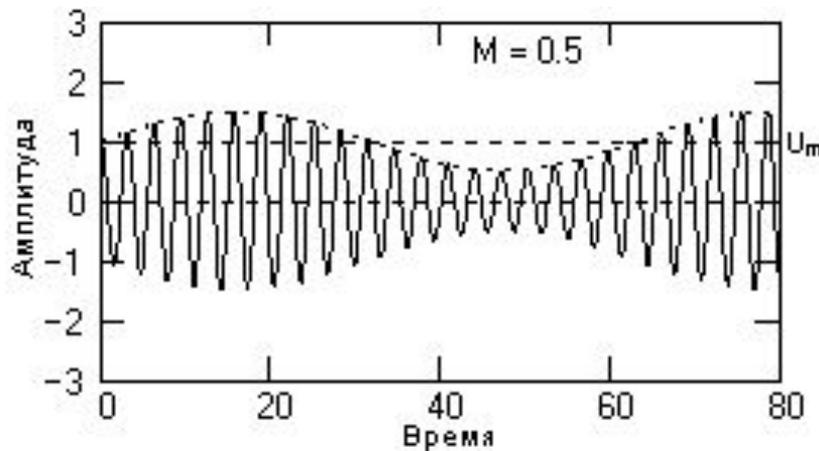
$$\tilde{B}(t) = D[U(t)] = M^{-1}[U(t)]$$



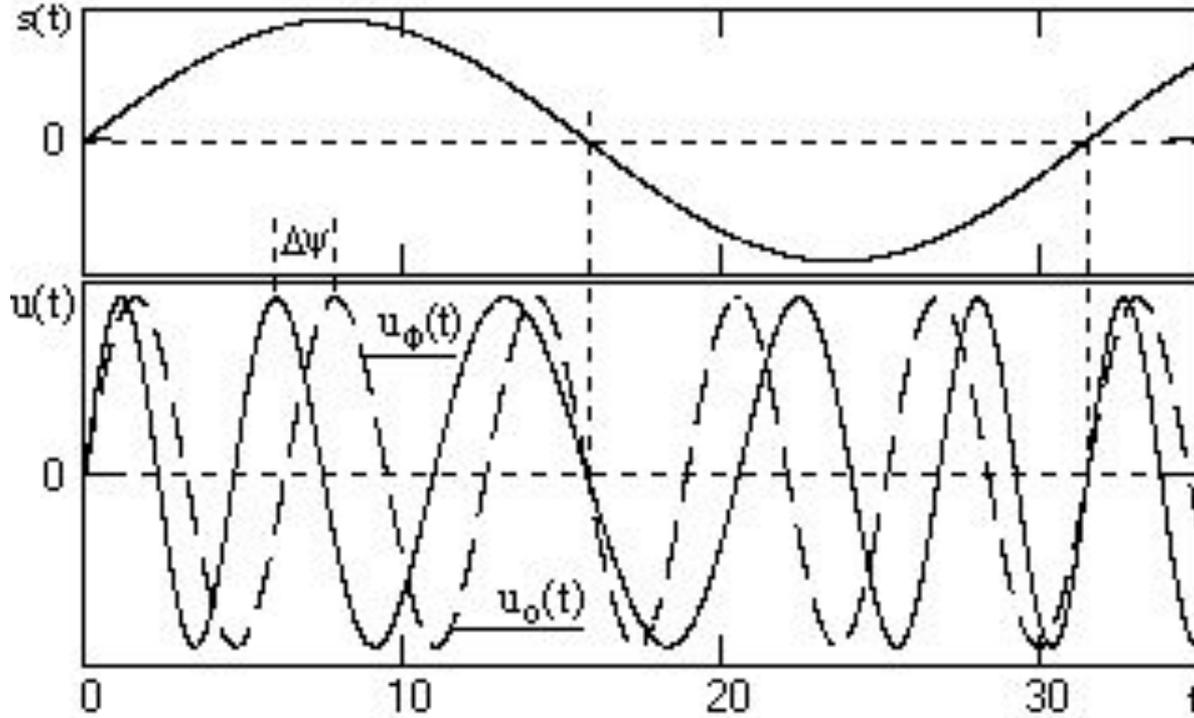
Амплитудная модуляция (АМ) (Amplitude Modulation – AM)

