

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОПороГОВЫХ ДЕКОДЕРОВ В ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ ДААННЫХ

Золотарев В.В., Овечкин Г.В.

Институ космических исследований РАН,

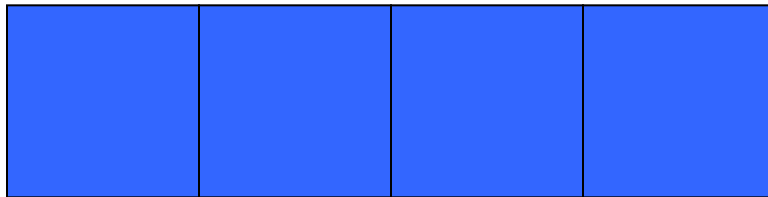
Рязанская государственная радиотехническая академия

Материалы конференции «Сети и системы связи - 2005»

Одним из важнейших методов снижения вероятности ошибки при передаче данных по каналам с шумами является использование методов помехоустойчивого кодирования

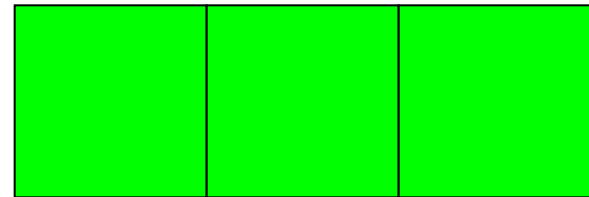
Кодирование - это введение избыточности в передаваемое сообщение

k - информационные
СИМВОЛЫ



r - избыточные
СИМВОЛЫ

+



$n = k + r$ - длина кода

$R = k/n$ - кодовая скорость (доля полезной информации)

ОСНОВНАЯ ЦЕННОСТЬ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО КОДИРОВАНИЯ

Применение помехоустойчивого кодирования позволяет получить энергетический выигрыш, каждый децибел которого оценивается в **МИЛЛИОНЫ ДОЛЛАРОВ** и позволяет:

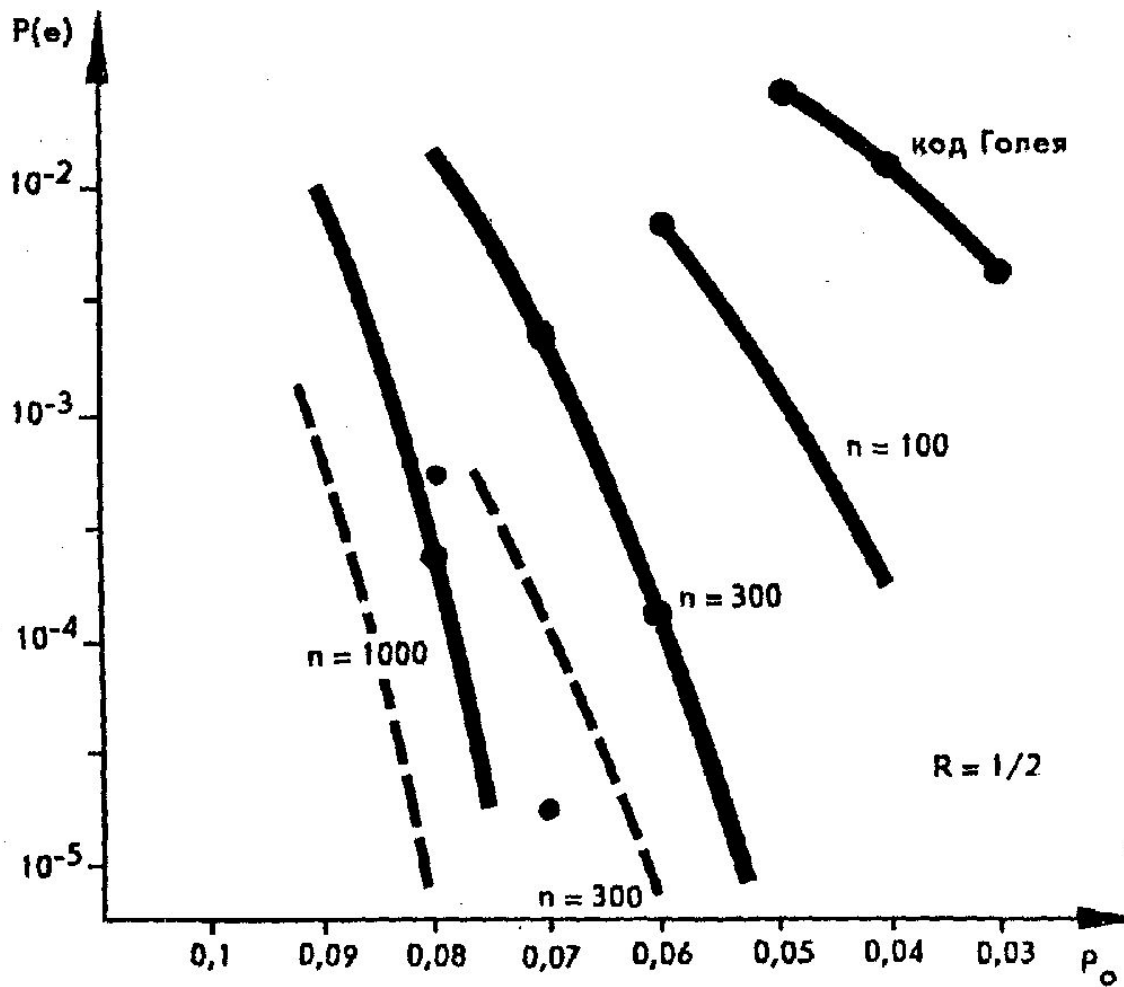
- СНИЗИТЬ мощность передатчика;
- ПОВЫСИТЬ скорость передачи данных;
- УМЕНЬШИТЬ размеры антенн;
- ПОВЫСИТЬ дальность связи;
- ЭКОНОМИТЬ полосу пропускания;
- РАБОТАТЬ при большем шуме в канале.

