

Исследование алгоритмов фазовой синхронизации для сигналов с фазовой манипуляцией

Выполнил
Студент группы ФРМ-502-О-07
Дереча Е. В.

Научный руководитель
к.т.н. Привалов Д.Д.

Цели:

Исследовать алгоритмы фазовой синхронизации.

Выявить их достоинства и недостатки.

Задачи:

Изучить литературные источники.

Провести математическое моделирование.

Сравнить полученные результаты и сделать выводы.

Классификация алгоритмов

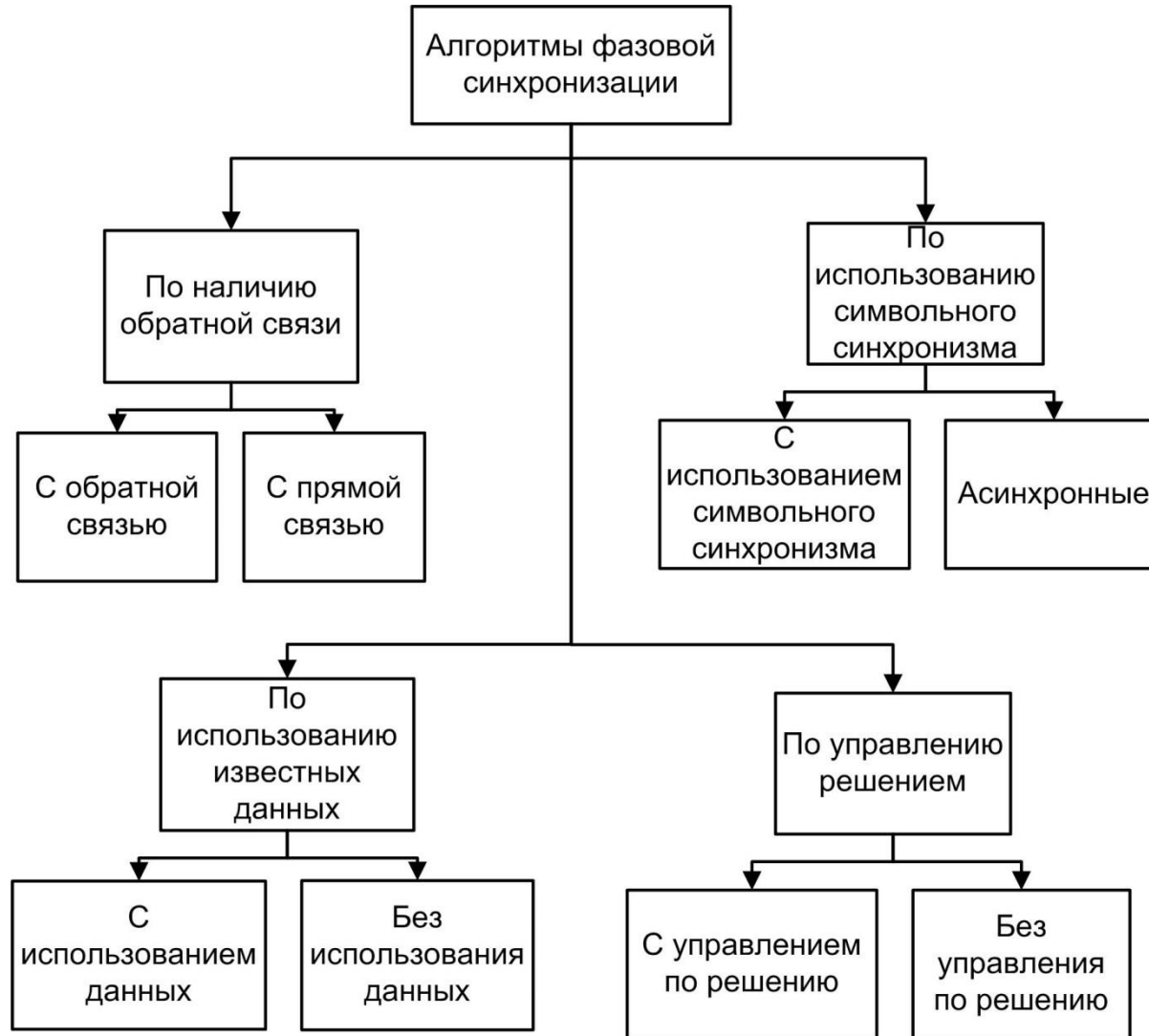


Рис. 1 Диаграмма классификации алгоритмов

Модель сигнала

принимаемая волновая форма

$$r(t) = s(t) + w(t) \quad (1)$$

где

$$s(t) = e^{j(2\pi\nu t + \theta)} \sum_i c_i g(t - iT - \tau) \quad (2)$$

$w(t)$ - АБГШ,

ν - частотный сдвиг,

θ - фаза несущей,

τ - временная задержка,

$\{c_i\}$ - информационные символы,

T - символный период,

$g(t)$ - форма импульса сигнала.