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

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



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

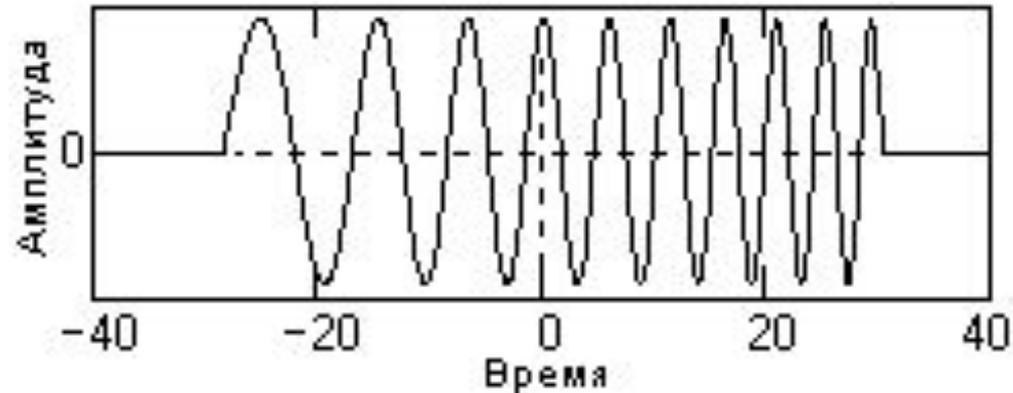


$$U(t) = \cos[\omega_0 t + \psi(t)]$$

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

**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)

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

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



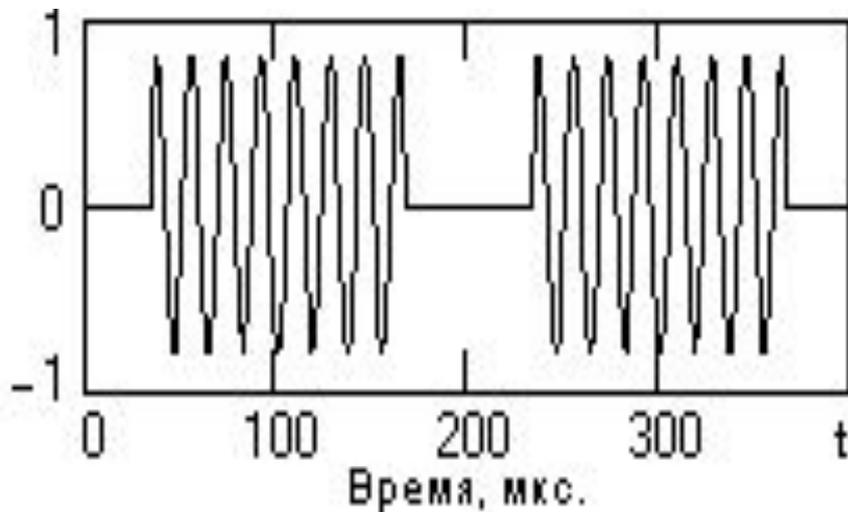
Образование
сигнала

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)

