

**Новый подход
к оценкам хар-к ССС**

Золотарёв В.В., *ИКИ РАН,*

Овечкин Г.В., *РГРТУ,*

13-17.11.23

21 конференция

«Современные проблемы ДЗЗ»







Наши Гении – три К



- Что нужно космосу в первую очередь?
- Гениальный **С.П. Королёв:** - Связь!
- Его великий продолжатель **Б.Е. Черток:**
- Связь и ДЗЗ!
- Руководство «Роскосмоса» - *Связь, ДЗЗ, информатизация,*
- -----
- Но теперь связь - только цифровая!
- А что нужно таким модемам? – Коды!

- Коды строит **теория помехоустойчивого кодирования**.
- Реализуются возможности кодов в цифровых модемах специальными **декодерами**, создание которых последние **60 лет** – «**ВЫСШИЙ ПИЛОТАЖ**» в теории алгоритмов»! **Но результатов – мало!**
- Что **имеют-умеют** за рубежом? Там -прогресс в технологиях микроэл-ки, но 40 лет - **кризис в теории кодирования**. Результат(**кратко**): **-сложные декодеры LDPC– да! Смогли сделать** несколько вариантов (**!**) на их технологиях!

Кодирование канала

снижает:

размеры антенн,

увеличивает:

скорость, дальность и

достоверность

данных для многих

ТИПОВ каналов связи !!!!

Применение наиболее мощных систем кодирования канала и источника

- 1. Кодирование канала.
Повышает достоверность передачи данных на 2-5 десятичных порядков,
ЭВК~8-15 дБ
- 2. Кодирование источника.
Достигается сжатие данных в 2-5 и более раз.
- 3. **Общий итоговый энергетический выигрыш от применения методов теории информации - до 40 - 100 раз !**

- **И что в итоге «тех» технологий:**
- **1)** Анализ современных возможностей организации сверхвысокоскоростных спутниковых радиолиний.
- **2) СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ СИГНАЛЬНО-КОДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СИСТЕМАХ РАДИОСВЯЗИ**
- Обе статьи – в упаковке. - **Доступны для всех!**
- **Вывод!** - при большом числе технических ограничений много лет вполне простые и успешные варианты: - традиционные системы сигналов и кодирования. Но уже давно очень высокие скорости декодирования (**>1Гбит/с**) пока малодоступны. **Надо смотреть и другие обзоры по ССС и – думать!!!**
Итог: там **50 лет** делают все: **но LDPC – Сложно!**
- Отметим пока только: технологии Оптимизационной Теории (**ОТ**) - ~ на 2 десятичных порядка по числу операций проще! Это -- огромная редкая разница!!!!
Но декодеры у нас не делают.(!?!?)
Ннадо это наше преимущество активно использовать!

- **Спасибо!**
- **ИКИ РАН, РГРТУ**
- **www.mtdbest.ru** ,
- **www.decoders-zolotarev.ru** ,
- **www.decmtdzol.ru** ,
- **моб.: 8-916-518-86-28** ,
- **В.В. Золотарёв**
• **Г.В. Овечкин**

Продолжение доклада-1

Применение

**оптимальных декодеров
в быстрых системах ДЗЗ**

Золотарёв В.В.

ИКИ РАН

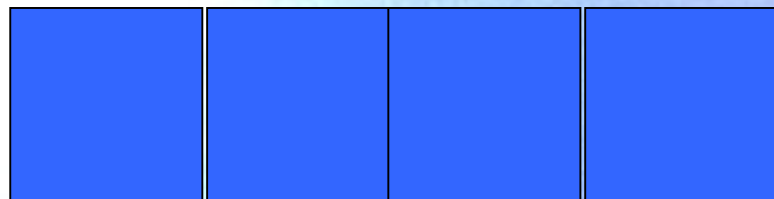
13-17.11.23

21 конференция

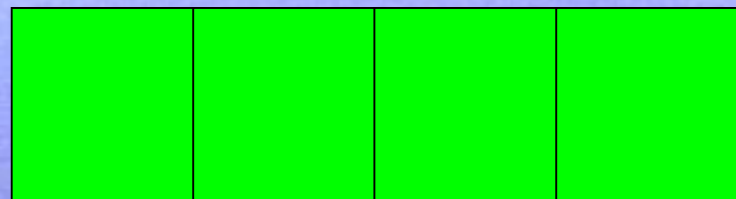
«Современные проблемы ДЗЗ»