Сигнальное созвездие

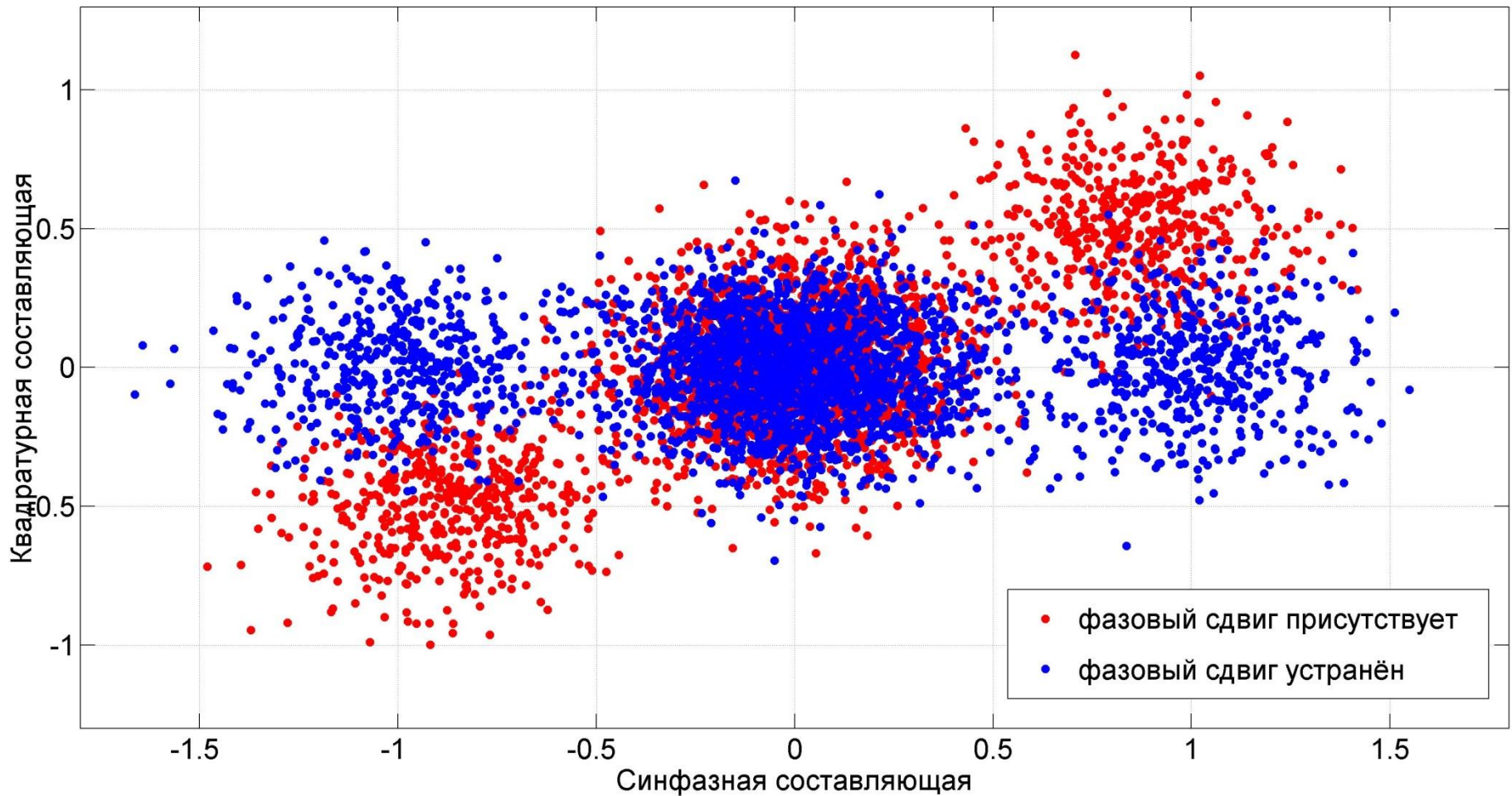
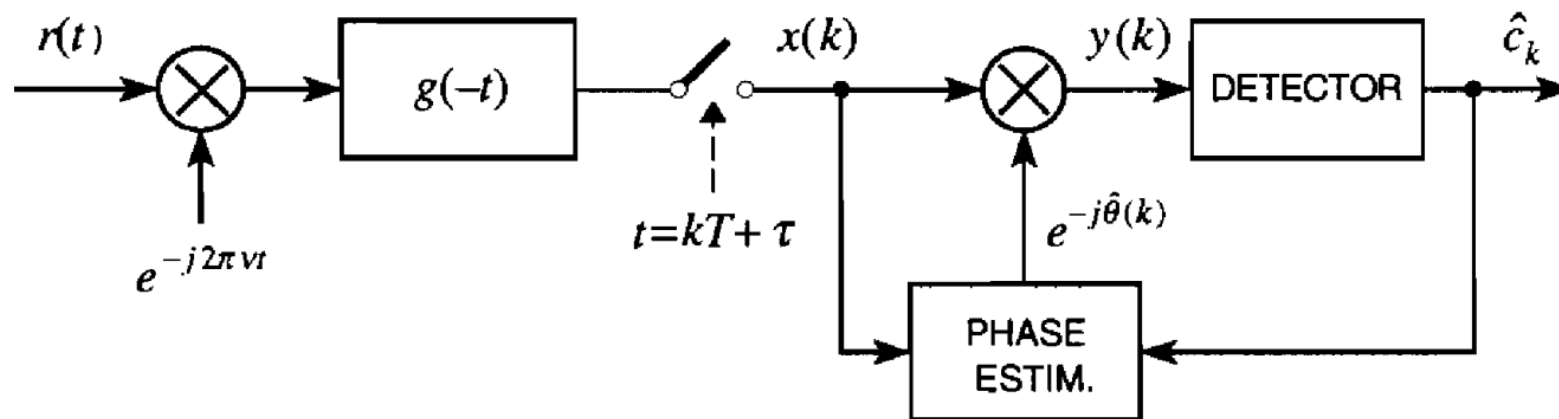


Рис. 2 Сигнальное созвездие BPSK сигнала при наличии фазового сдвига

Схемы алгоритмов

Оценка с управлением по решению с обратной связью



$$\hat{\theta}(k) = \arg \left\{ \sum_{l=k-L_0}^{k-1} \hat{c}_l^* x(l) \right\} \quad (3)$$