КАКИМИ ДОЛЖНЫ БЫТЬ КОДЫ?

Коды должны быть:

- длинными;
- допускающими простое и эффективное декодирование.

ЗАВИСИМОСТЬ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ОШИБКИ ДЕКОДИРОВАНИЯ ОТ ВЕРОЯТНОСТИ ИСКАЖЕНИЯ БИТА В ДСК



НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ КОДЫ И МЕТОДЫ ДЕКОДИРОВАНИЯ

- алгоритм Витерби;
- код Рида-Соломона и свёрточный код, декодируемый с помощью алгоритма Витерби;
- турбо коды;
- турбо коды произведения;
- низкоплотностные коды;
- коды повторения-накопления;
- многopороговые декодеры.

ПОРОГОВЫЙ ДЕКОДЕР

Схема кодера свёрточного кода с $R=1/2$ и $d=5$.

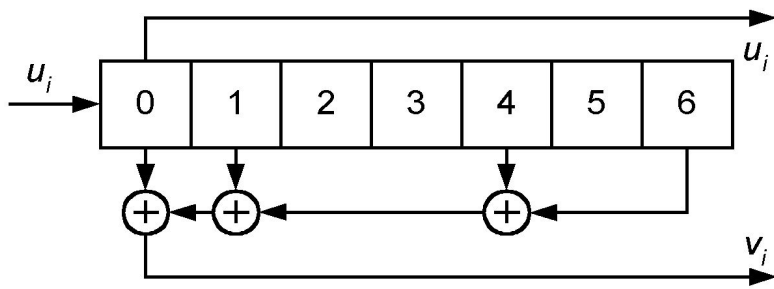
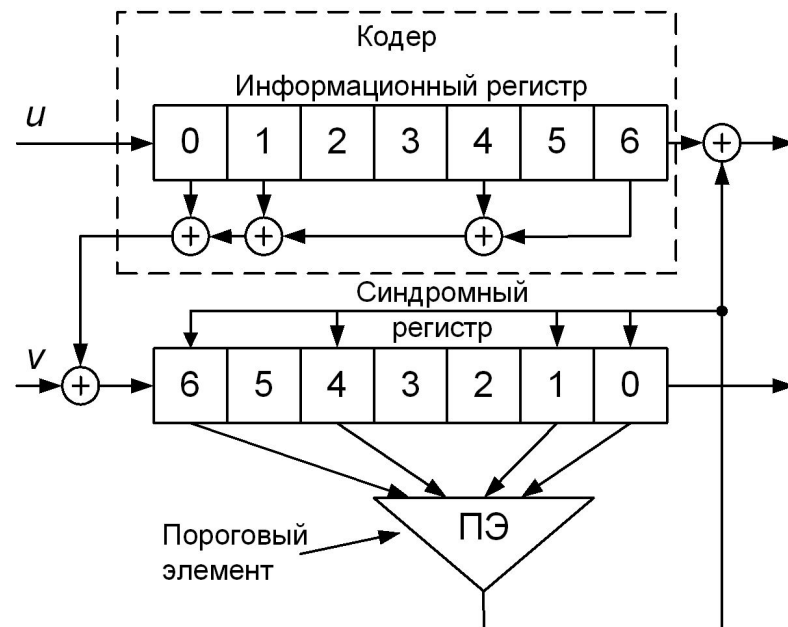
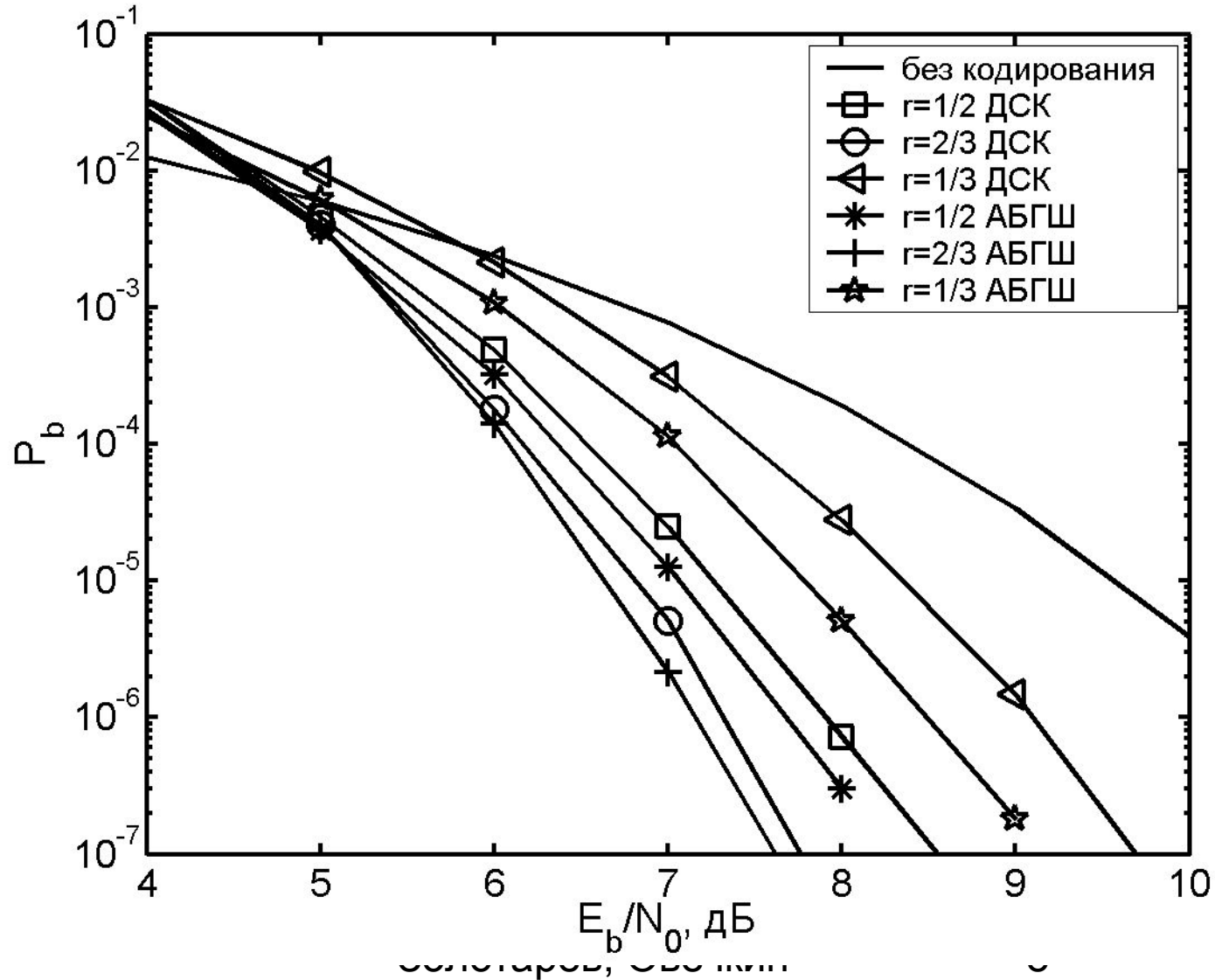


Схема порогового декодера свёрточного кода с $R=1/2$ и $d=5$.