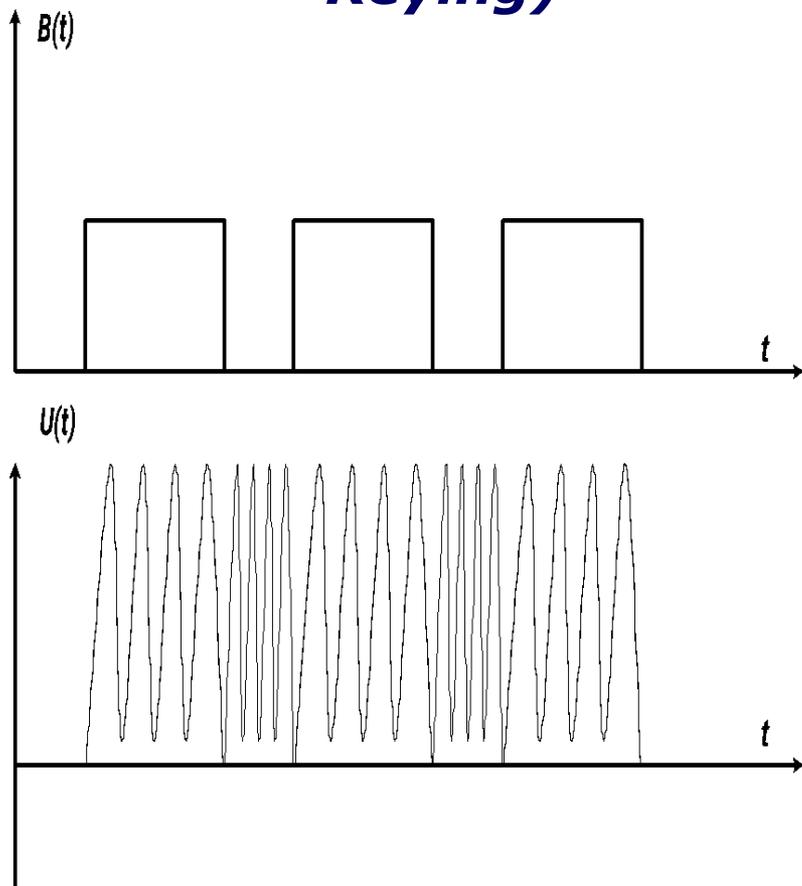


Рис. 13. Образование ЧМн-сигнала

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