L_0 - длина наблюдаемой последовательности

Оценка с управлением по решению с обратной связью

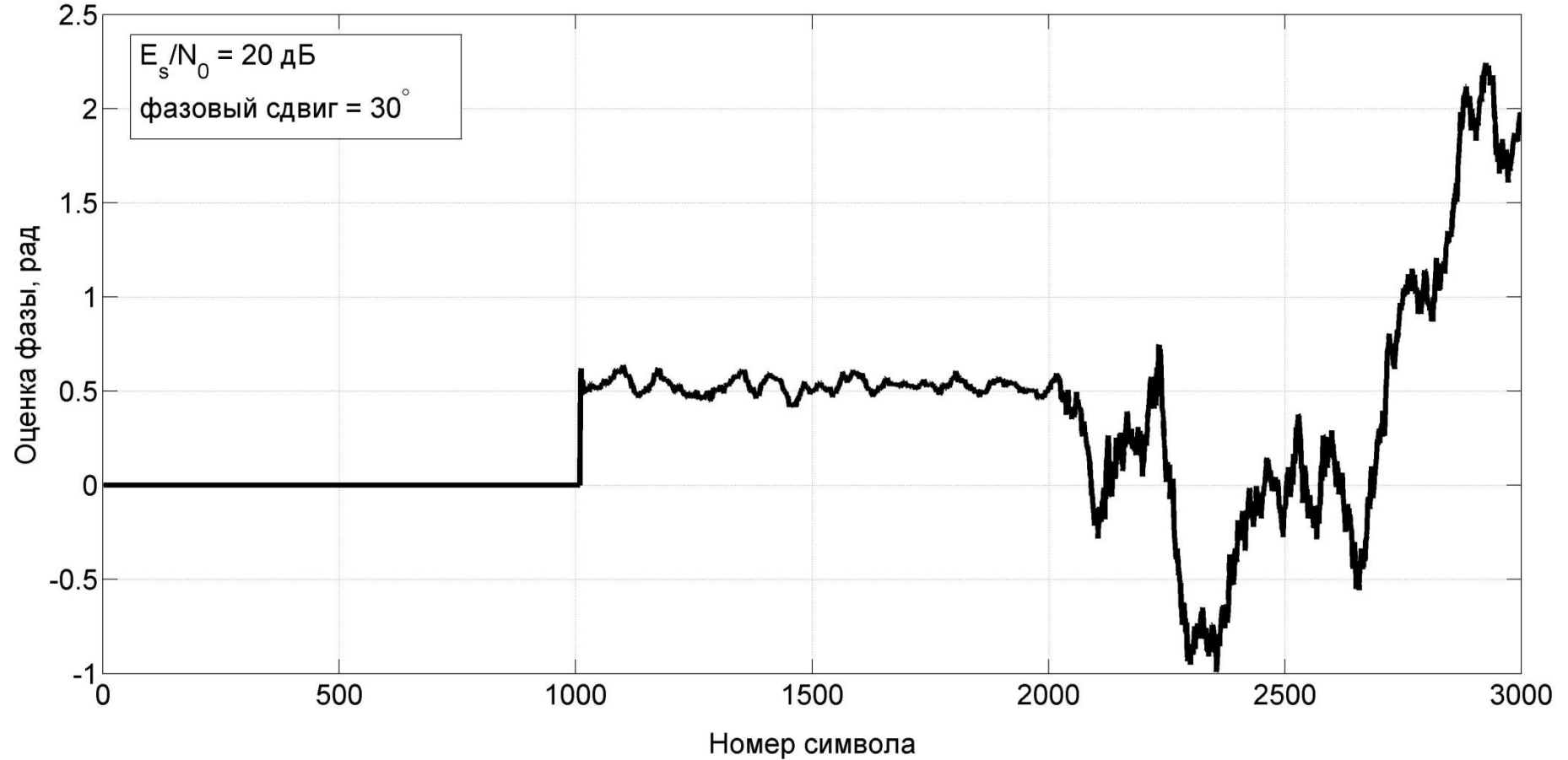
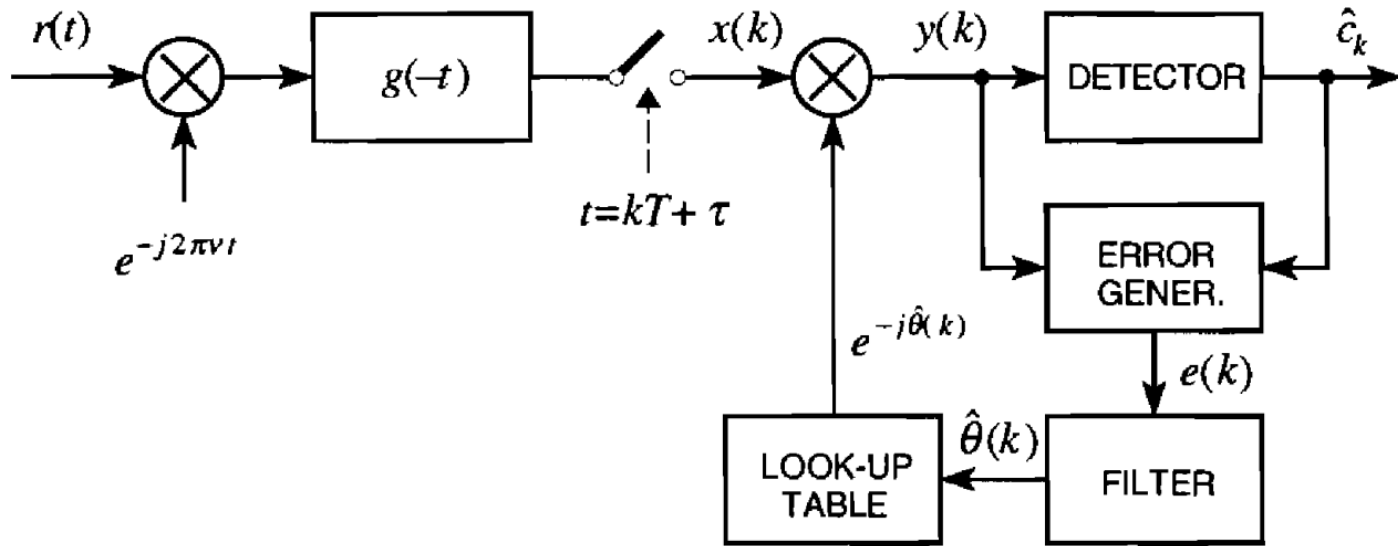


Рис. 3 Оценка во временной области

Схемы алгоритмов

Петля Костаса с управлением по решению