Кодирование - это введение избыточности

К - информация



r - избыточные символы



+

$n=k+r$ - длина блока

$R=k/n < 1$ -

КОДОВАЯ СКОРОСТЬ

Основное ограничение теории информации для кодирования (К.Шеннон)

- Всегда должно выполняться условие

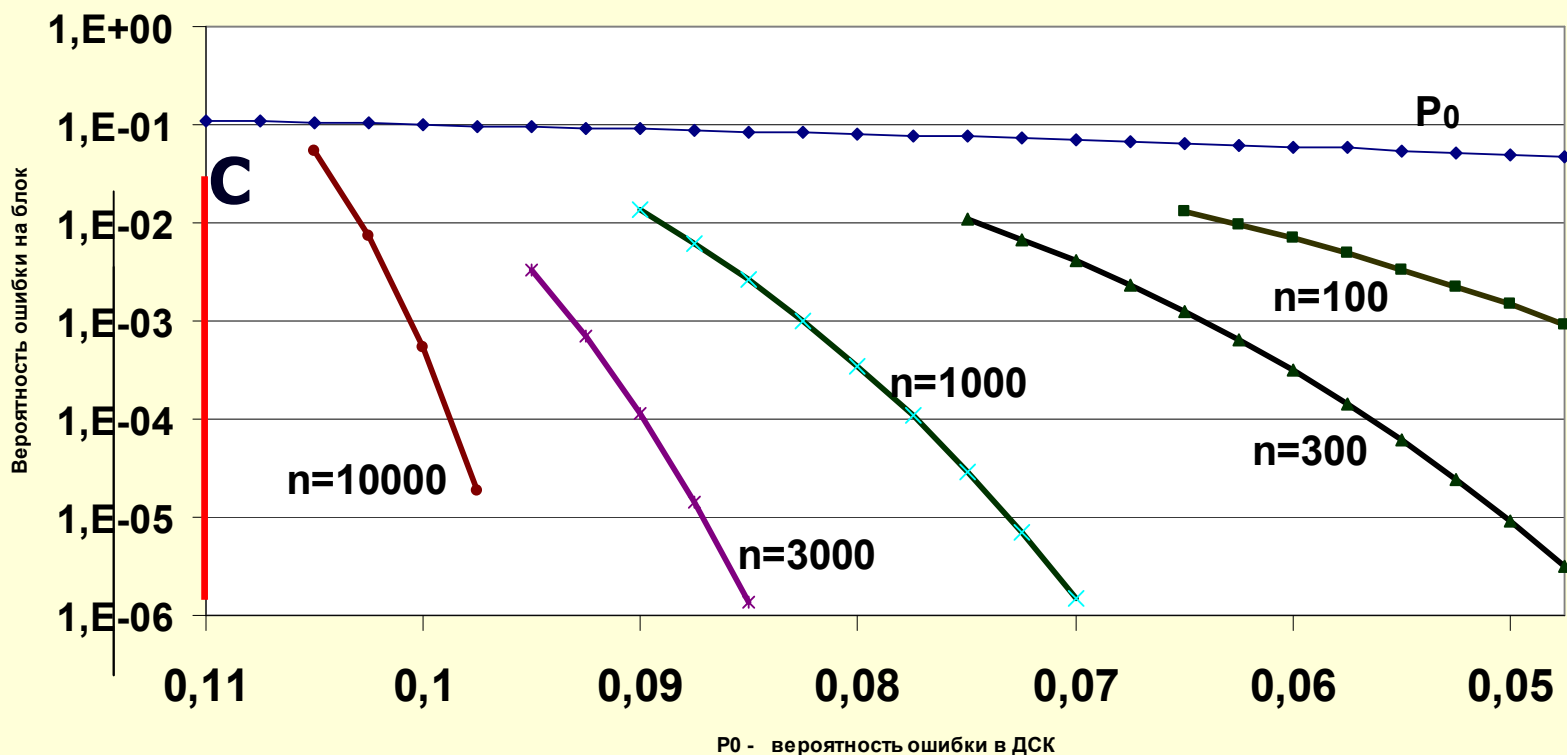
$$R < C !$$

- - Кодовая скорость меньше пропускной способности канала
- Тогда возможна передача цифровой информации со сколь угодно малой вероятностью ошибки, если длина блока данных будет достаточно велика.
 - С этого результата началась и новая Оптимизационная Теория (ОТ) помехоустойчивого кодирования научной школы ОТ

