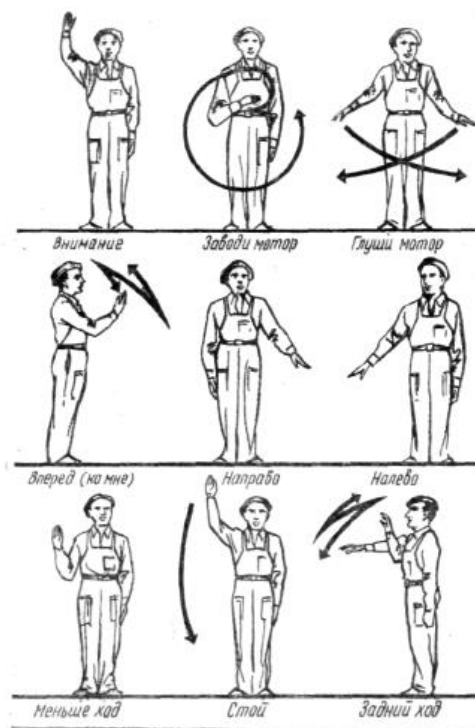
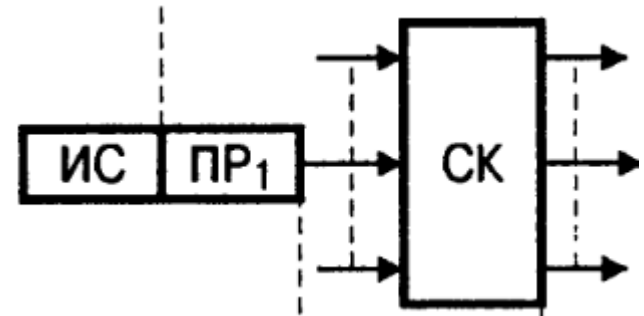


ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРВЫЧНЫХ СИГНАЛОВ



ПЕРВЫЧНЫЕ СИГНАЛЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Первичный сигнал электросвязи - электрический сигнал, получаемый на выходе преобразователя сообщения.

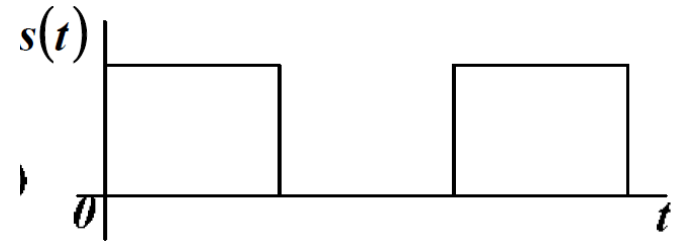
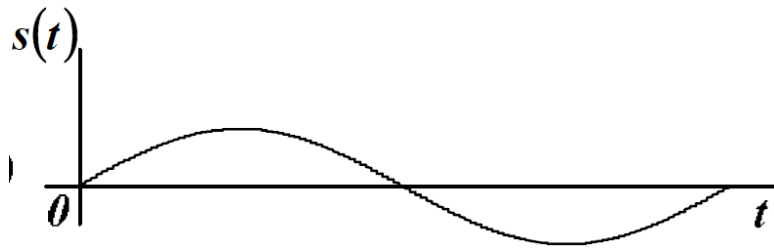


Характерным для первичных сигналов - относительно малая скорость их изменения и, следовательно, возможность передачи по низкочастотным каналам связи