$$e(k) := \text{Im} \left\{ \hat{c}_k^* x(k) e^{-j\hat{\theta}(k)} \right\} \quad (4)$$

$$\hat{\theta}(k+1) = \hat{\theta}(k) + \gamma e(k) \quad (5)$$

Петля Костаса с управлением по решению

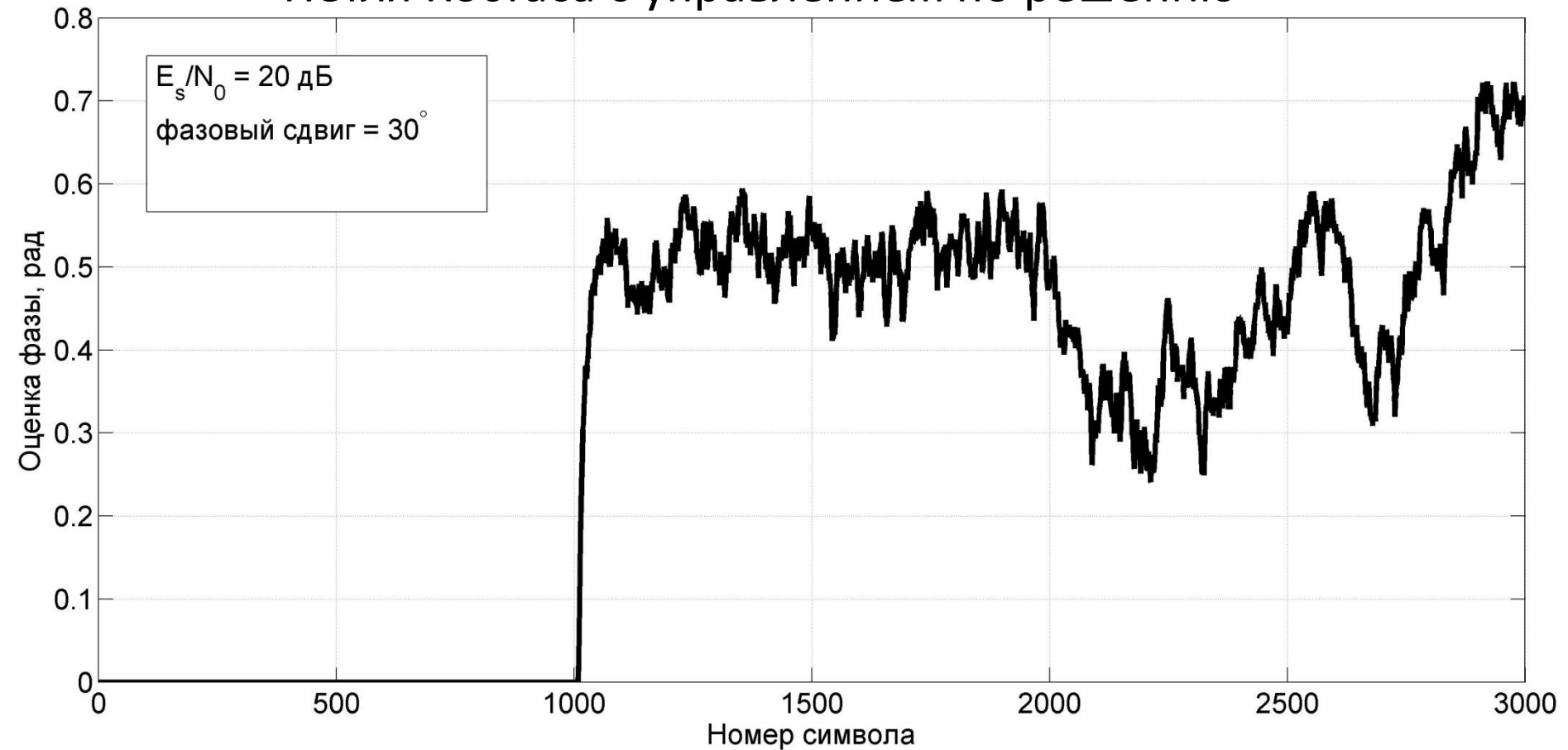
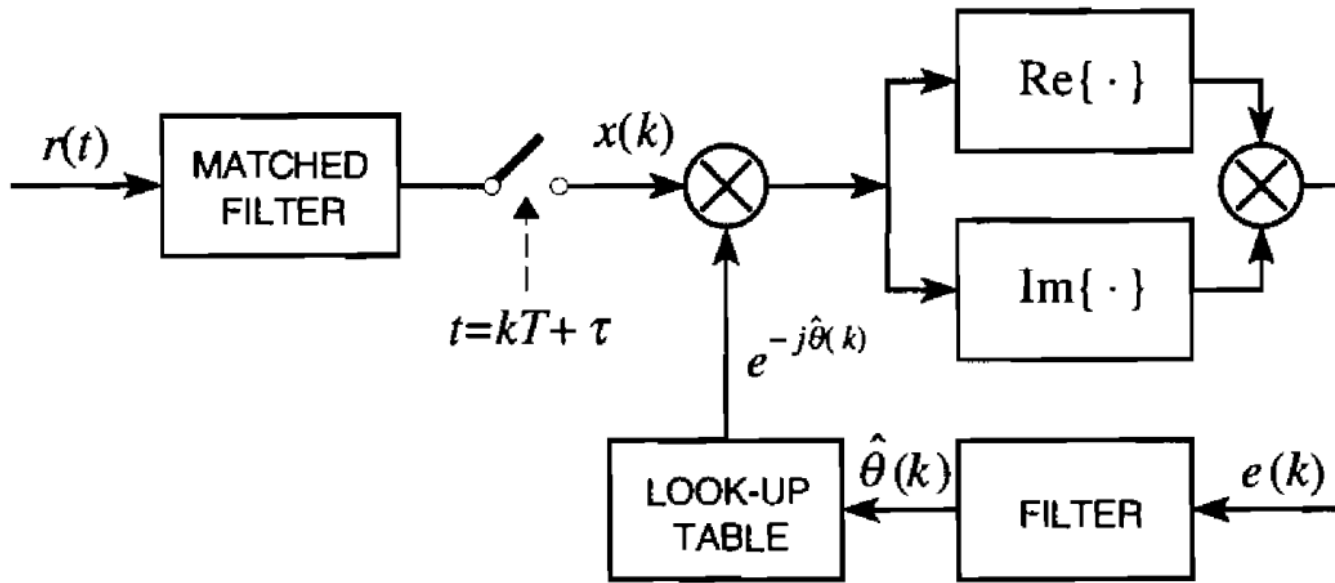