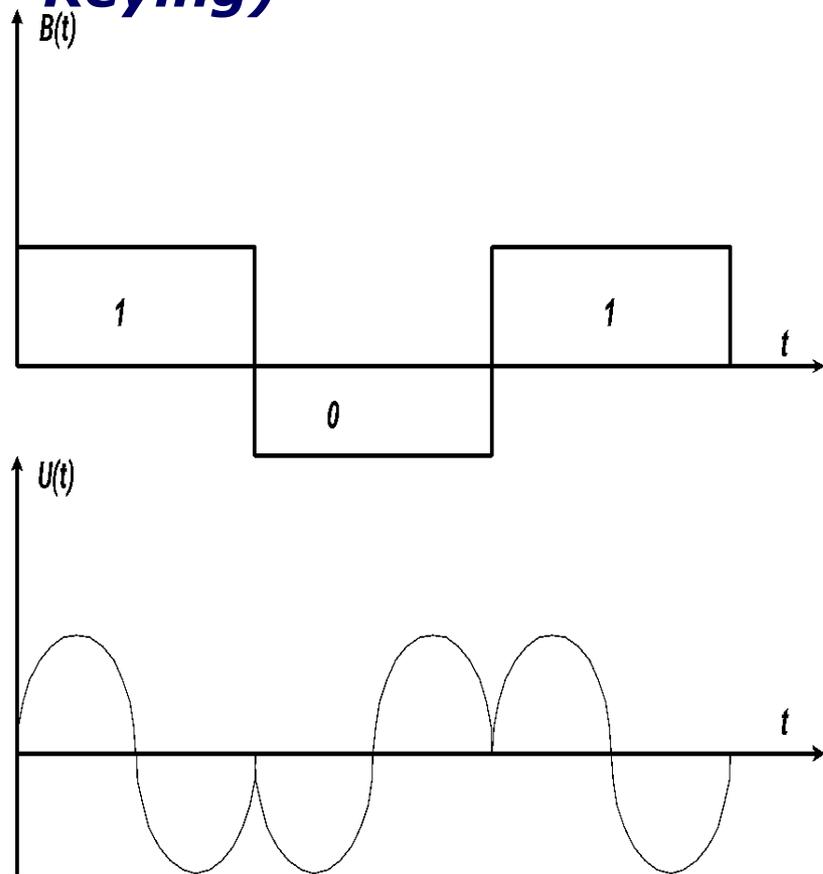


Рис. 14. Образование 2-
уровневого ФМн-сигнала