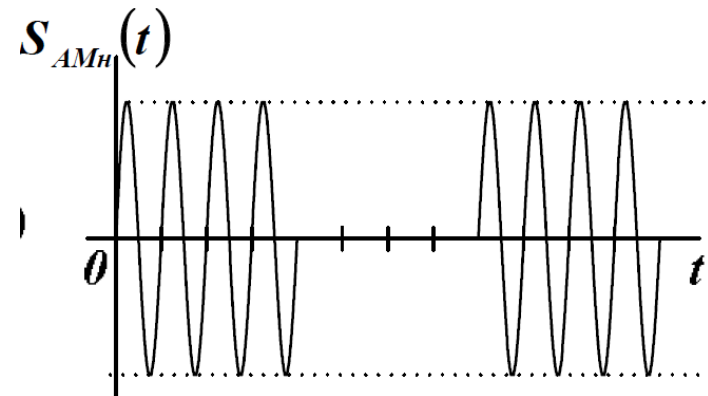
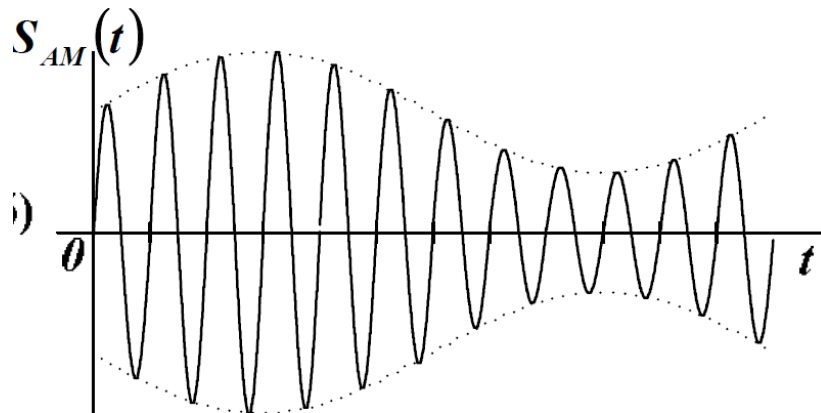
Для передачи речи - полоса пропускания канала несколько кГц

ПЕРВЫЧНЫЕ СИГНАЛЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Первичные сигналы



Вторичные сигналы



ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ СИГНАЛЫ. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Детерминированный сигнал – сигнал, мгновенное значение которого в любой момент времени можно предсказать с вероятностью единица

Длительность первичного сигнала T_c – интервал времени в пределах которого сигнал существует

Мгновенная мощность,
выделяемая на сопротивлении нагрузки R : $W(t) = \frac{U^2(t)}{R}$

Энергия сигнала:
$$E = \int_0^{T_c} W(t) dt = \int_0^{T_c} \frac{U^2(t)}{R} dt$$

Средняя мощность на интервале $[t_1, t_2]$:
$$W_{cp}(t_1, t_2) = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{U^2(t)}{R} dt$$

 $t_2 - t_1$ – интервал усреднения

СПЕКТРАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ НЕПЕРИОДИЧЕСКОГО СИГНАЛА

$$U(t) = \begin{cases} \neq 0; 0 \leq t \leq T_c; \\ = 0; t < 0; t > T_c; \end{cases}$$

$$S(f) = F\{U(t)\} = \int_0^{T_c} U(t) e^{-j2\pi ft} dt = |S(f)| e^{j\varphi(f)};$$

$$U(t) = F^{-1}\{S(f)\} = \int_{-\infty}^{\infty} S(f) e^{j2\pi ft} df;$$

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} |S(f)|^2 df = \int_0^{T_c} U^2(t) dt \quad - \text{энергия сигнала}$$

$|S(f)|^2$ - энергетический спектр

СТАЦИОНАРНЫЕ СЛУЧАЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ (ССП)

Случайный процесс $X(t)$ – функция неслучайного аргумента t (времени), сечение которой является случайной величиной

Случайный процесс называется **стационарным в широком смысле**, если :

$$m_x(t) = m_x$$

$$K_x(t_1, t_2) = K_x(t_2 - t_1) = K_x(\tau)$$

$$m_x = \int_{-\infty}^{\infty} xw(x)dx$$

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СП

КОВАРИАЦИОННАЯ (АВТОКОВАРИАЦИОННАЯ) ФУНКЦИЯ СП

$$K_x(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (x_1 - m_x)(x_2 - m_x) w_2(x_1, x_2; \tau) dx_1 dx_2$$

КОРРЕЛЯЦИОННАЯ (АВТОКОРРЕЛЯЦИОННАЯ) ФУНКЦИЯ СП

$$B_x(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x_1 x_2 w_2(x_1, x_2; \tau) dx_1 dx_2 = K_x(\tau) + m_x^2$$

Нормированная корреляционная функция

$$R_x(\tau) = \frac{K_x(\tau)}{D_x}$$

СТАЦИОНАРНЫЕ В ШИРОКОМ СМЫСЛЕ СП.