Рис. 4 Оценка во временной области

Схемы алгоритмов

Петля Костаса без использования данных



$$\hat{\theta}(k+1) = \hat{\theta}(k) + \gamma e(k) \quad (6)$$

Петля Костаса без использования данных

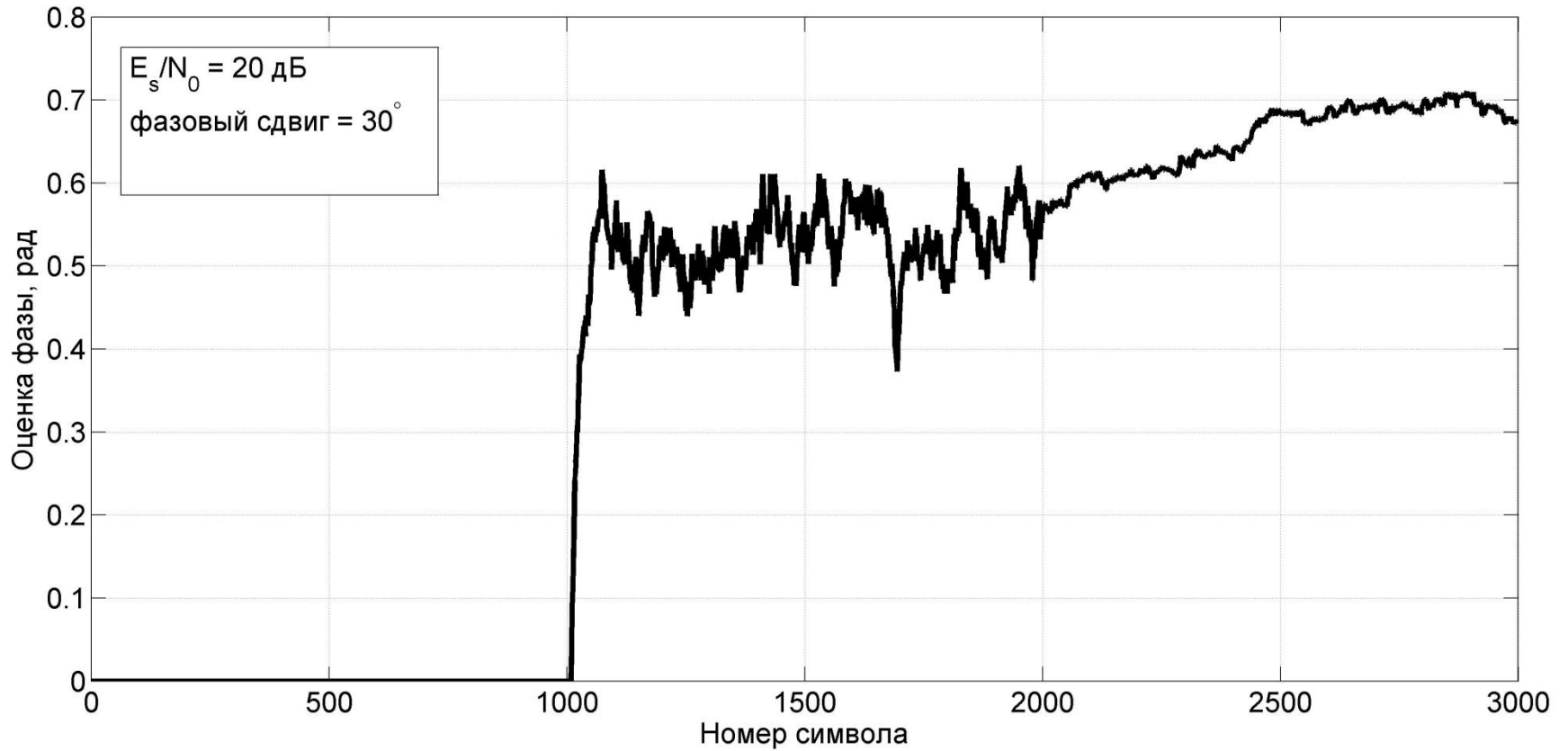
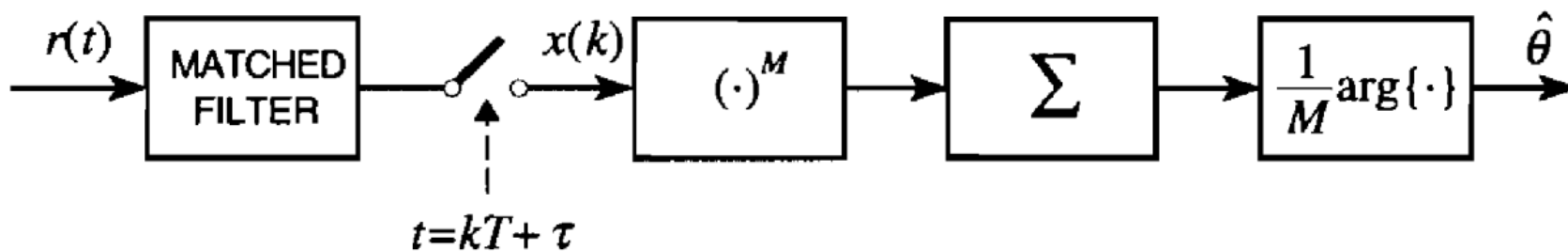