Методы аналого-цифрового преобразования

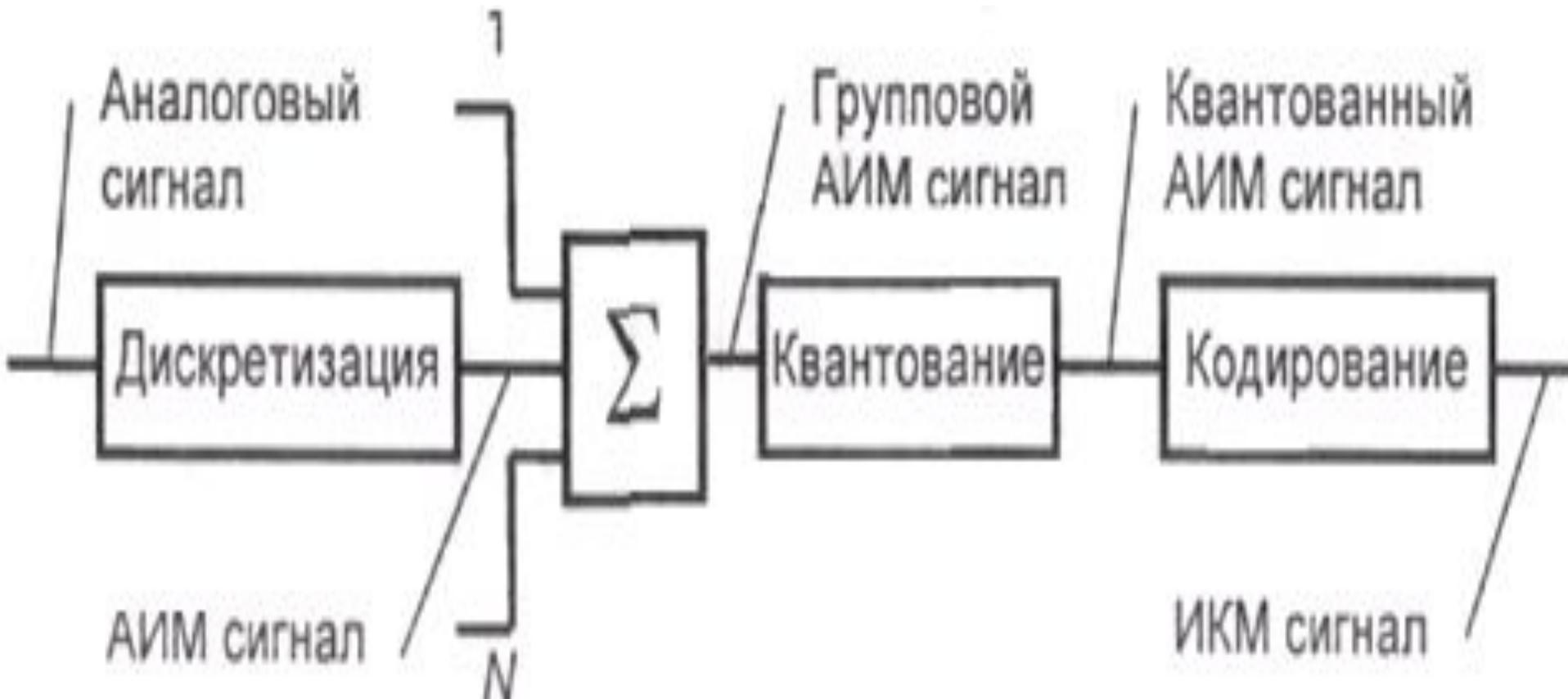
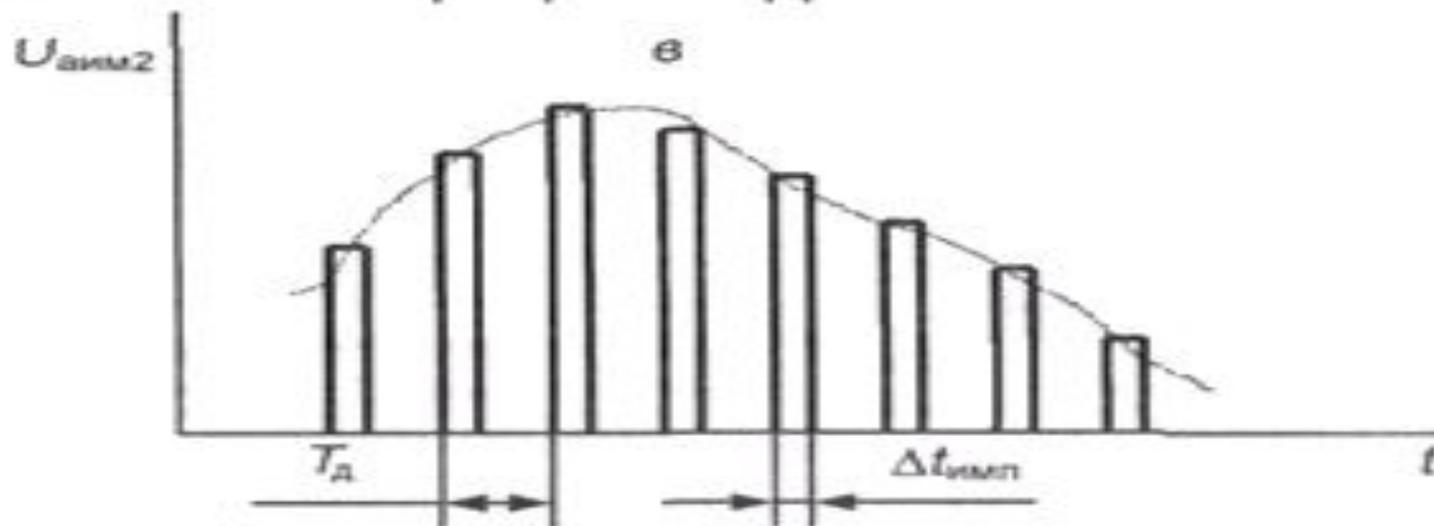