Для стационарного СП

$$1. K_x(\tau) = B_x(\tau) - m_x^2$$

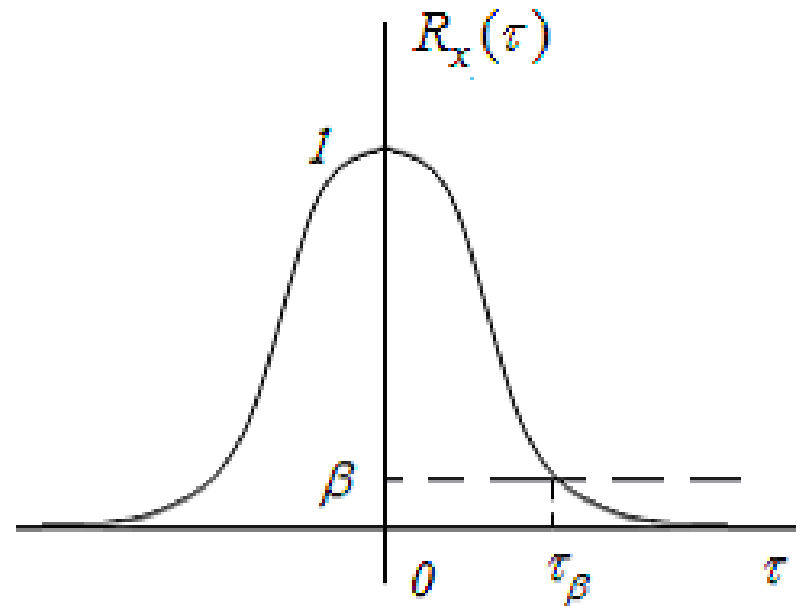
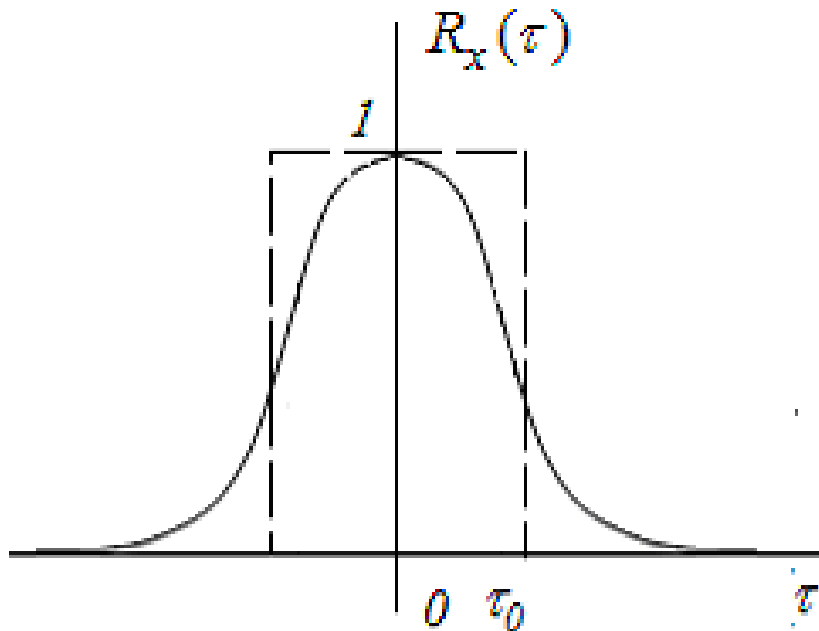
$$2. K_x(0) = D_x \quad B_x(0) = m_{2x} \quad R_x(0) = 1$$

$$3. K_x(\tau) = K_x(-\tau)$$

ИНТЕРВАЛ КОРРЕЛЯЦИИ СП

$$\tau_0 = \int_0^{\infty} |R_x(\tau)| d\tau = \frac{\int_0^{\infty} |K_x(\tau)| d\tau}{D_x}$$

$$R_x(\tau_\beta) = \beta$$



ЭРГОДИЧЕСКИЕ СЛУЧАЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ (ЭСП)

ССП называется **эргодическим в строгом смысле**, если с вероятностью единица усреднение по всей совокупности реализаций дает тот же результат, что и усреднение по времени:

$$m_x = \int_{-\infty}^{\infty} x w(x) dx = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt$$

$$B_x(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x_1 x_2 w_2(x_1, x_2; \tau) dx_1 dx_2 = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t) x(t + \tau) dt$$

СПЕКТРАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ МОЩНОСТИ СП

$$G_x(f) = F\{K_x(\tau)\} \quad K_x(\tau) = F^{-1}\{G_x(f)\}$$

$$W = D = \int_{-\infty}^{\infty} G_x(f) df$$

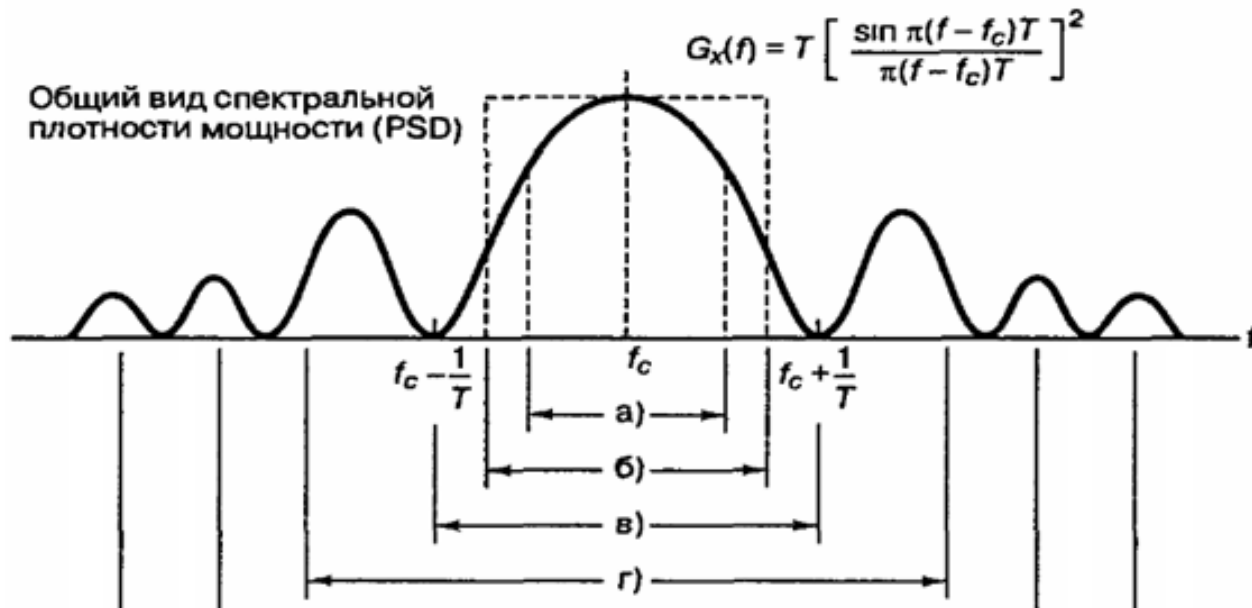
Мощность, заключенная в
конечной полосе частот:

$$W_{1,2} = \int_{-f_2}^{-f_1} G_x(f) df + \int_{f_1}^{f_2} G_x(f) df$$

Эффективная ширина спектра: $\Delta f_{\text{э}} = \frac{1}{G_{x \max}} \int_{-\infty}^{\infty} G_x(f) df = \frac{D_x}{G_{x \max}}$

$$\Delta f_{\text{э}} \tau_0 \geq \frac{1}{2}$$

ШИРИНА ПОЛОСЫ СИГНАЛА



f_c — частота
несущей,
 T — длительность
импульса

а) ширина полосы половинной мощности — интервал между частотами, на которых СПМ падает по мощности в два раза по сравнению с ее максимальным значением (на 3 дБ);