Рис. 5 Оценка во временной области

Схемы алгоритмов

M-степенная схема



$$\hat{\theta} = \frac{1}{M} \arg \left\{ \sum_{k=0}^{L_0-1} x^M(k) \right\} \quad (7)$$

L_0 - длина наблюдаемой последовательности

M - число точек в сигнальном созвездии

M-степенная схема

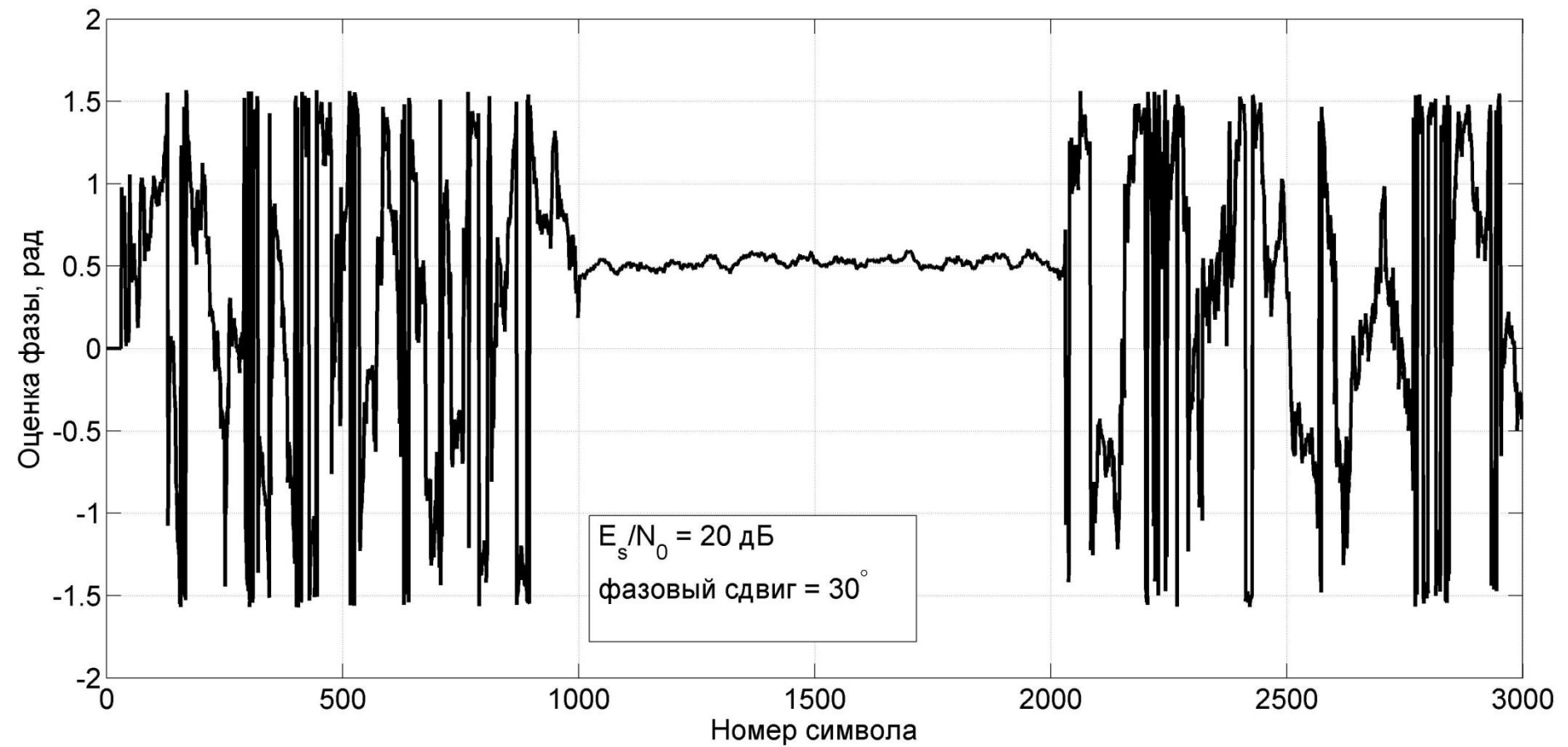
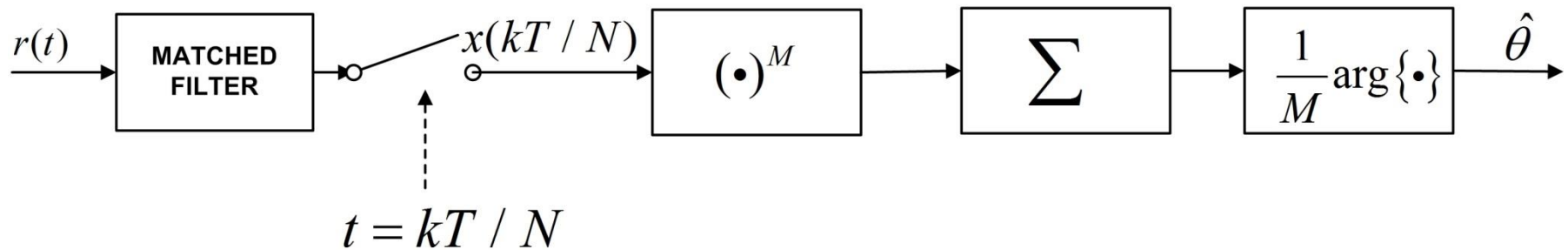


Рис. 6 Оценка во временной области

Схемы алгоритмов

Асинхронная схема



$$\hat{\theta} = \frac{1}{M} \arg \left\{ \sum_{k=0}^{NL_0-1} x^M(kT/N) \right\} \quad (8)$$

