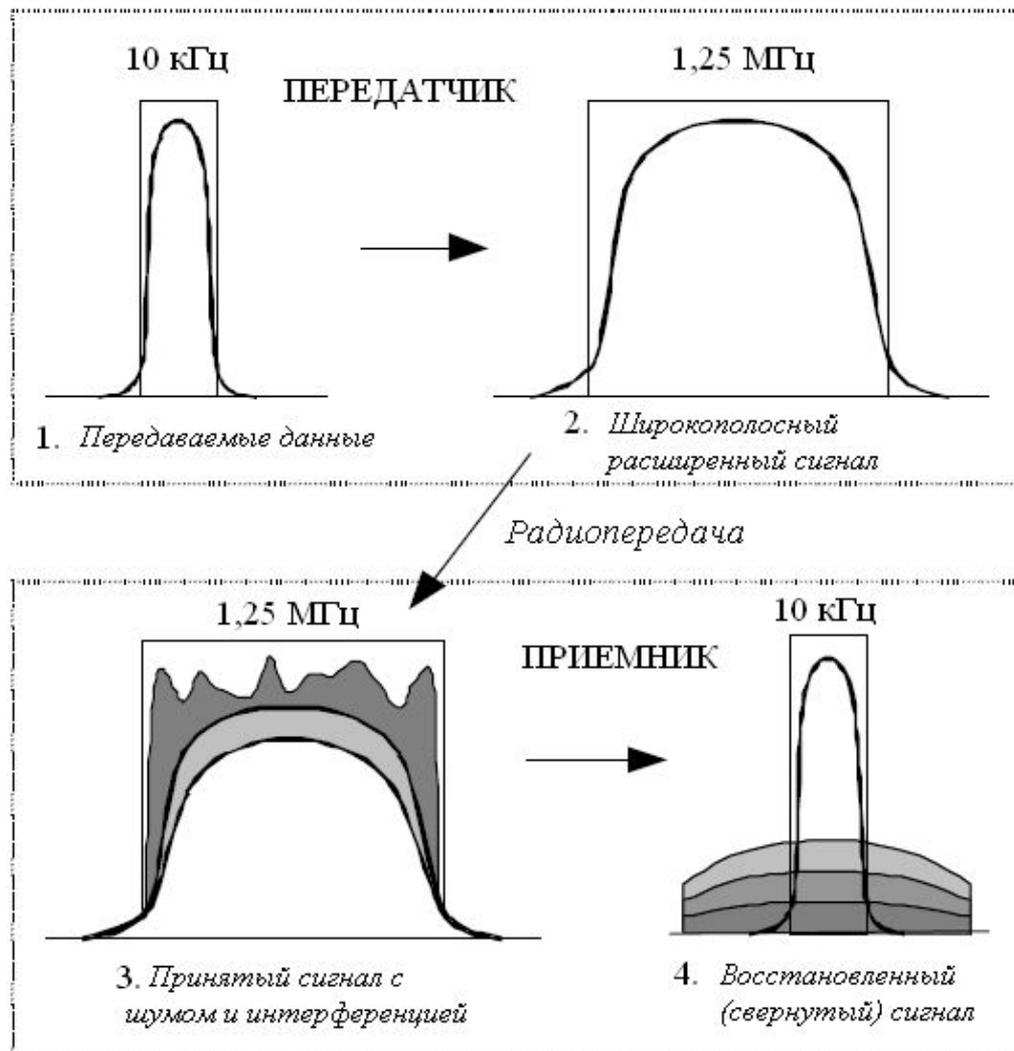


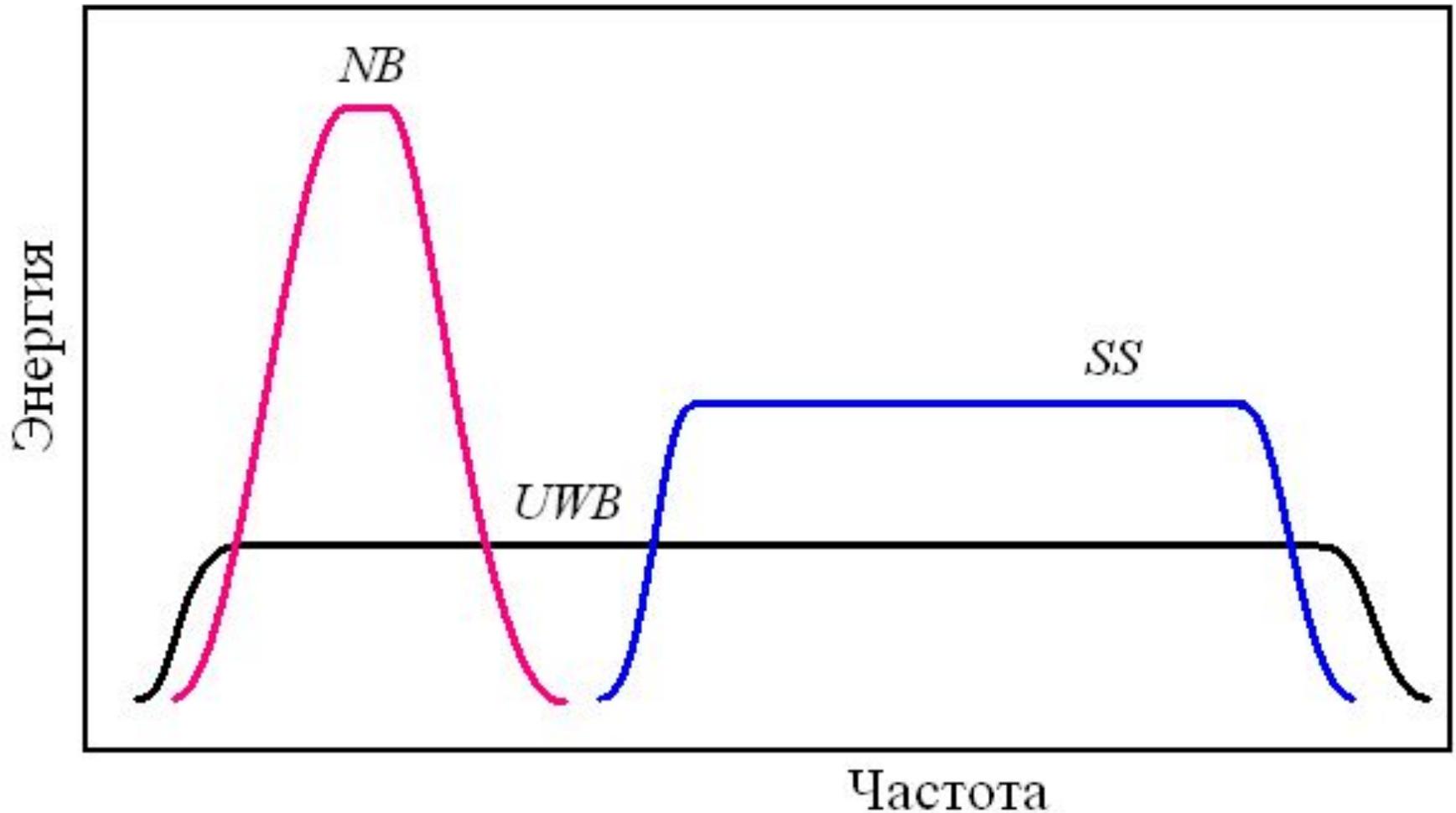
Шумоподобные сигналы и широкополосные системы