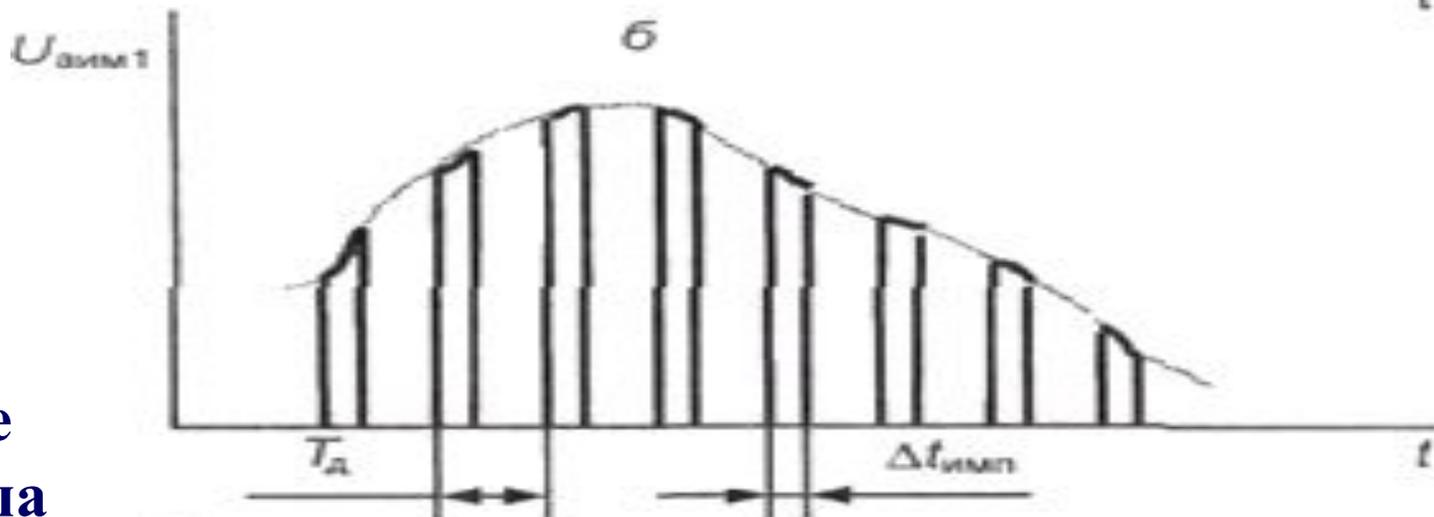
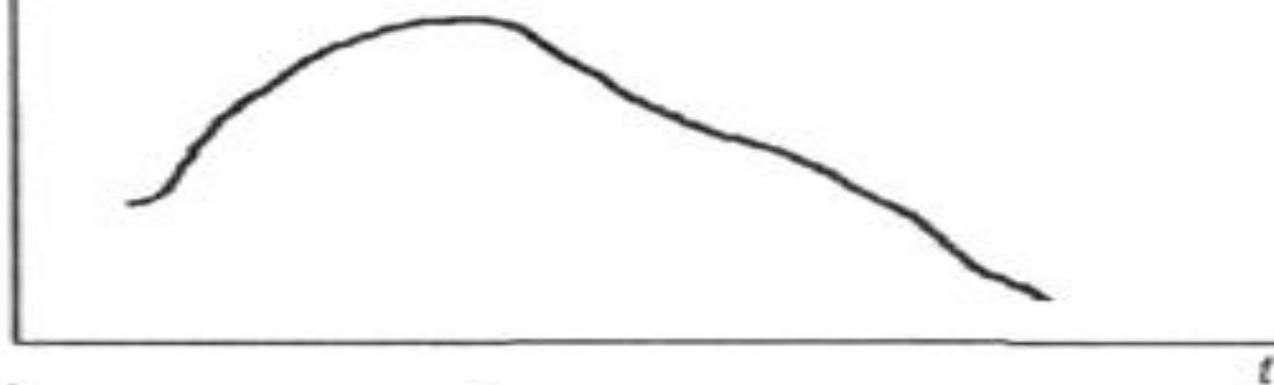
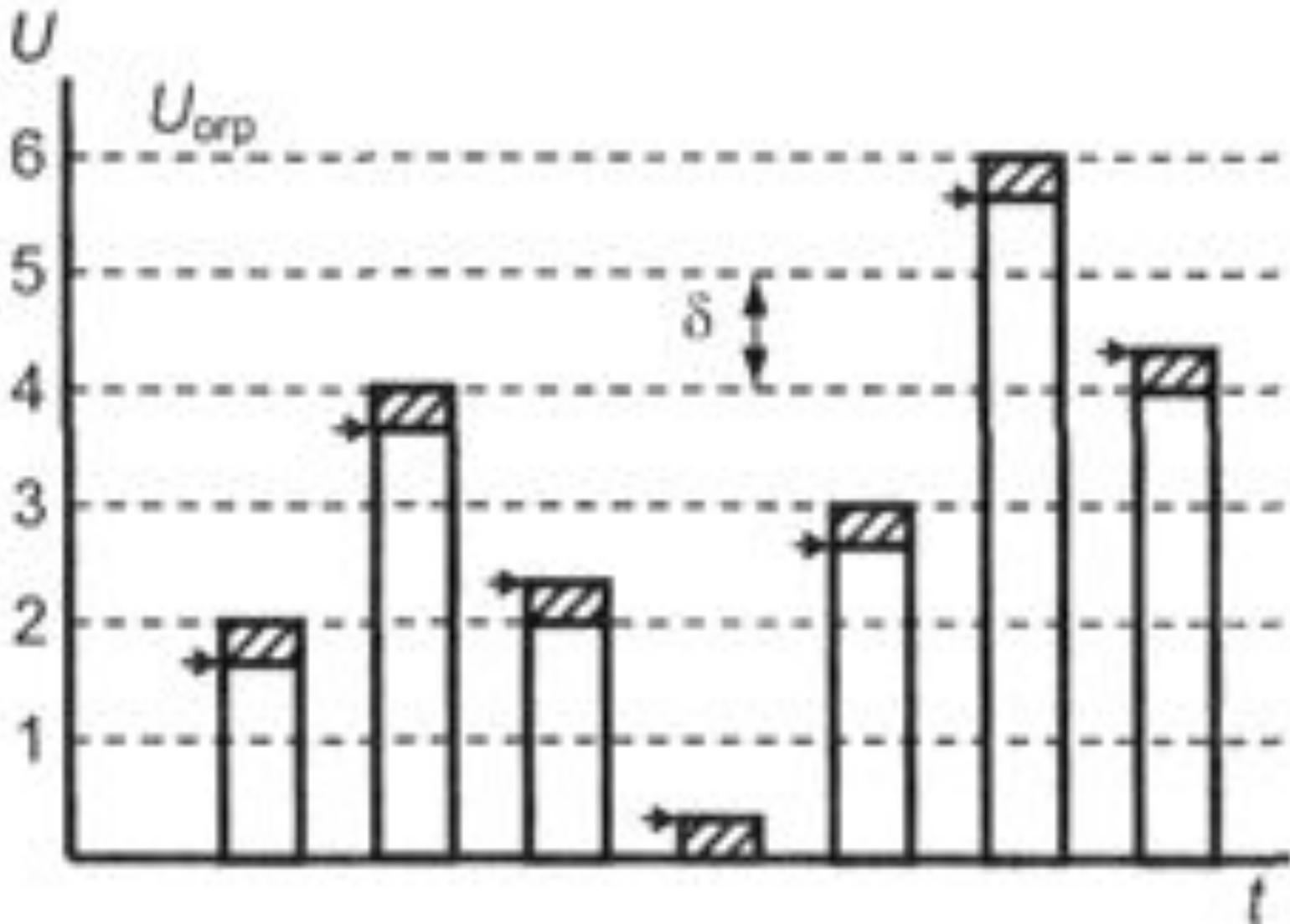