Пороговый декодер - это простейшая схема коррекции ошибок, но его эффективность очень мала

ПОРОГОВЫЙ ДЕКОДЕР



МНОГОПороГОВЫЙ ДЕКОДЕР

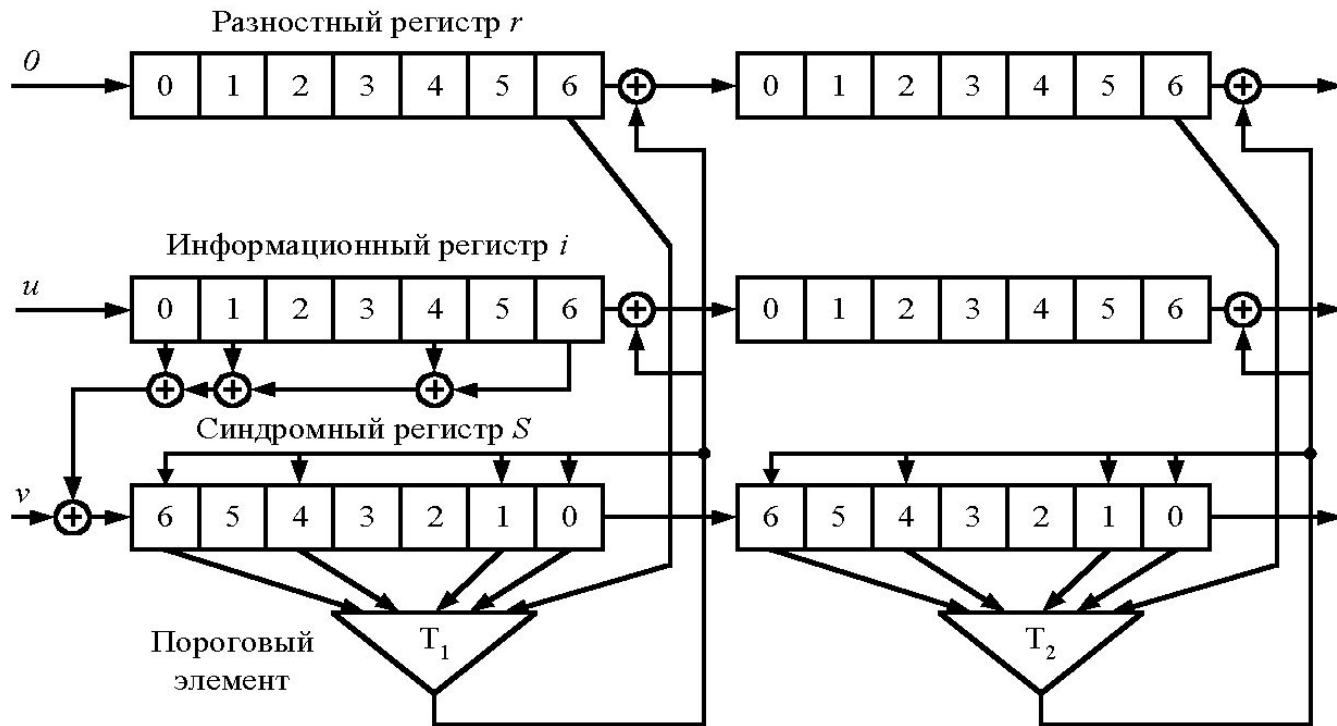
Многопороговый декодер (МПД) является модификацией обычного порогового декодера.

В МПД впервые использовался **итеративный** метод декодирования, нашедший впоследствии применение в турбо кодах.

МПД многократно изменяет символы принятого сообщения и может при **линейной** сложности реализации достичь решения **оптимального** декодера.