Лекция 17

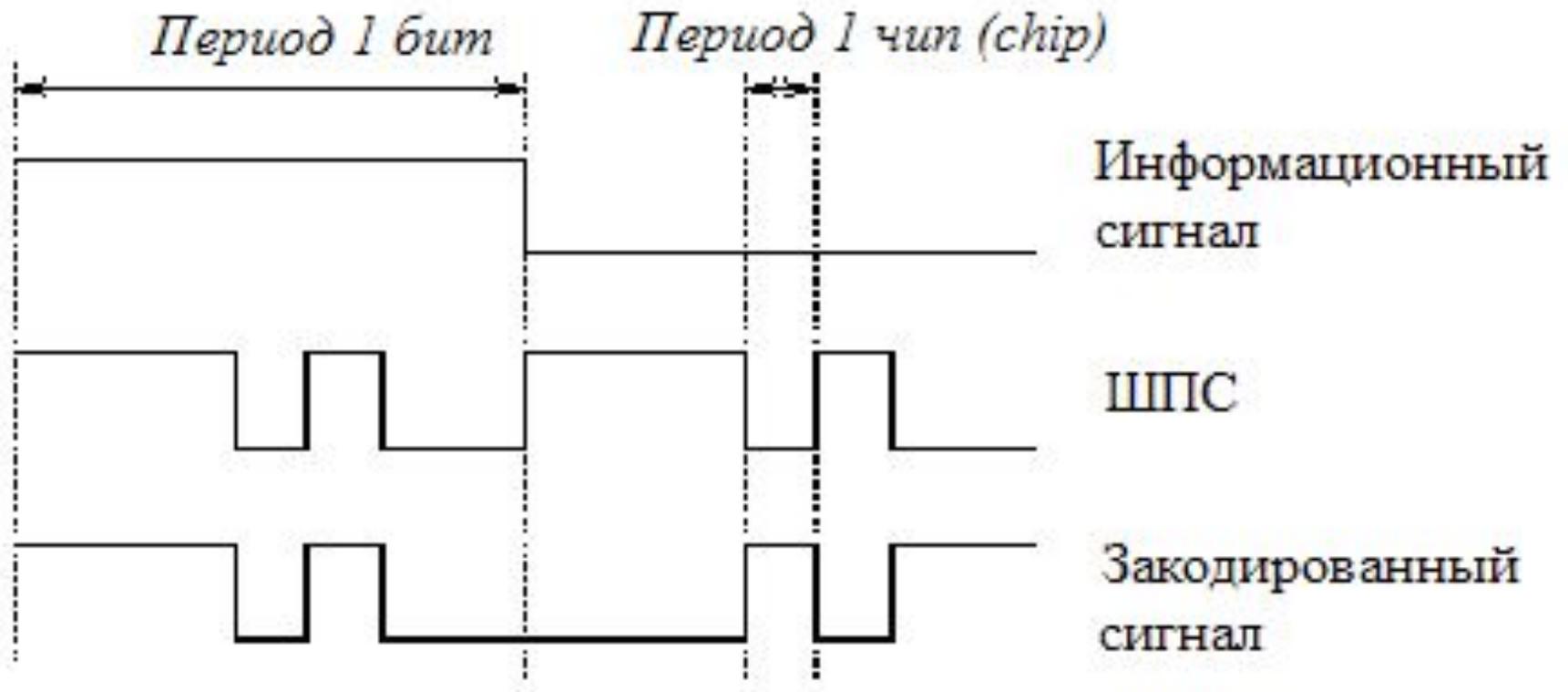
Расширение и свертка в CDMA



Сравнение форм сигналов: узкополосного и широкополосных



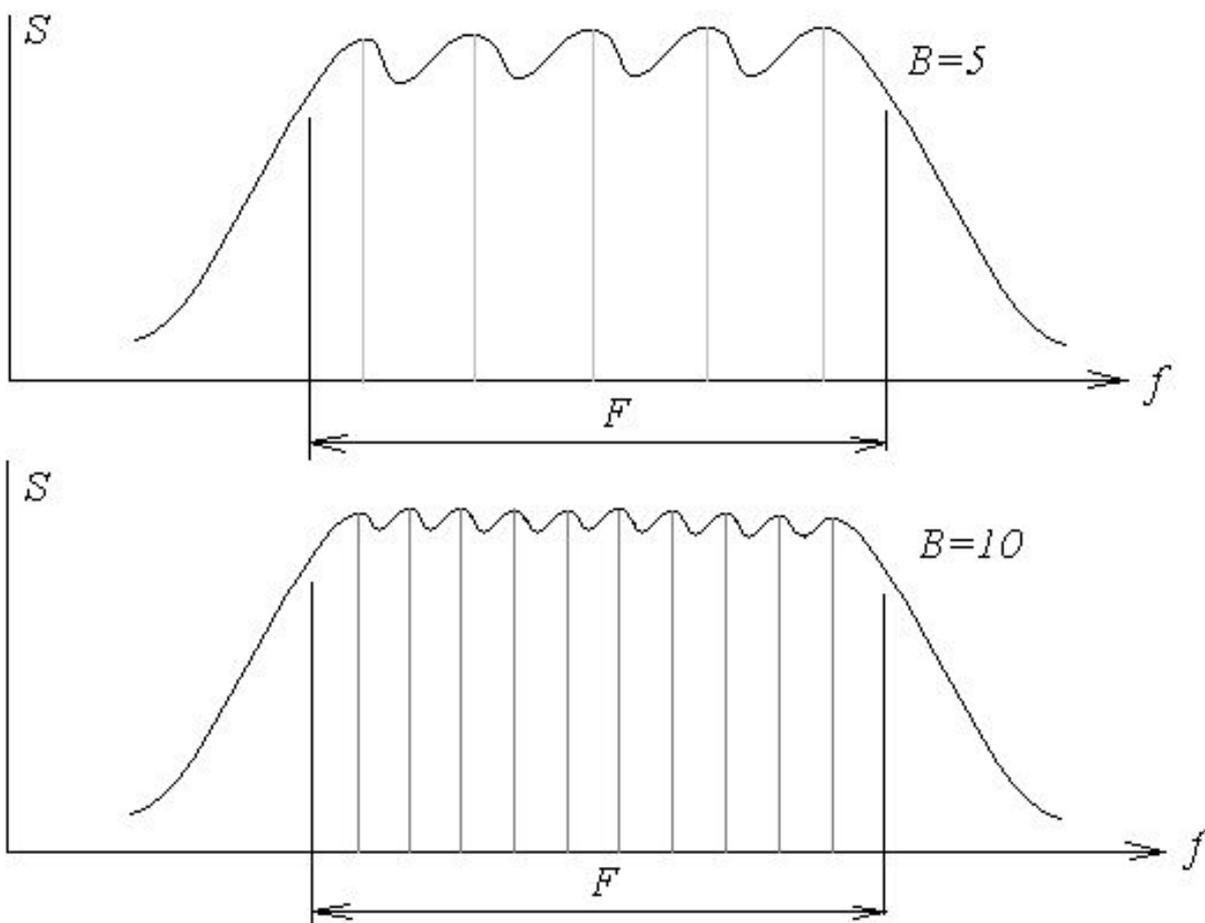
Расширение спектра



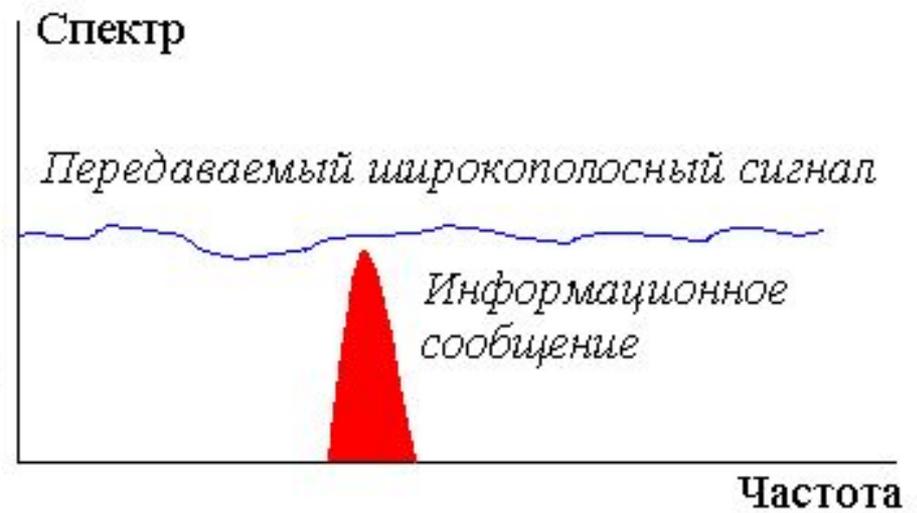
Определение базы сигнала, B

- Произведение полосы частот, в которой содержатся дискретные составляющие сигнала и основная часть его энергетического спектра, на длительность дискретного элемента, $B = F T$
- Величина базы сигнала характеризует отношение ширины спектра сигнала (F), зависящей от способа кодирования сигнала, к ширине спектра сообщения, определяемого скоростью передачи ($1/T$)