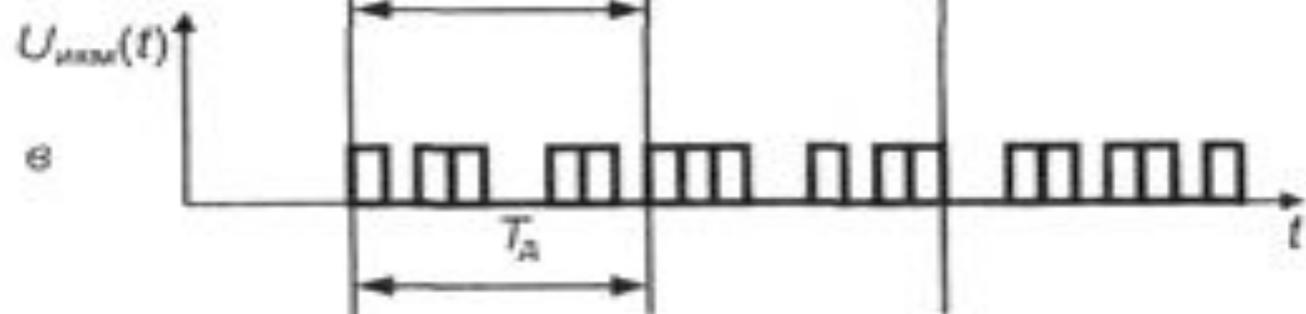
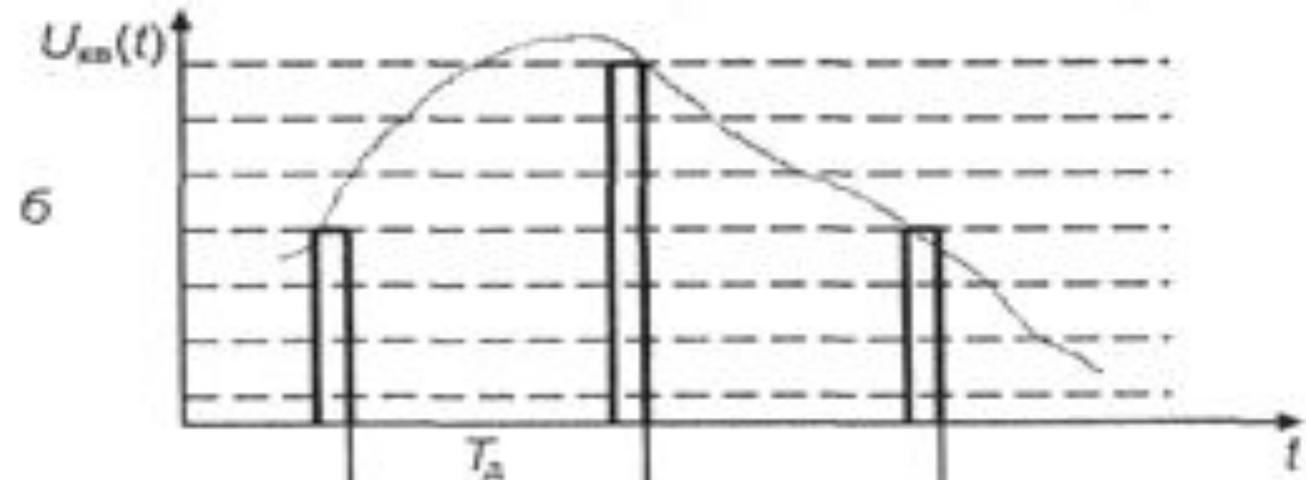
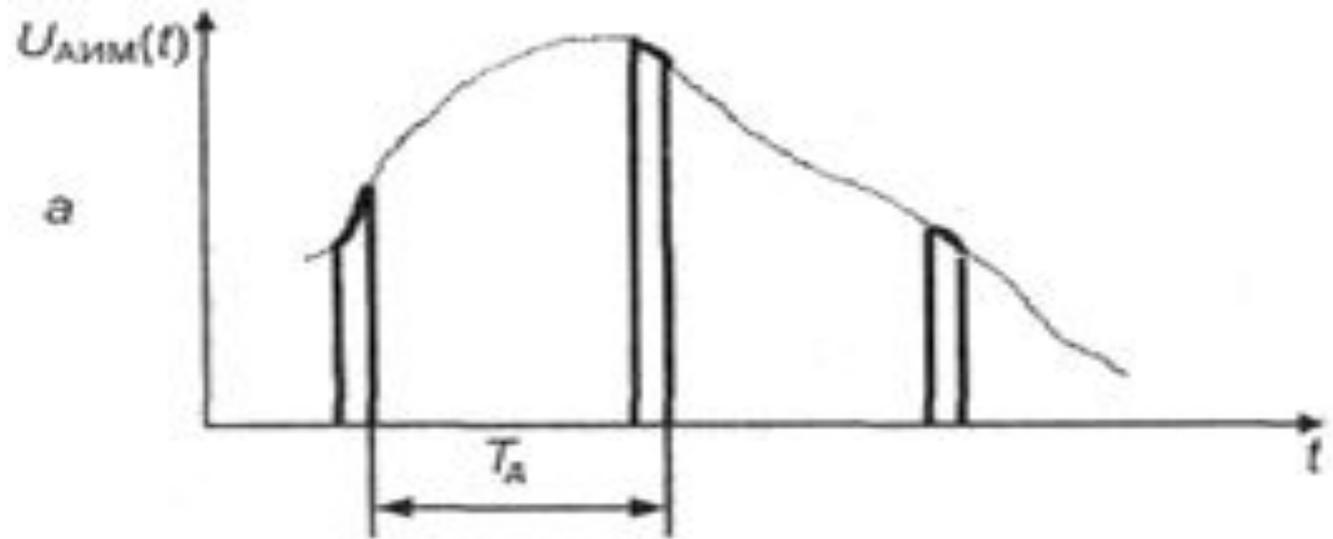
Схема преобразования аналогового сигнала в цифровой ИКМ сигнал