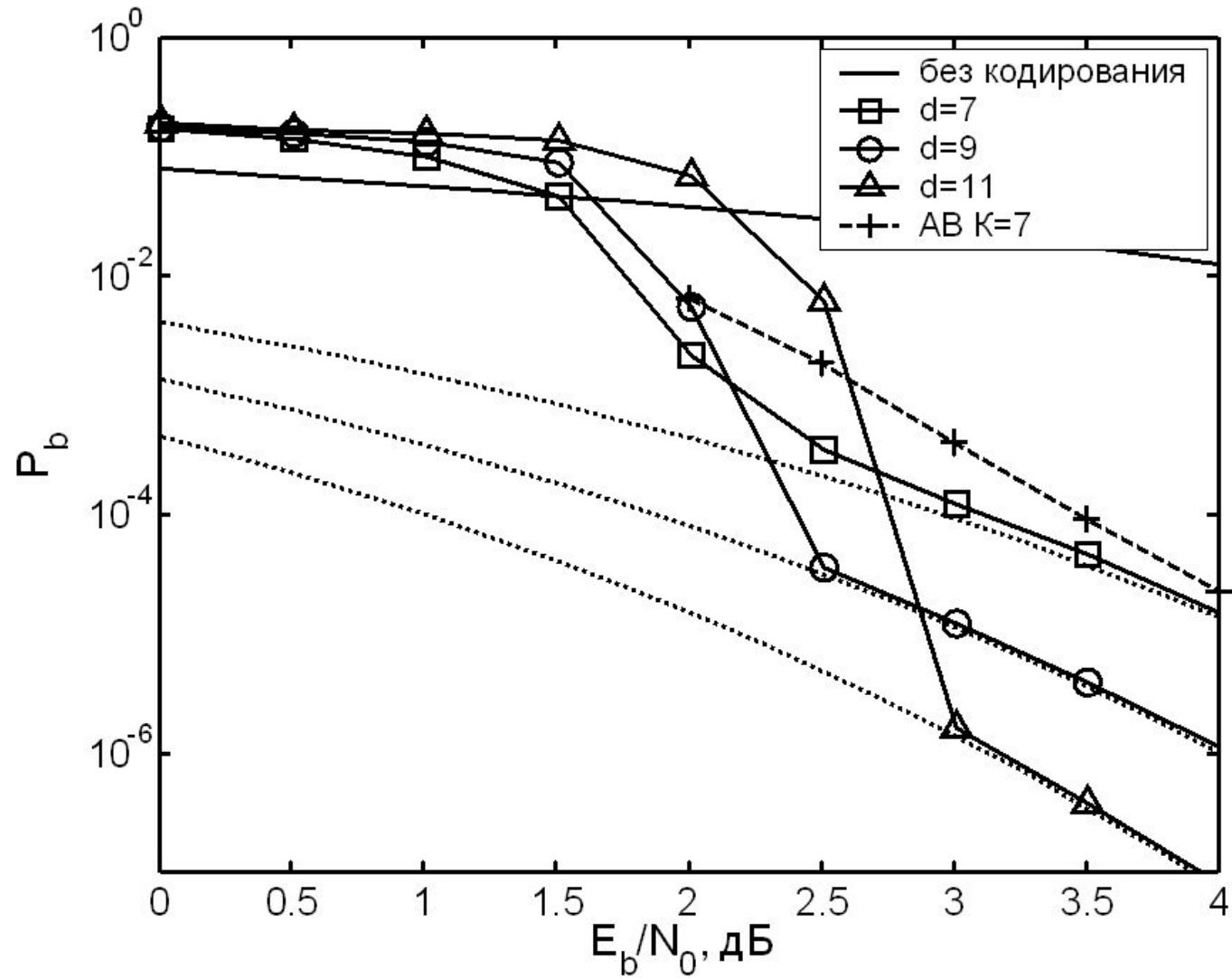
МНОГОПороГОВЫЙ ДЕКОДЕР

Схема многопорогового декодера сверточного кода с $d=5$ и $R=1/2$ с двумя итерациями декодирования