К определению базы сигнала



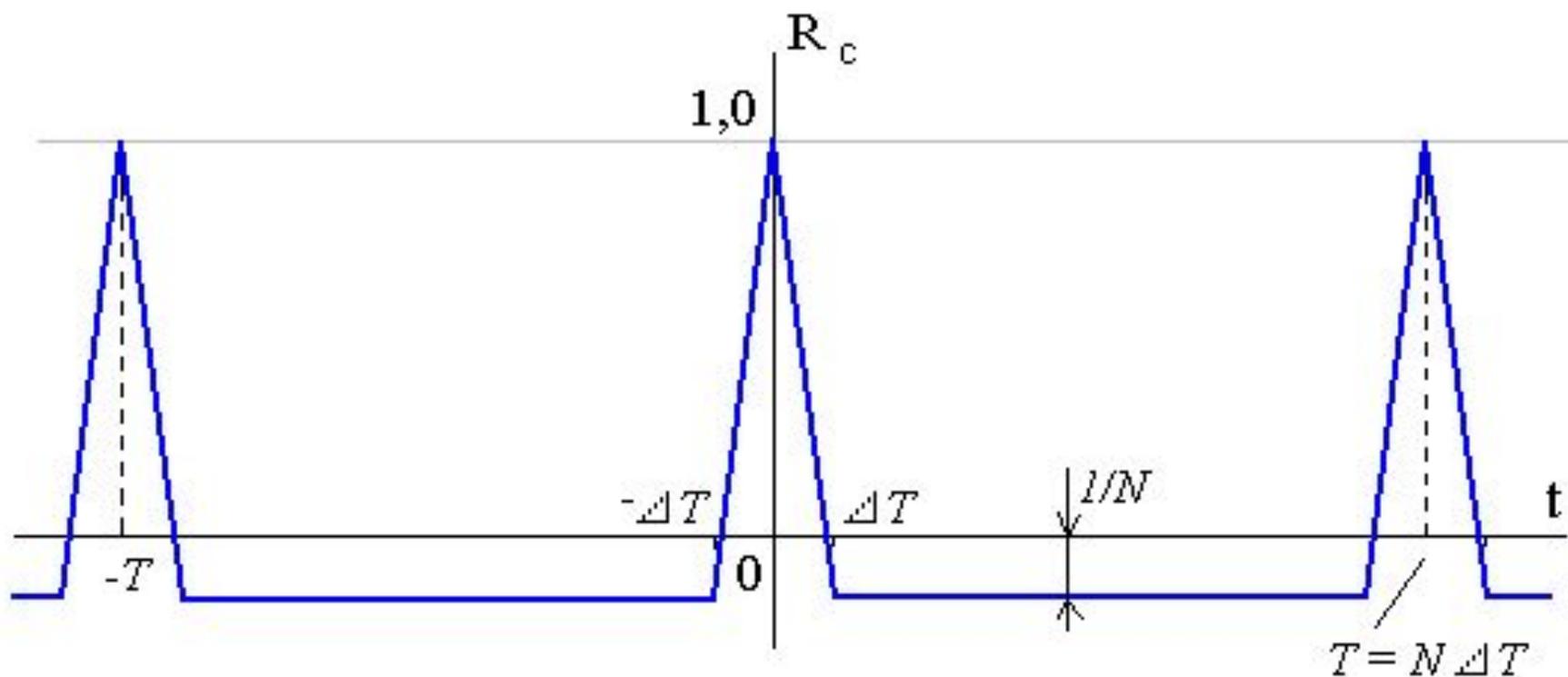
Узкополосный и широкополосный сигналы



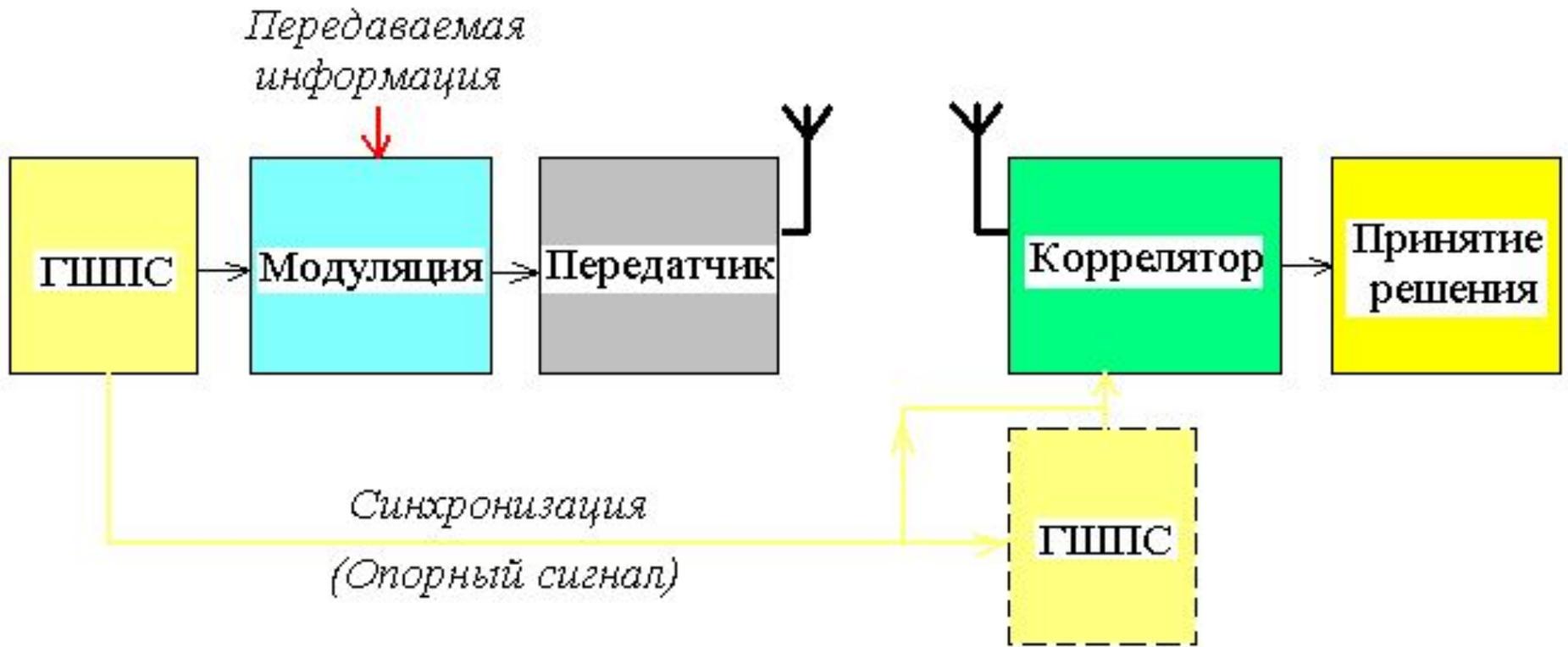
Некоторые термины

- ШПС (*pseudo-noise, PN*) – шумоподобный сигнал – сигнал с шумоподобными характеристиками
- Коррелятор (*correlator*) – приемник сигнала, анализирующий и обрабатывающий широкополосный шумоподобный сигнал
- Свертывание, сжатие спектра (*de-spreading*) – преобразование широкополосного сигнала в информационный узкополосный

Вид автокорреляционной функции



Система связи с ШПС



Сигналы в системе

- Информационный $S(t)$
- С расширенным спектром $S(t)PN(t)$
- Принимаемый сигнал
 $S(t)PN(t) + NBI(t) + WBI(t) + MP(t) + n(t)$,
где $PN(t)$ - ШПС, $NBI(t)$ -
узкополосная интерференция, $WBI(t)$ -
широкополосная интерференция, $MP(t)$
- многолучевость, $n(t)$ - АБГШ

Расшифрованный сигнал

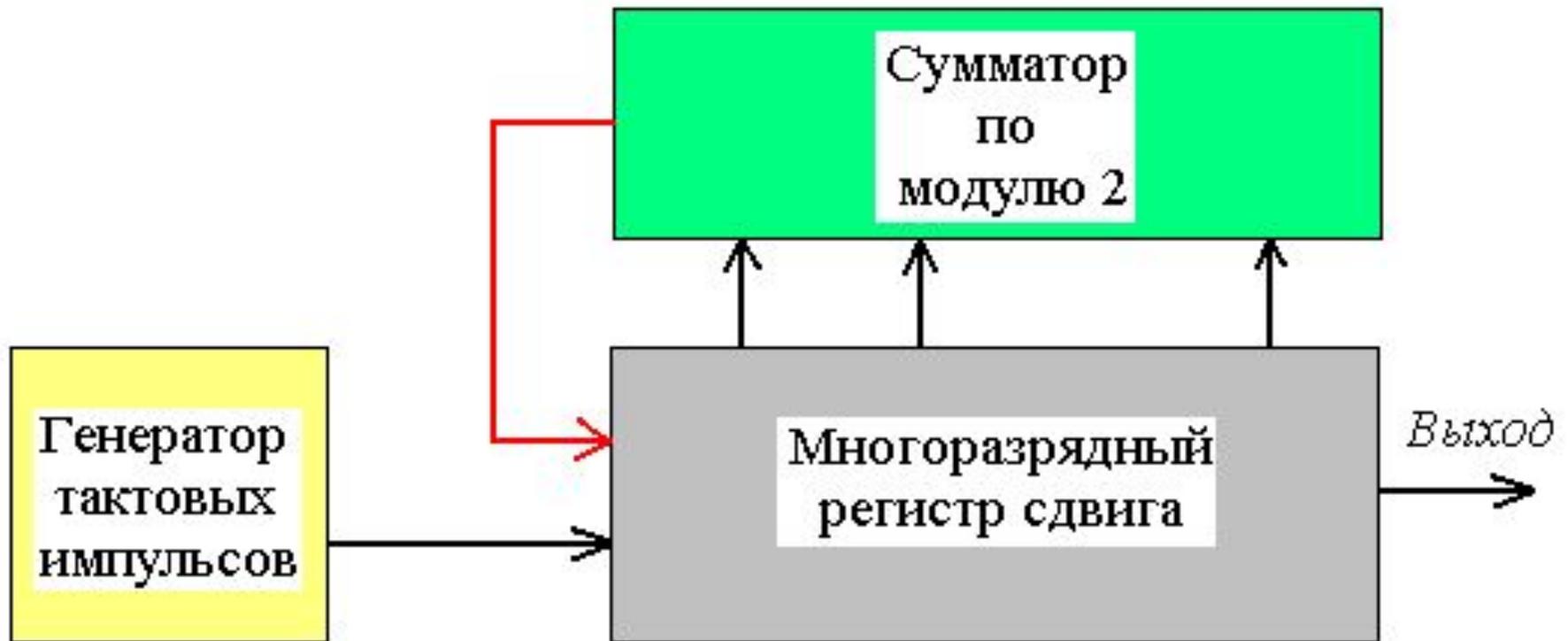
- Последовательность действий
$$u(t) = S(t)PN(t)PN(t) + NBI(t)PN(t) + WBI(t)PN(t) + MP(t)PN(t) + n(t)PN(t)$$
- $$u(t) = S(t) + NBI(t)PN(t) + WBI(t)PN(t) + MP(t)PN(t) + n(t)PN(t)$$
- $$u(t) = S(t) + N(t)$$
- С учетом корреляции $PN(t)PN(t) = 1$