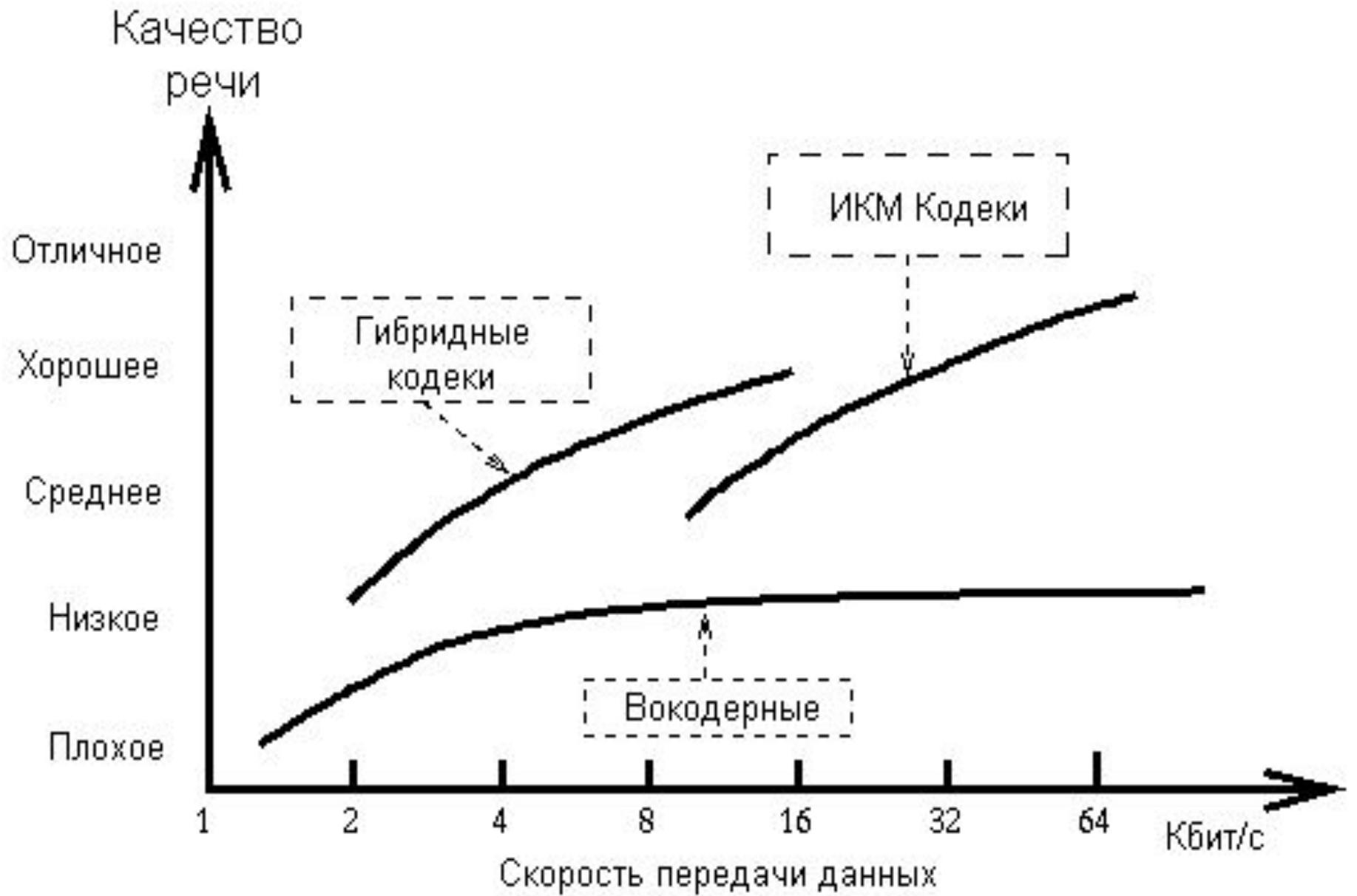
Образование АИМ-сигнала



Квантование мгновенных значений сигнала



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



Скорость передачи данных