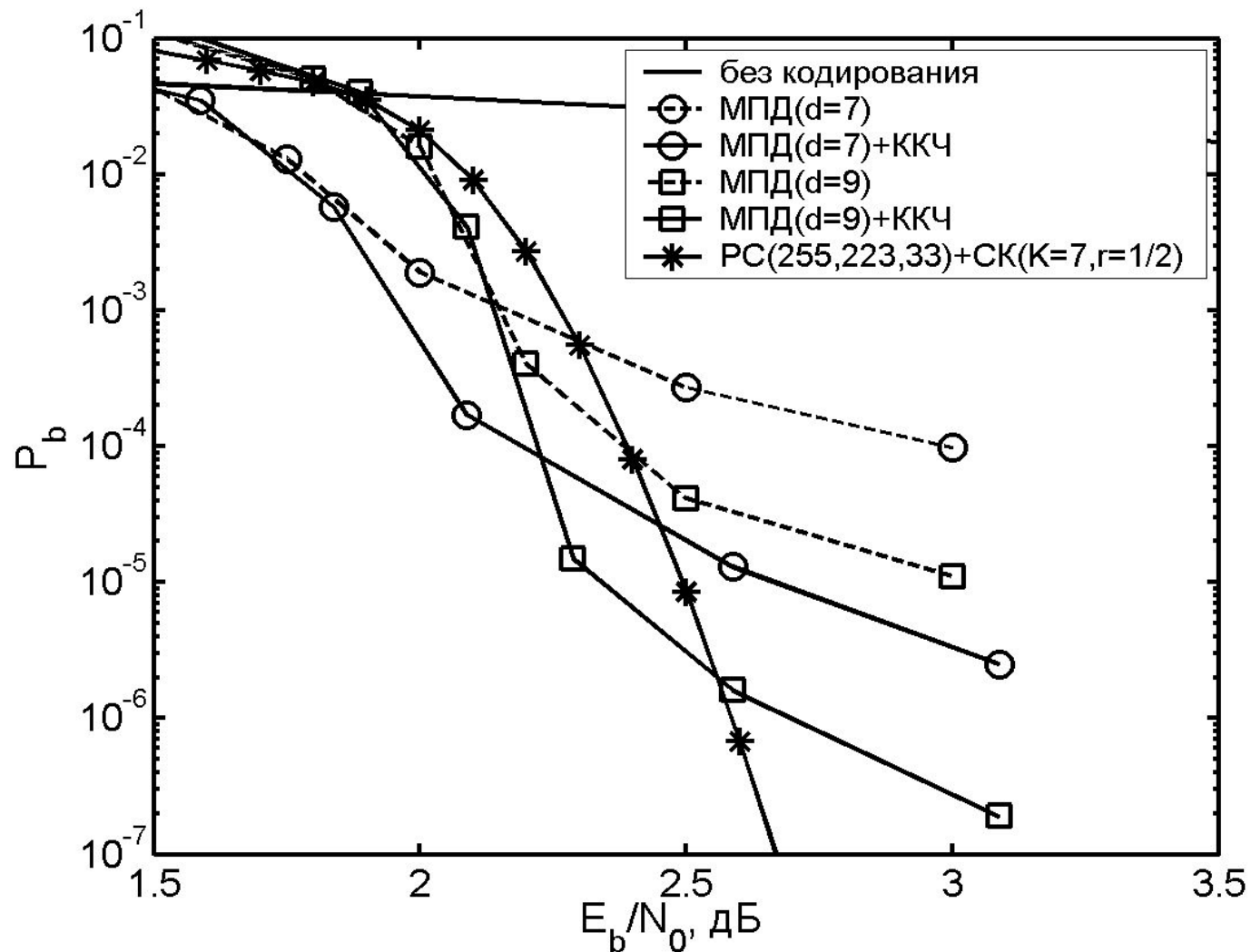


Главное свойство МПД – при каждом изменении декодируемых символов его новое решение приближается к оптимальному.

МНОГОПороГОВЫЙ ДЕКОДЕР



КАСКАДНЫЕ СХЕМЫ НА БАЗЕ МПД



ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МПД

1. Сложность программной реализации:

$N_{\text{МПД}} = (I+1)(d+2)$ операций, эквивалентных сложению на декодируемый бит,

где I – число итераций, d – кодовое расстояние.

2. Применяется для кодов с $d < 20$ при 10-20 итерациях декодирования.