Схема преобразований

Мощность



Формирование псевдослучайной последовательности



Генерация последовательностей

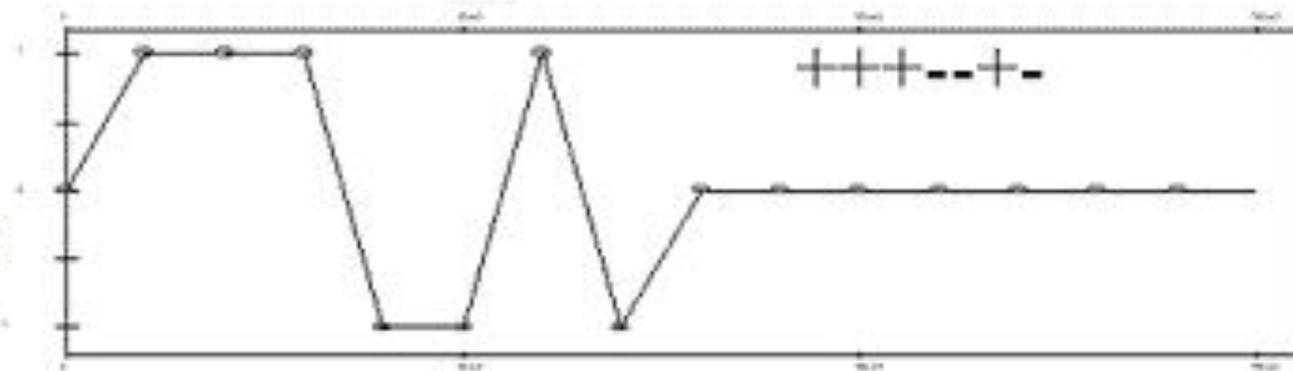
Регистр сдвига, бит	Обратные связи от разрядов
4	[4, 1]
6	[6, 1], [6, 5, 3, 2], [6, 5, 2, 1]
8	[8, 4, 3, 2], [8, 6, 5, 3], ... [8, 7, 6, 5, 2, 1], [8, 6, 4, 3, 2, 1]

Коды Баркера (до 13 разрядов)

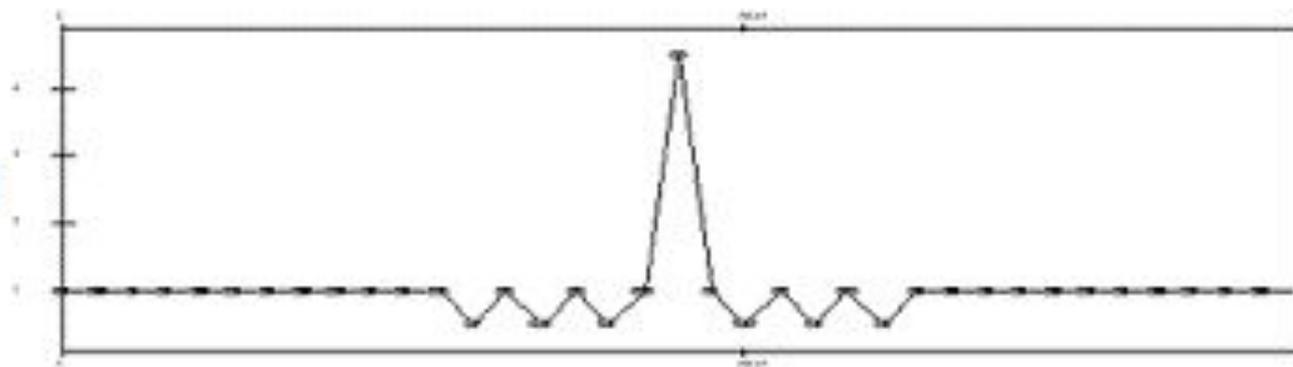
- 2 +- или ++
- 3 ++-
- 4 +-++ или +--+
- 5 +++-+
- 7 +++--+
- 11 ++++--+
- 13 +++++-++-+-

Пример

Код
Баркера



Авто-
корреляция



Коды Уолша (CDMA)

Матричное представление

$$H_2 = \begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 0 \\ \hline 0 & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$H_4 = \begin{array}{|c|c|} \hline H_2 & H_2 \\ \hline H_2 & \bar{H}_2 \\ \hline \end{array}$$