L_0 - длина наблюдаемой последовательности

M - число точек в сигнальном созвездии

N - коэффициент увеличения частоты тактирования

Асинхронная схема

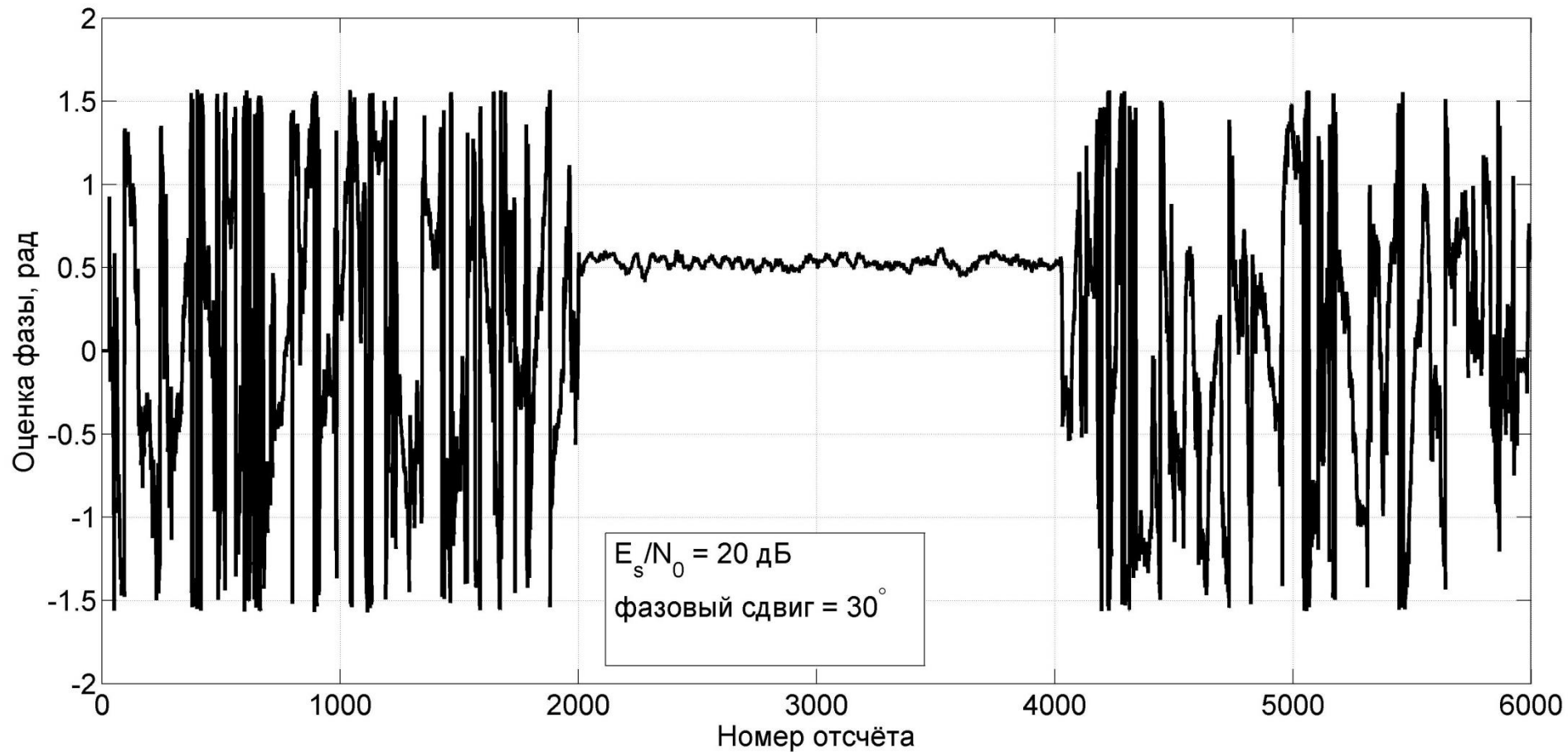


Рис. 7 Оценка во временной области

Влияние шумов на оценку фазы

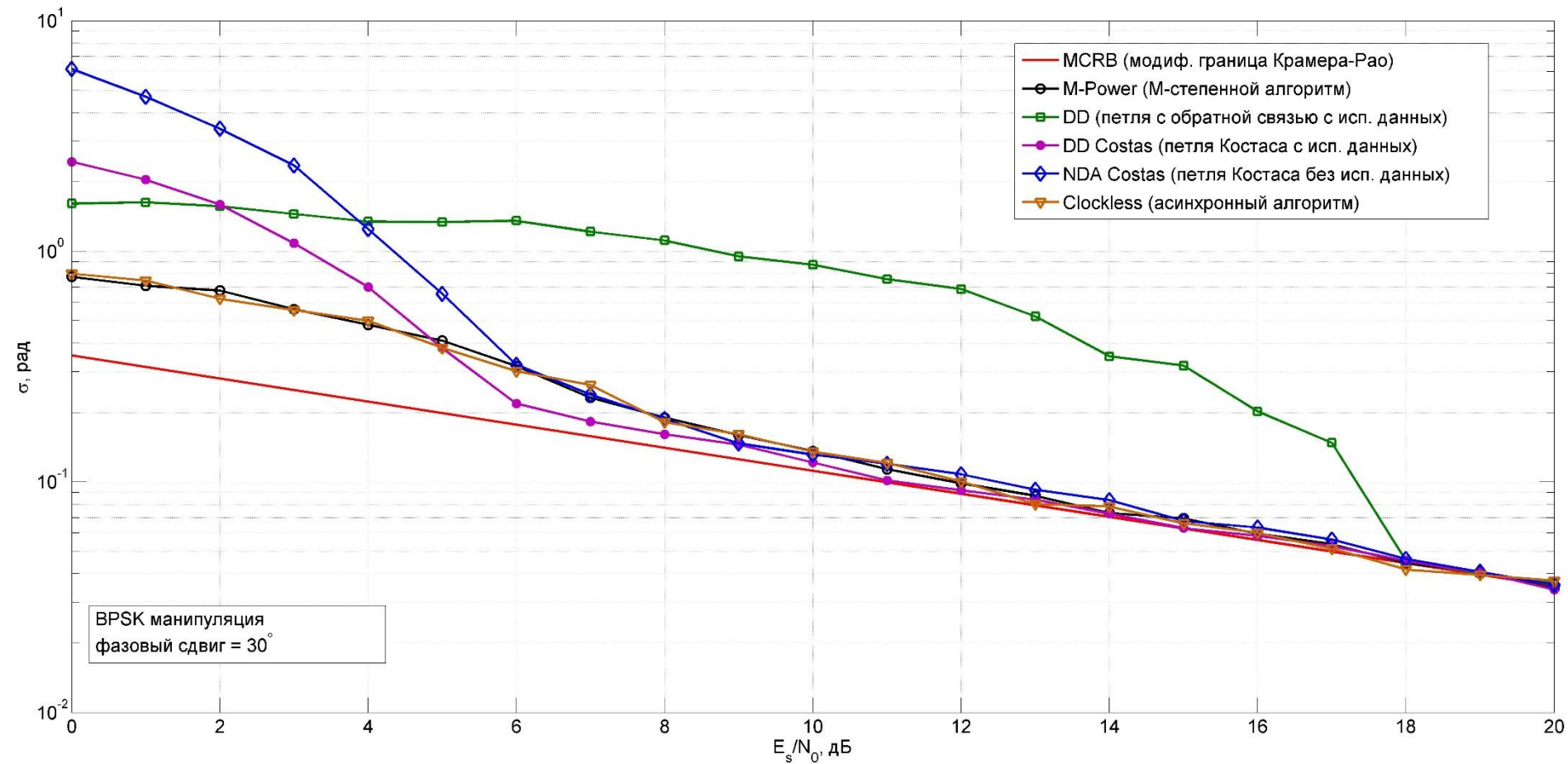


Рис. 8 Зависимость СКО оценки от отношения сигнал/шум

Сигнальное созвездие

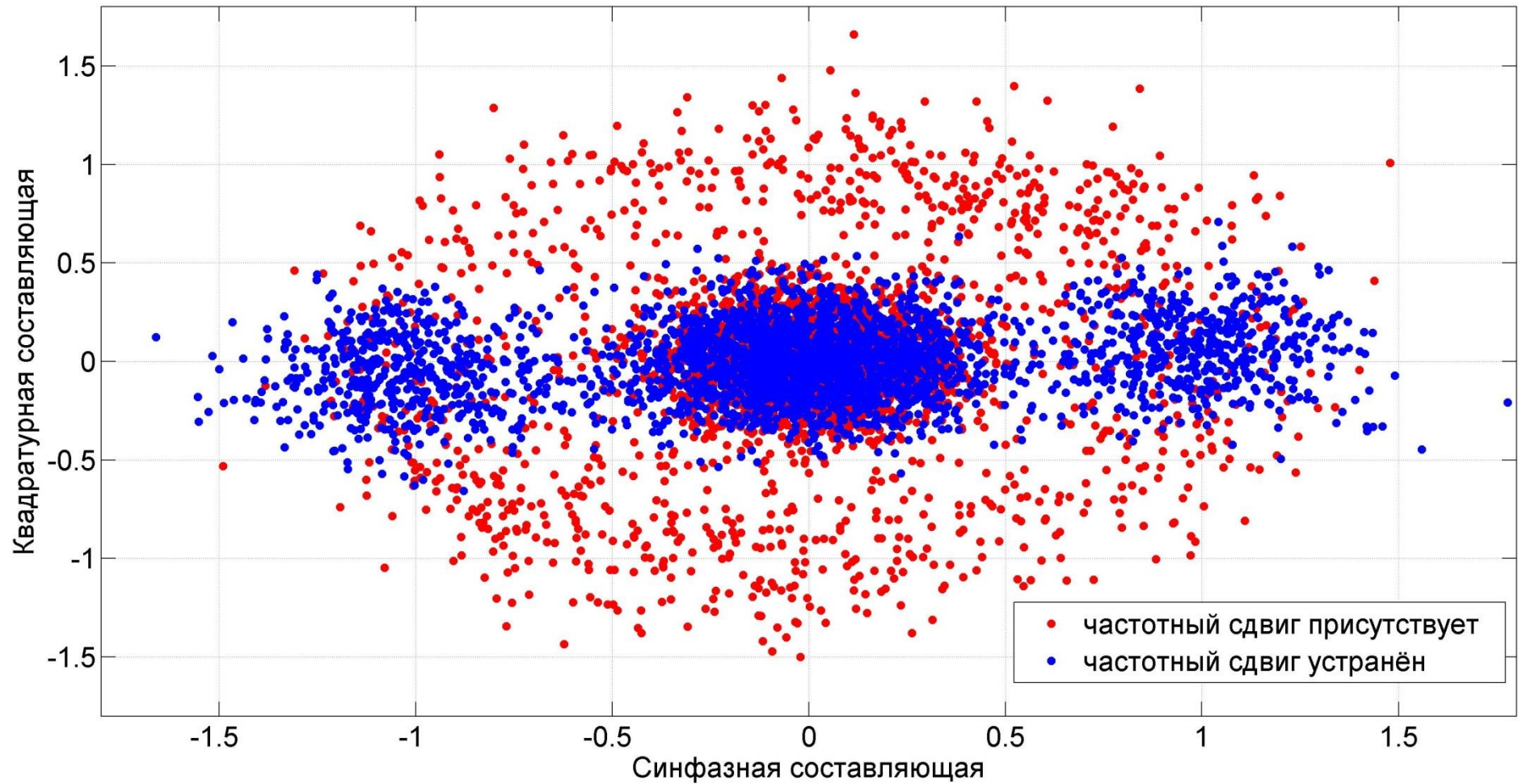


Рис. 9 Сигнальное созвездие BPSK сигнала при наличии остаточного частотного сдвига