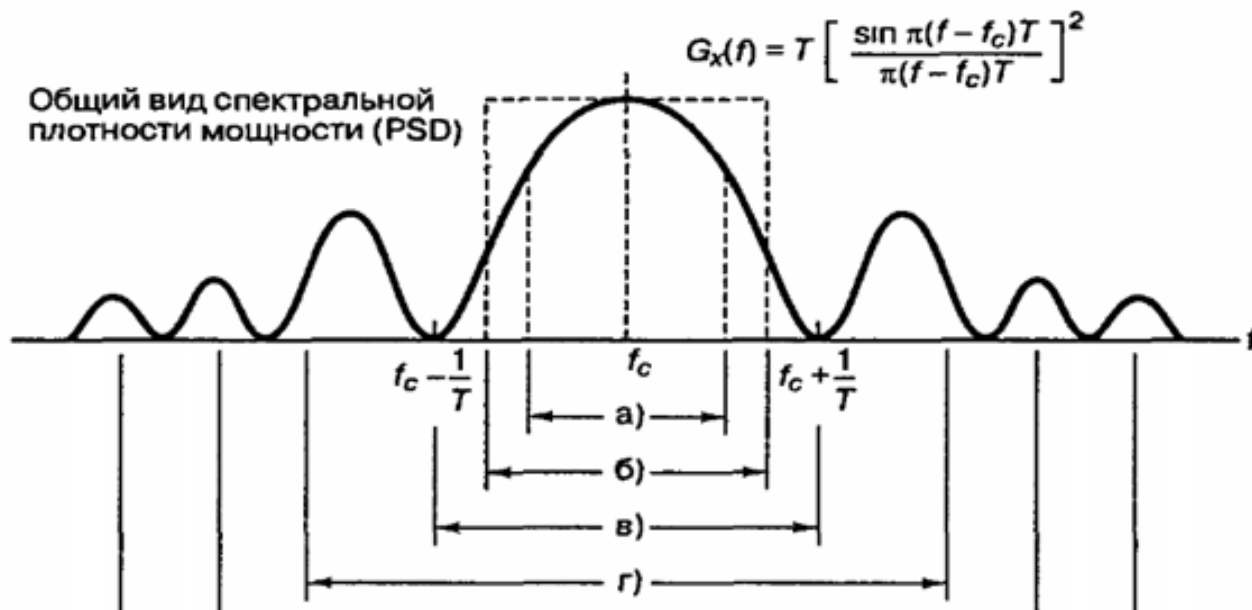
б) эффективная ширина спектра (ширина полосы прямоугольного (шумового) эквивалента) —

$$\Delta f = \frac{W_c}{G_{\max}}$$

W_c — полная мощность сигнала по всем частотам

$G_{\max}$ — максимальное значение $G(f)$

ШИРИНА ПОЛОСЫ СИГНАЛА



f_c — частота несущей,
 T — длительность импульса

- в) ширина полосы по первым нулям;
- г) полоса, вмещающая определенную часть суммарной мощности;

ЭФФЕКТИВНО ПЕРЕДАВАЕМАЯ ПОЛОСА ЧАСТОТ СИГНАЛА

Эффективно передаваемая полоса частот сигнала - диапазон частот, в пределах которого сосредоточена основная энергия сигнала (не менее 90 %)

$$\Delta f_c = f_{\max} - f_{\min}$$

Эффективно передаваемая полоса частот **канала** Δf_k - это полоса от минимального значения частоты до максимального, которую канал способен пропустить с выполнением заданных требований к качеству передачи сигнала.

Канал тональной частоты предназначен для передачи телефонного сигнала с полосой частот 300 ... 3400 Гц.

Канал звукового вещания высшего класса должен передавать сигналы с полосой частот 30 ... 15000 Гц.