Ортогональность

$$\langle H_m(k)H_m(p) \rangle = 0 \quad k \neq p$$

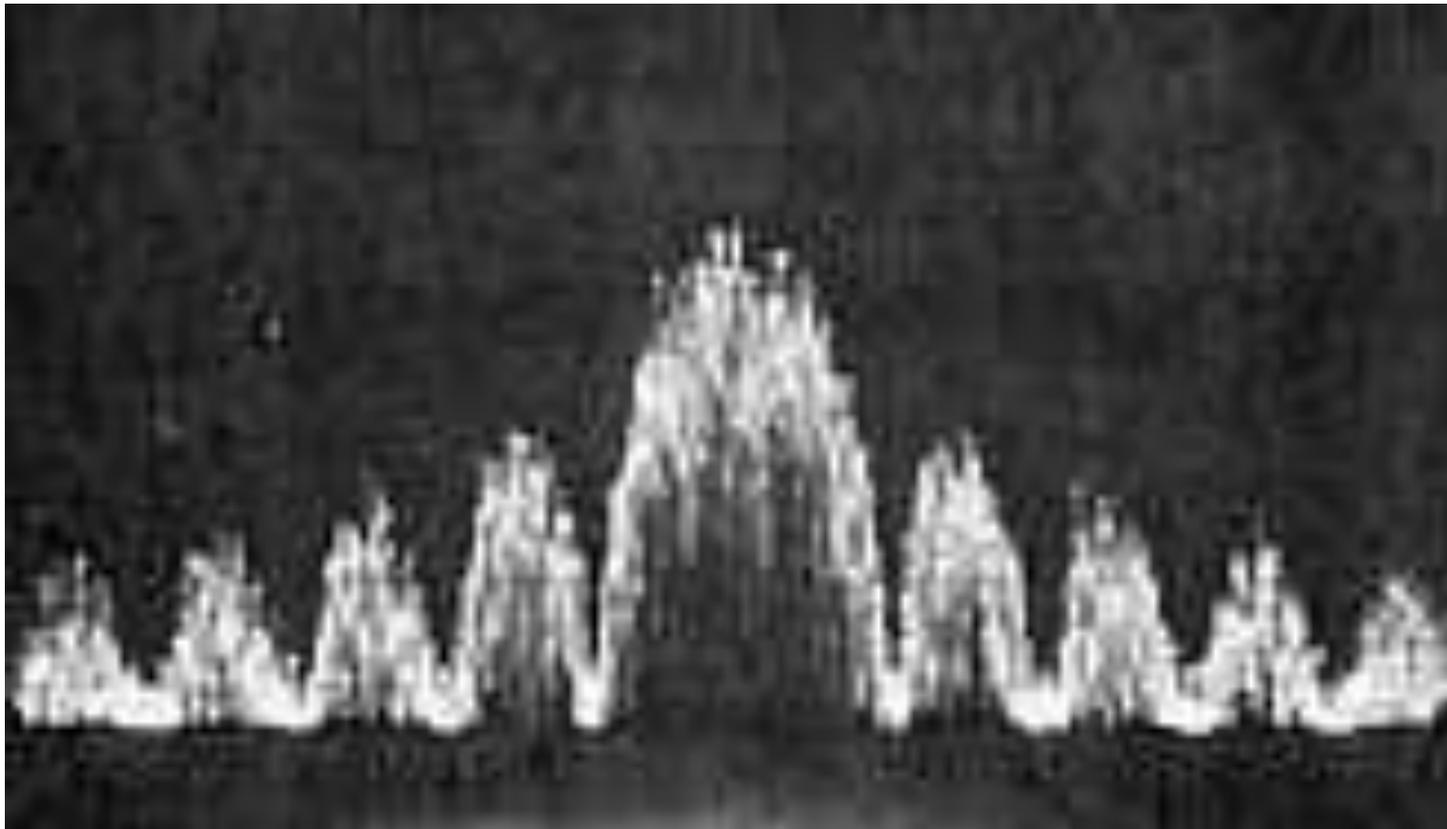
M-последовательности

- Линейные коды максимальной длины, или последовательности с максимальной длиной регистра сдвига L
- Верхняя граница для количества различных M -последовательностей определяется выражением $S \leq (L-1)/n$
- В одном периоде M -последовательности содержится $2^{n-1} - 1$ нулей и 2^{n-1} единиц

Два основных метода расширения

- Прямое расширение спектра – *DSSS* (*Direct-Sequence Spread Spectrum*), расширение за счет умножения на псевдослучайную последовательность
- Скачкообразное расширение спектра – *FHSS* (*Frequency-Hopping Spread Spectrum*), несущая скачкообразно меняет частоту в пределах широкой полосы (для M -значного алфавита)