М-степенная схема

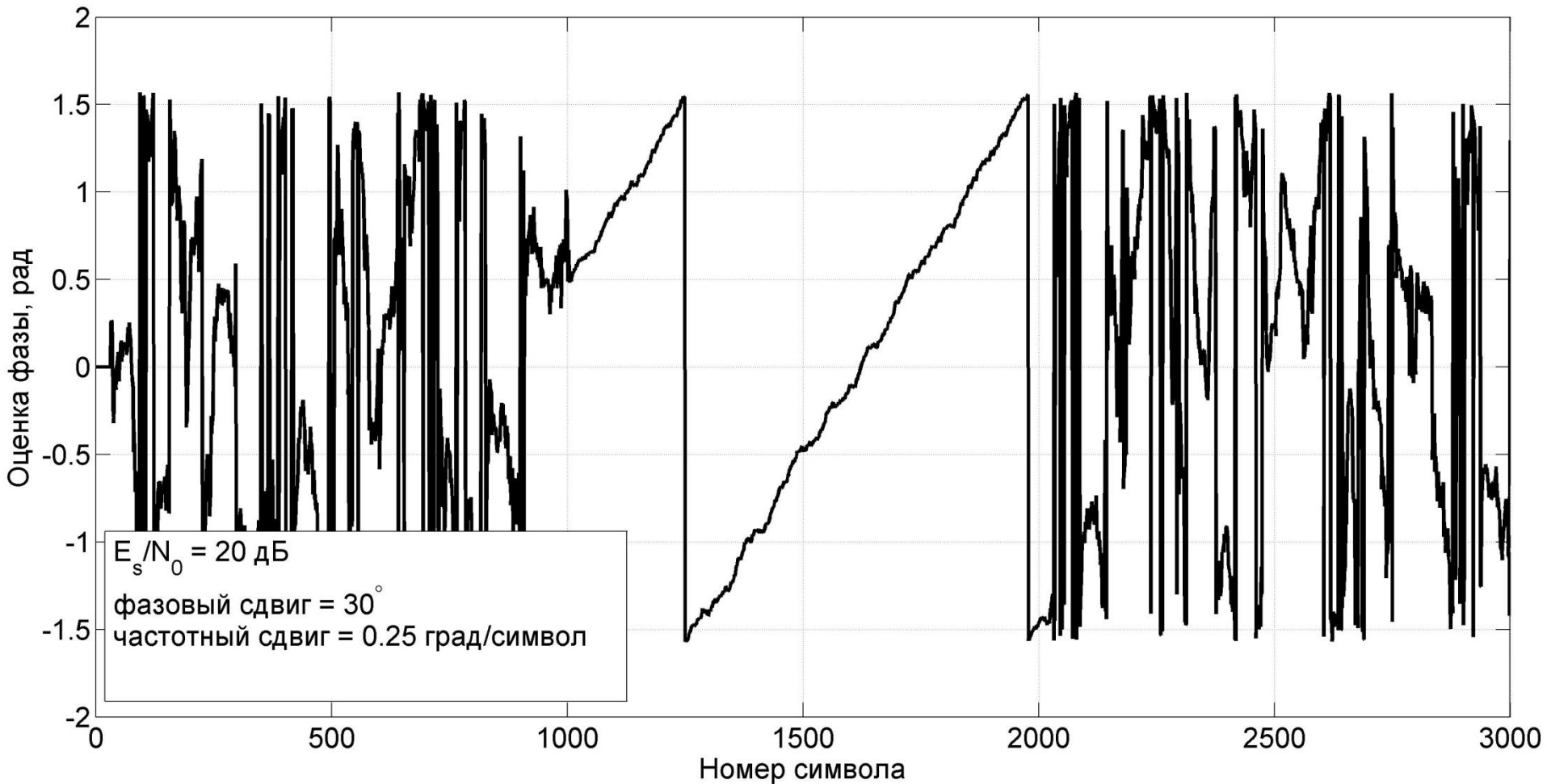


Рис. 10 Оценка во временной области
при наличии частотного сдвига

Влияние шумов на оценку фазы

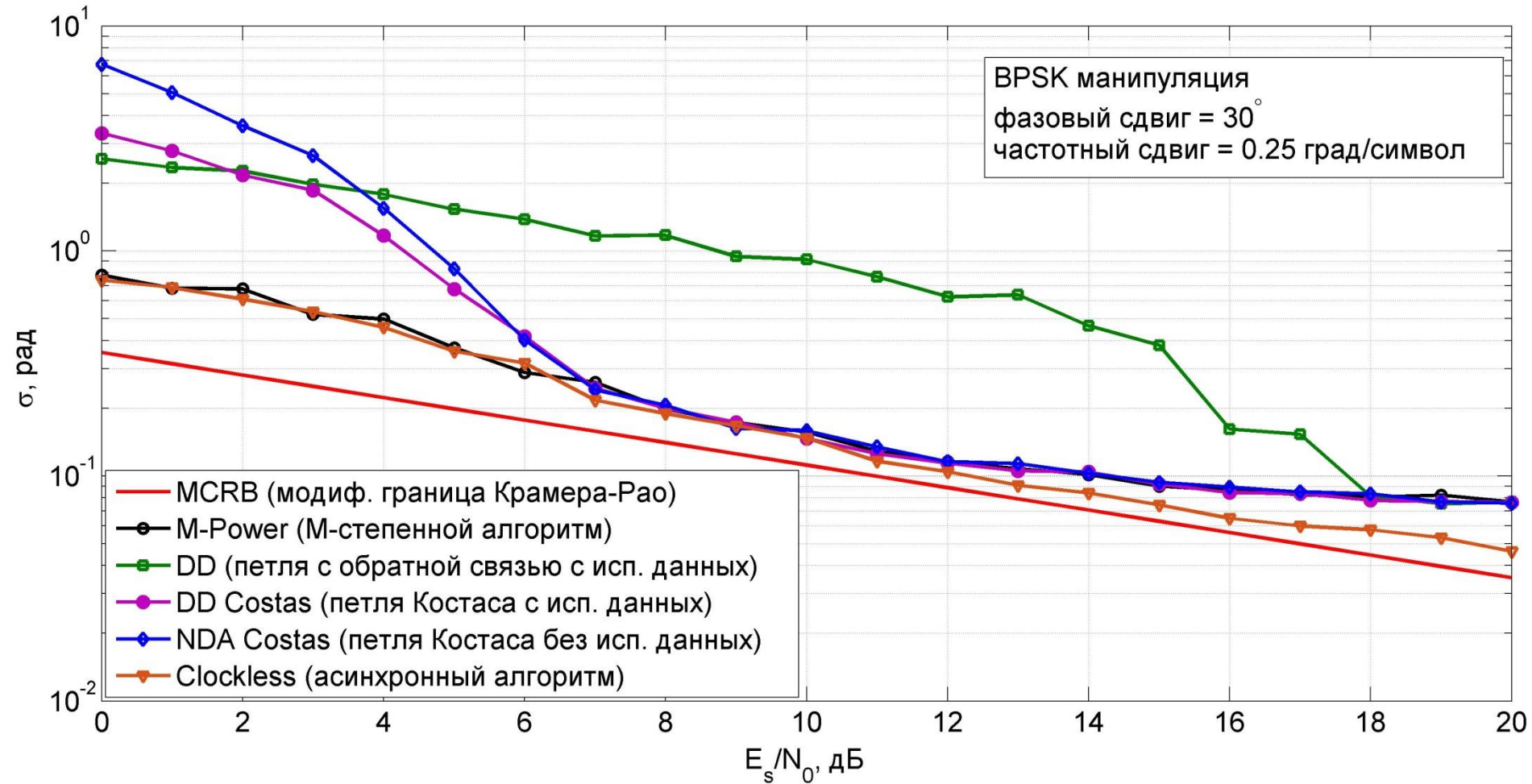


Рис. 11 Зависимость СКО оценки от отношения сигнал/шум при наличии остаточного частотного сдвига

Достоинства и недостатки

У схем с обратной связью необходимо точно рассчитывать коэффициенты петлевого фильтра, для того чтобы фазоследящая петля входила в устойчивый режим.

В схемах с использованием данных и с обратной связью, из-за шумов, сигнальные точки могут встать не на свои места, но фазоследящая петля будет продолжать выполнять синхронизацию, что приведёт к ошибочным битам.

Схемы с прямой связью и без использования данных лишены этих недостатков.

Достоинства и недостатки

Схемы фазовой синхронизации способны корректировать остаточный частотный сдвиг, но только если он удовлетворяет условию:

$$\nu T \ll 1$$

С большим частотным сдвигом алгоритмы фазовой синхронизации не справляются, и оценка фазы “разваливается”.

Выводы:

При когерентной демодуляции необходимо выполнять подстройку начальной фазы.

Выбор в пользу того или иного алгоритма необходимо делать на основании структуры сигнала.

Алгоритмы фазовой синхронизации также способны устранить небольшой остаточный частотный сдвиг.

Список используемой литературы

- [1] U. Mengali, A. N. D'Andrea, Synchronization techniques for digital receivers, Pisa, Italy, 1997.
- [2] A. J. Viterbi, A. M. Viterbi, Nonlinear Estimation of PSK-Modulated Carrier Phase with Application to Burst Digital Transmission
- [3] A. J. Viterbi, J. K. Omura, Principles of Digital Communication and Coding
- [4] P. Y. Kam, Maximum Likelihood Carrier Phase Recovery for Linear Suppressed Carrier Digital Data Modulations