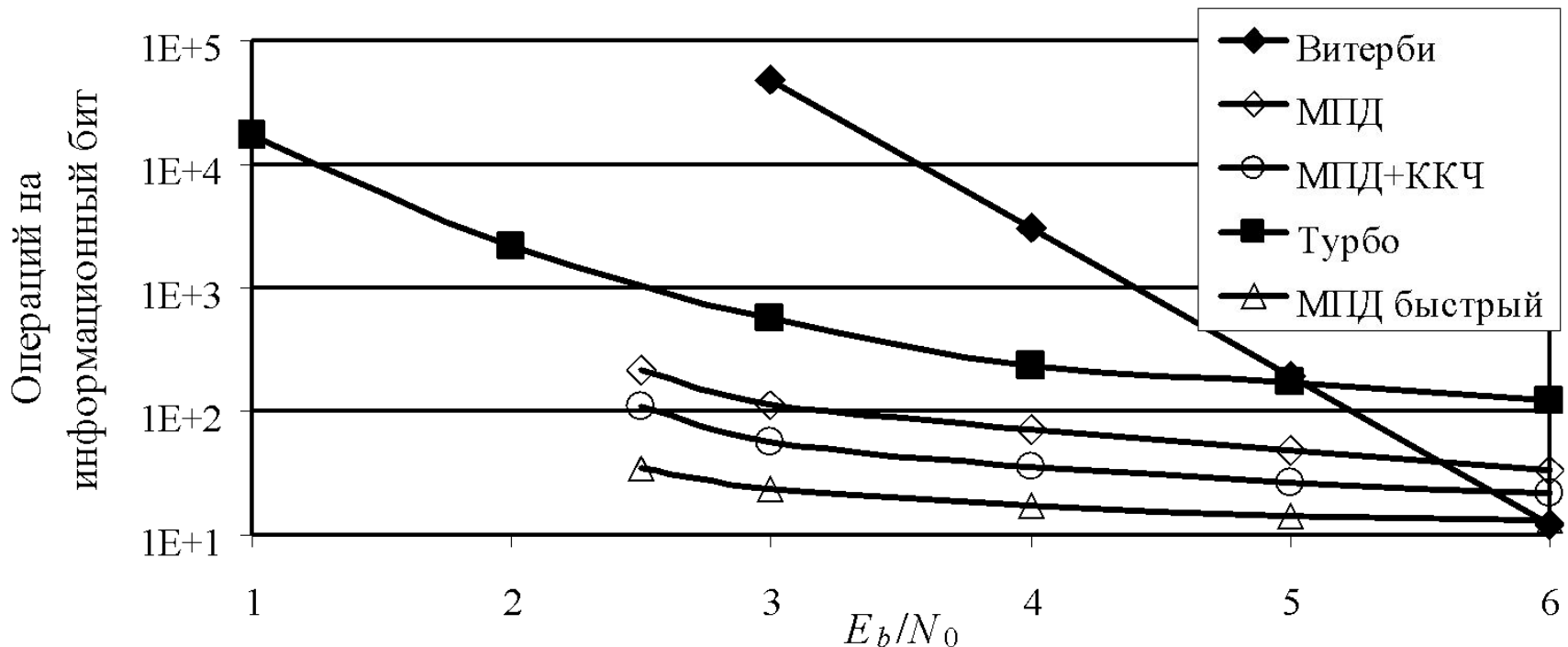
3. Возможно **снижение сложности** до величины порядка

$$N_{\text{МПД}} = 4d + 3I.$$

Это **более чем на порядок** проще и быстрее, чем, например, при использовании турбо кодов!

СРАВНЕНИЕ СЛОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

Число операций на бит, требуемых для достижения вероятности битовой ошибки 10^{-5}



МПД при сопоставимой эффективности оказывается **на 1 - 2 порядка проще** других методов коррекции ошибок при программной реализации