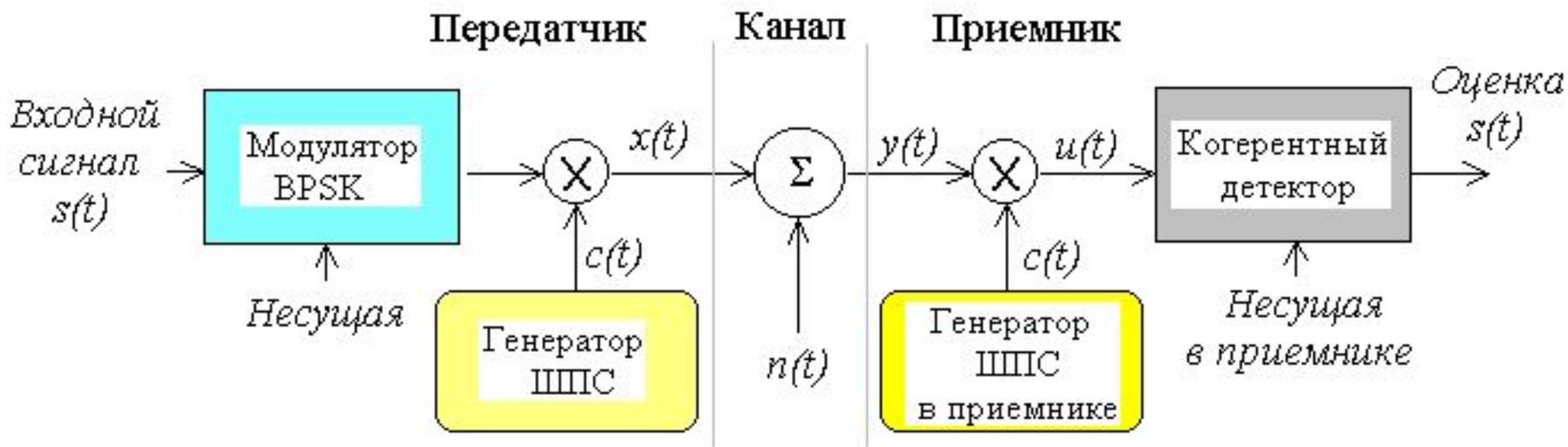
Прямое расширение



Скачкообразное расширение

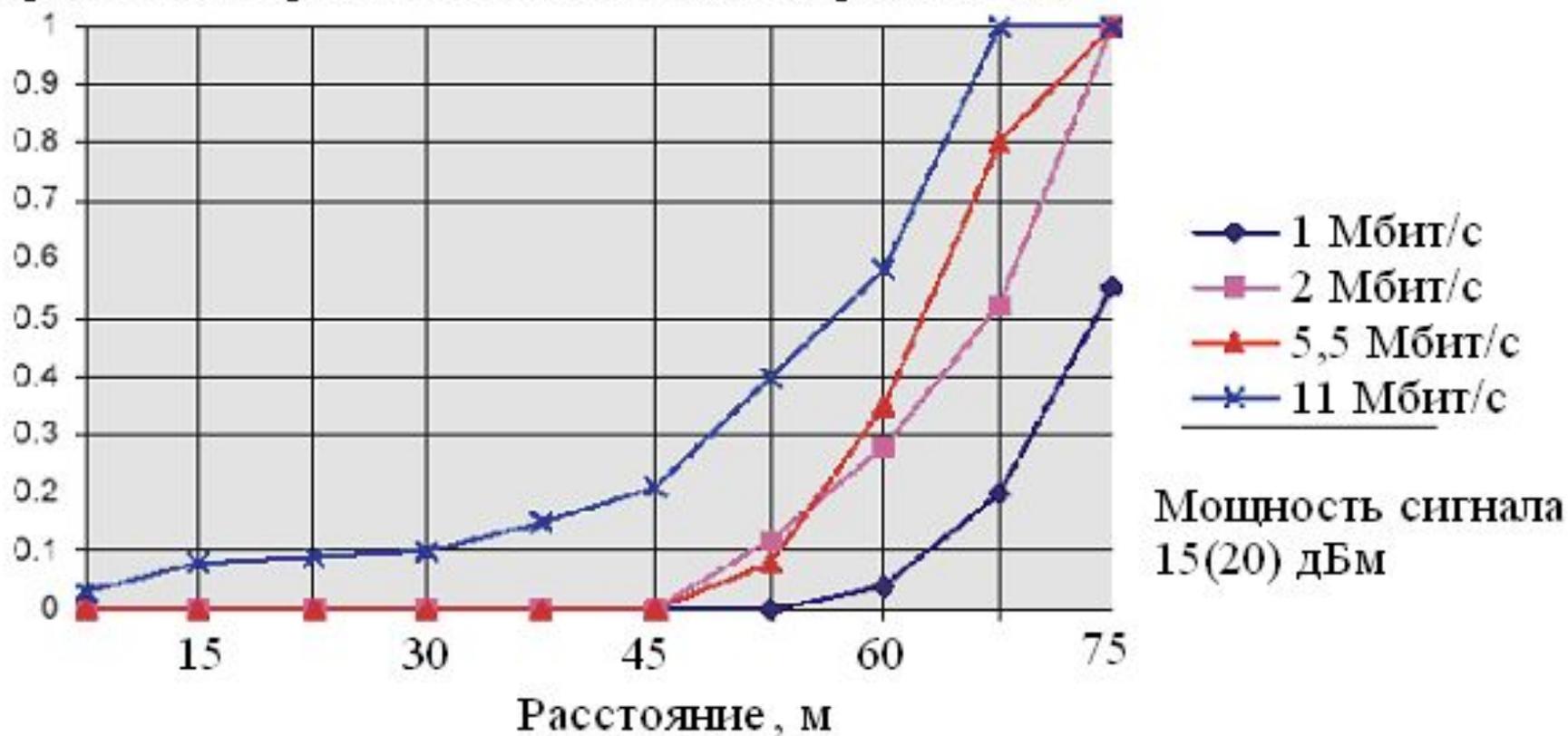


Модель системы ПРС (DSSS) на основе ФМ

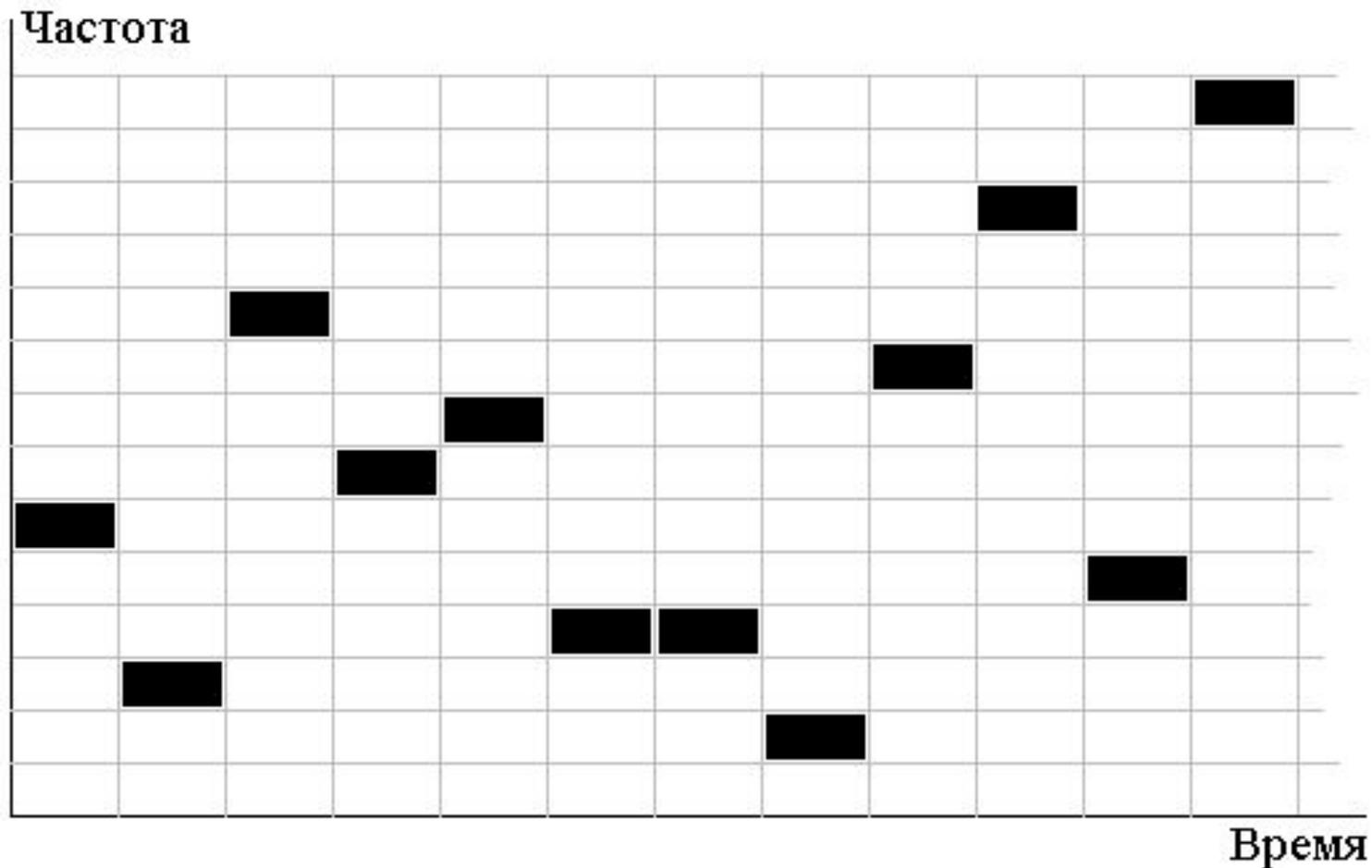


Зависимость ошибок от скорости

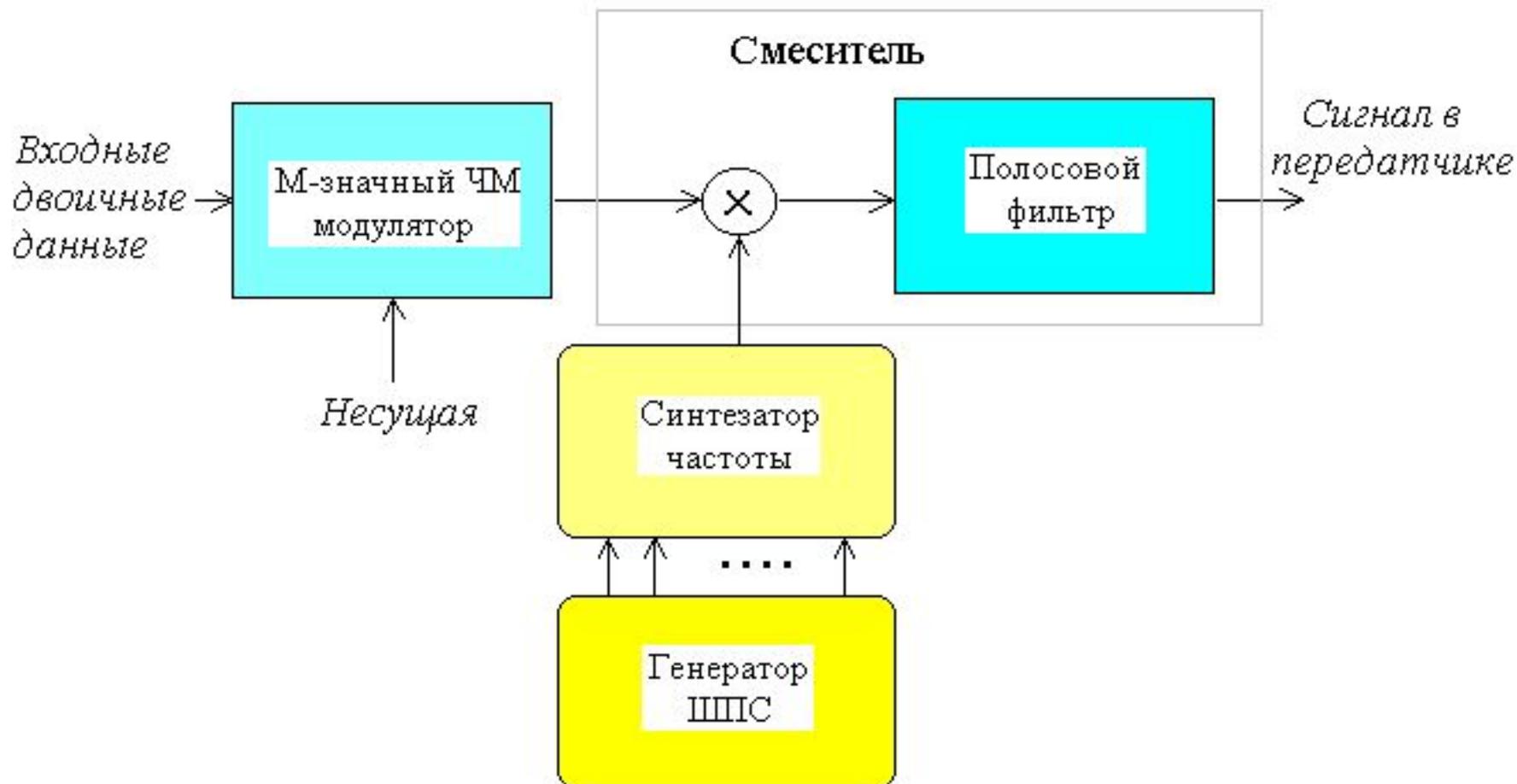
Вероятность принятия ошибочного кадра данных



Принцип скачкообразного изменения частоты