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПОЛОСА ЧАСТОТ

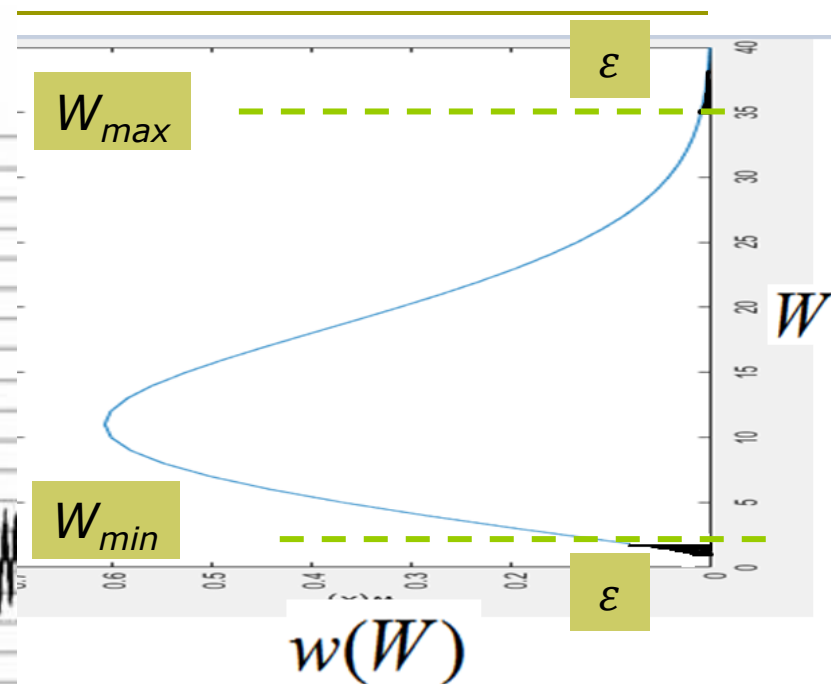
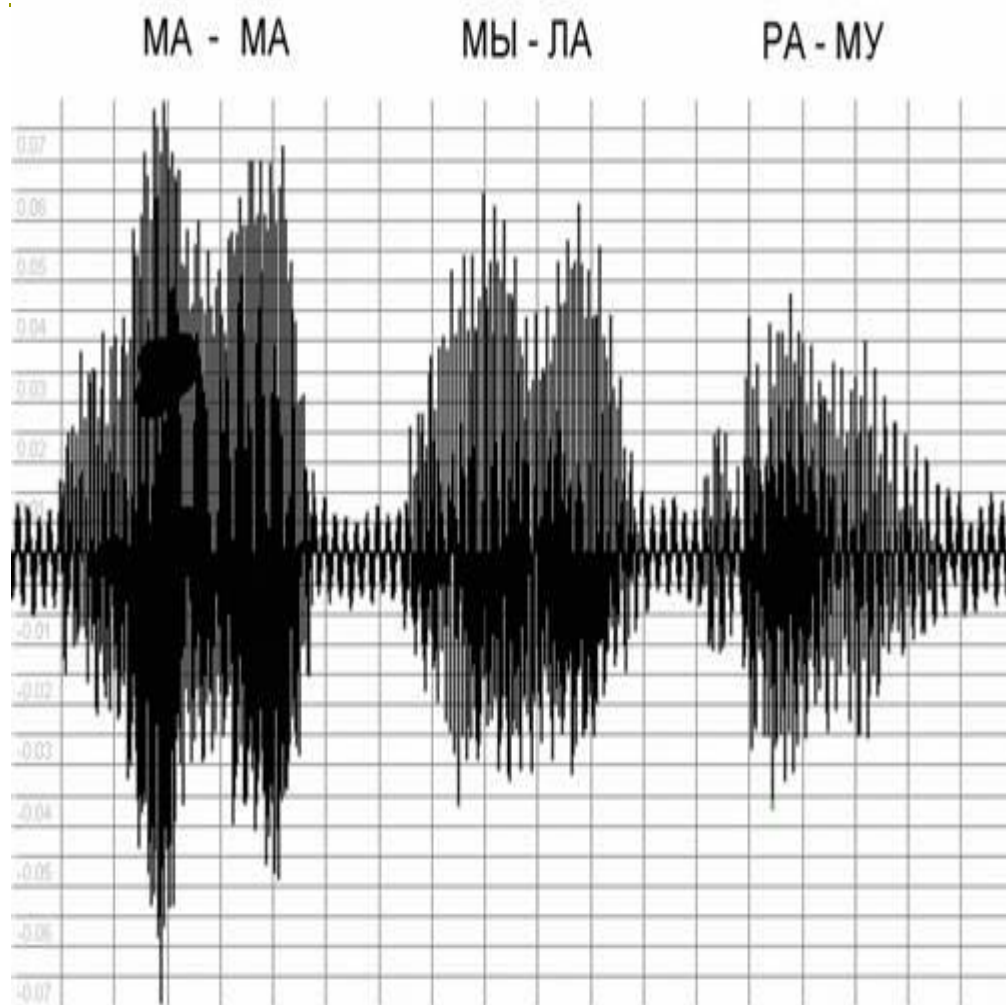
Центральная частота сигнала определяется как среднее значение между максимальной и минимальной частотами

$$f_0 = (f_{\max} + f_{\min}) / 2$$

Относительная полоса частот:

$$\delta = \frac{\Delta f_c}{f_0} = \frac{2(f_{\max} - f_{\min})}{(f_{\max} + f_{\min})}$$

НЕСТАЦИОНАРНЫЙ СИГНАЛ



ДИНАМИЧЕСКИЙ ДИАПАЗОН ПЕРВИЧНОГО СИГНАЛА

Максимальная мощность ПС – такая величина $W_{\max}$, которую мгновенное значение W может превзойти с определенной достаточно малой вероятностью ε . Для различных видов сигналов значение ε принимается равным $10^{-2} \dots 10^{-5}$.