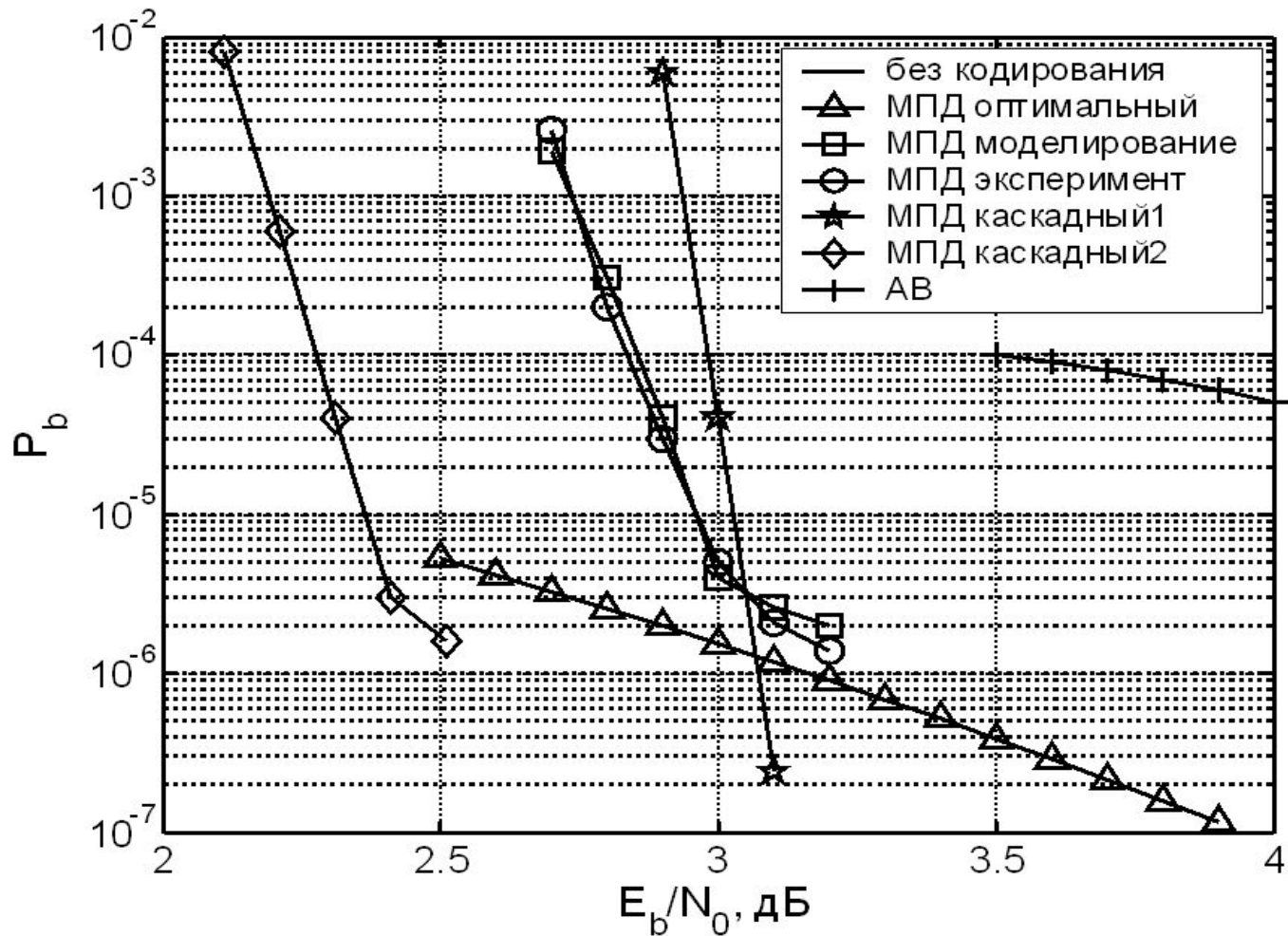
АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МПД НА ПЛИС

1. МПД состоит почти полностью из элементов памяти или регистров сдвига. Это **наиболее быстрые элементы** ПЛИС и БИС. Доля остальных элементов МПД много менее 1%.
2. МПД состоит из 3 - 40 параллельно работающих регистров сдвига и одноклапных пороговых элементов с мгновенной реализацией своих функций. Именно поэтому МПД для некоторых значений параметров **примерно на 2 и более порядков быстрее**, чем, например, турбо декодеры.
3. Характеристики аппаратной реализации МПД:
Скорость – 160 - 480 Мбит/с и более,
ЭВК = 6,5 - 8,5 дБ.

ЧИПСЕТ МПД ДЕКОДЕРА НА ПЛИС XILINX



ХАРАКТЕРИСТИКИ МПД НА ПЛИС XILINX



ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ СВЯЗИ

Золотарев Валерий Владимирович

Тел. раб.: (095) 333-23-56, (095) 261-54-44

Тел. моб.: 8-916-518-86-28

e-mail: zolotasd@yandex.ru

Овечкин Геннадий Владимирович

Тел. раб.: (0912) 92-00-56

Тел. моб.: 8-910-644-51-46

e-mail: g_ovechkin@mail.ru

Веб-сайт: www.mtdbest.iki.rssi.ru .