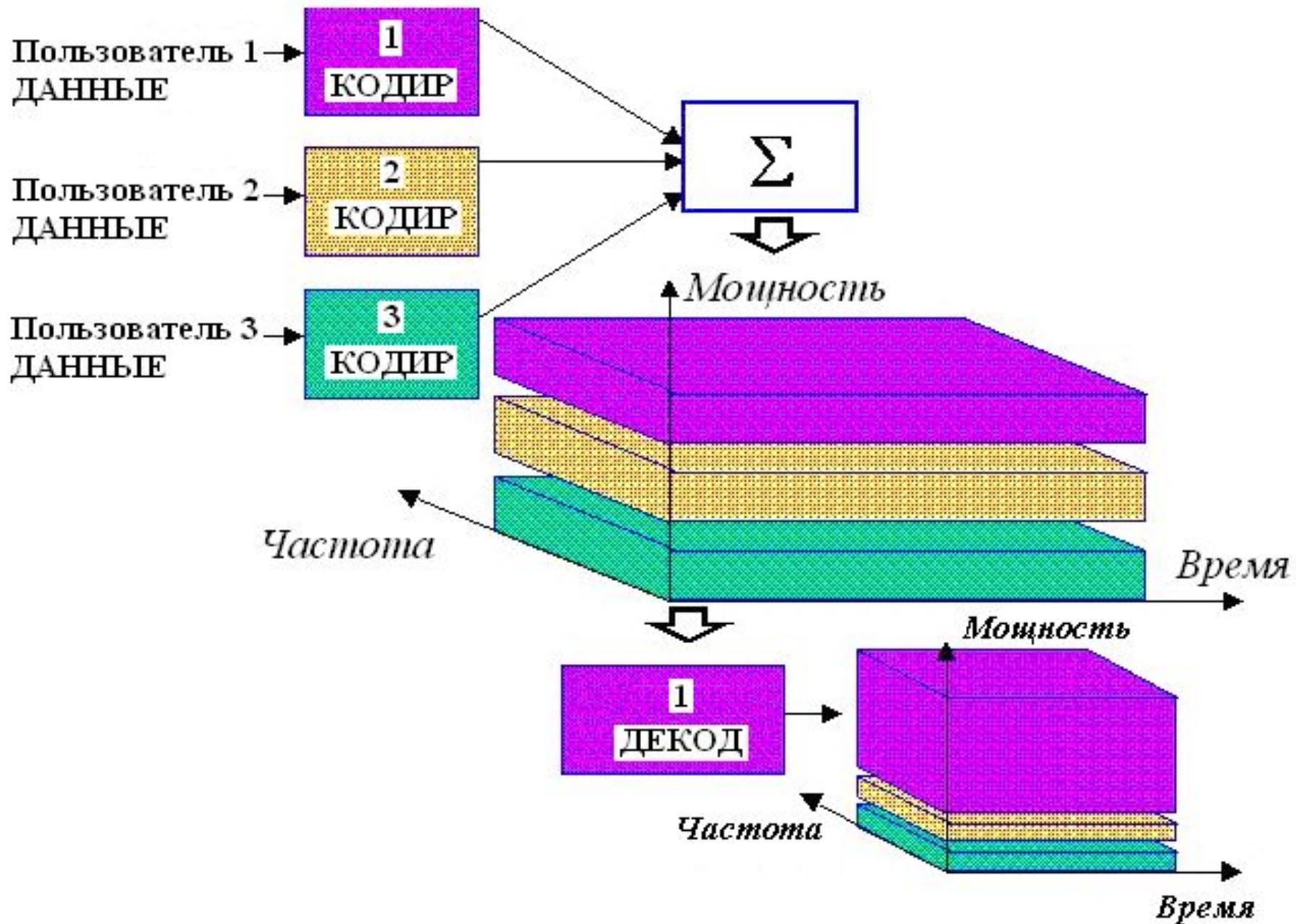


Скачкообразное преобразование на основе ЧМ



Что же лучше?

<i>Прямое расширение</i>	<i>Скачкообразное расширение</i>
Скорость передачи ниже	Скорость передачи выше
Высокая защита от интерференций	Низкая защита от интерференций
Малые потери данных	Большие потери данных
Высокое отношение S/N	Низкое отношение S/N
Небольшая мощность	Большая мощность
Простая система	Усложненная система



Метод многократного повторения принятого сигнала

- Несколько принятых (многолучевые) экземпляров сигнала оказываются по-разному искаженными помехами, так как сигнал и помеха – процессы независимые
- Сличая в приемнике несколько экземпляров одного и того же сигнала, можно восстановить истинную форму переданного сигнала

Схема приемника RAKE