Минимальная мощность ПС – такая величина $W_{\min}$, которую мгновенное значение W может превзойти с определенной достаточно большой вероятностью $1-\varepsilon$.

Разброс мощностей первичного сигнала в конкретной точке канала характеризуется **динамическим диапазоном** :

$$D_c = 10 \lg \frac{W_{\max}}{W_{\min}}, \text{ дБ}$$

ОШИБКА ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ СИГНАЛА

Ошибка воспроизведения сигнала оценивается мощностью ошибки:

$$W_{\varepsilon} = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \tilde{x})^2 w(x) dx \quad W_{\varepsilon} = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_0^T (x(t) - \tilde{x}(t))^2 dt$$

Получатель не замечает искаженный сигнал, если мощность ошибки не превышает некоторого допустимого (порогового) значения $W_{\varepsilon \max}$

Динамический диапазон:

$$D_c = 10 \lg \frac{W_{\max}}{W_{\varepsilon \max}}, \text{ дБ}$$

ДИНАМИЧЕСКИЙ ДИАПАЗОН ПЕРВИЧНОГО СИГНАЛА

Динамический диапазон цифрового ПС (ЦПС):

$$D_c = 20 \lg \frac{U_{\max}}{0.5 \Delta U_{\min}}, \text{дБ}$$

$U_{\max}$ – максимальное значение ПС;

$\Delta U_{\min}$ – минимальный возможный интервал между соседними уровнями

Если $\Delta U_{\min} = \Delta U = \text{const}$; L – число уровней ЦПС

$$U_{\max} = (L-1) \cdot \Delta U; \quad D_c = 20 \lg 2(L-1), \text{дБ}$$

Пример. Для бинарного сигнала с 2 уровнями $D_c=6\text{дБ}$

ПИК-ФАКТОР

Пик-фактор-отношение максимальной мощности сигнала к средней мощности, выраженное в дБ:

$$Q_c = 10 \lg \frac{W_{\max}}{W_{cp}}, \text{дБ}$$

Защищенность - отношение средней мощности первичного сигнала W_{cp} к средней мощности помехи $W_{п}$, выраженное в дБ :

$$A_3 = 10 \lg \frac{W_{cp}}{W_n}, \text{дБ}$$

ОБЪЕМ ПС

Объем ПС - произведение трех физических параметров ПС: длительности T_c , динамического диапазона D_c и эффективно передаваемой полосы частот Δf_c

$$V_c = \Delta f_c \cdot T_c \cdot D_c$$

Потенциальный информационный объем или количество информации I_c , переносимое ПС в единицу времени

$$I_c = -f_T \sum_{i=1}^L p_i \log_2 p_i, \text{бит} / \text{с}$$

f_T - частота следования посылок (тактовая частота)

$$p_i = 1 / L \quad \longrightarrow \quad I_c = f_T \log_2 L, \text{бит} / \text{с}$$

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОБЪЕМ ПС

$$I_c = \Delta f_c \log_2 \left(1 + \frac{W_{cp}}{W_n} \right), \text{бит} / \text{с}$$

Δf_c - эффективно передаваемая полоса частот, Гц;

W_{cp} - средняя мощность ПС;

W_n - средняя мощность помехи.

$$\begin{aligned} I_c &= \Delta f_c \frac{10 \log_{10} \left(1 + \frac{W_{cp}}{W_n} \right)}{10 \log_{10} 2} \approx 0.332 \Delta f_c 10 \log_{10} \left(\frac{W_{cp}}{W_n} \right) \\ &= 0.332 \Delta f_c A_3 (\text{бит} / \text{с}) \end{aligned}$$

η - коэффициент активности источника первичного сигнала (для телефонных сигналов берется равным 0,25...0,35, а для остальных - 1);

$$I_c = 0.332 \eta \Delta f_c A_3, \text{бит} / \text{с}$$