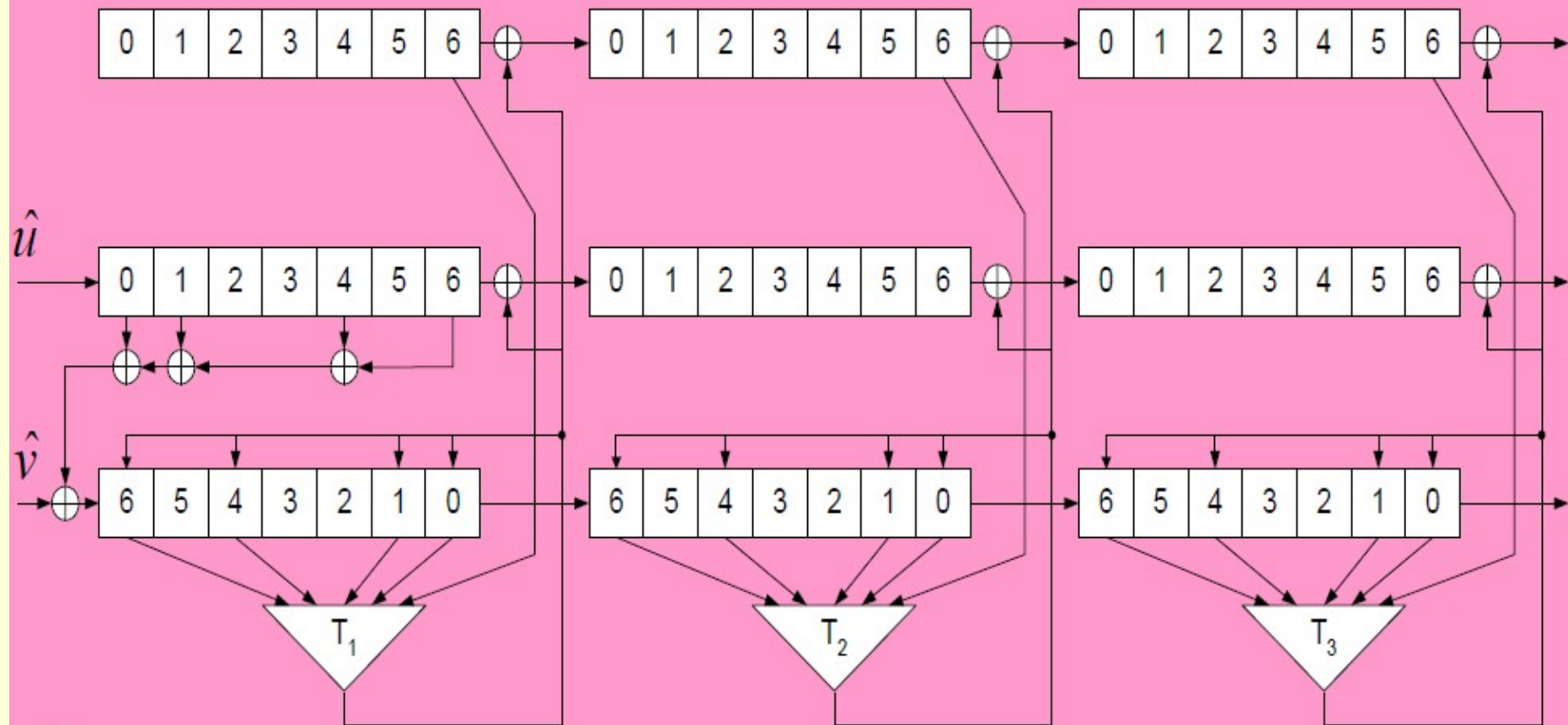
Нижние оценки вероятностей ошибки декодирования блоковых кодов с $R=1/2$

Даже коды длины $n=1000$ неэффективны при вероятности ошибки в канале $P_0 > 0.08$. А теория-то утверждает, что можно успешно работать при $P_0 < 0.11$!!!

И это при 2^{500} вариантах!

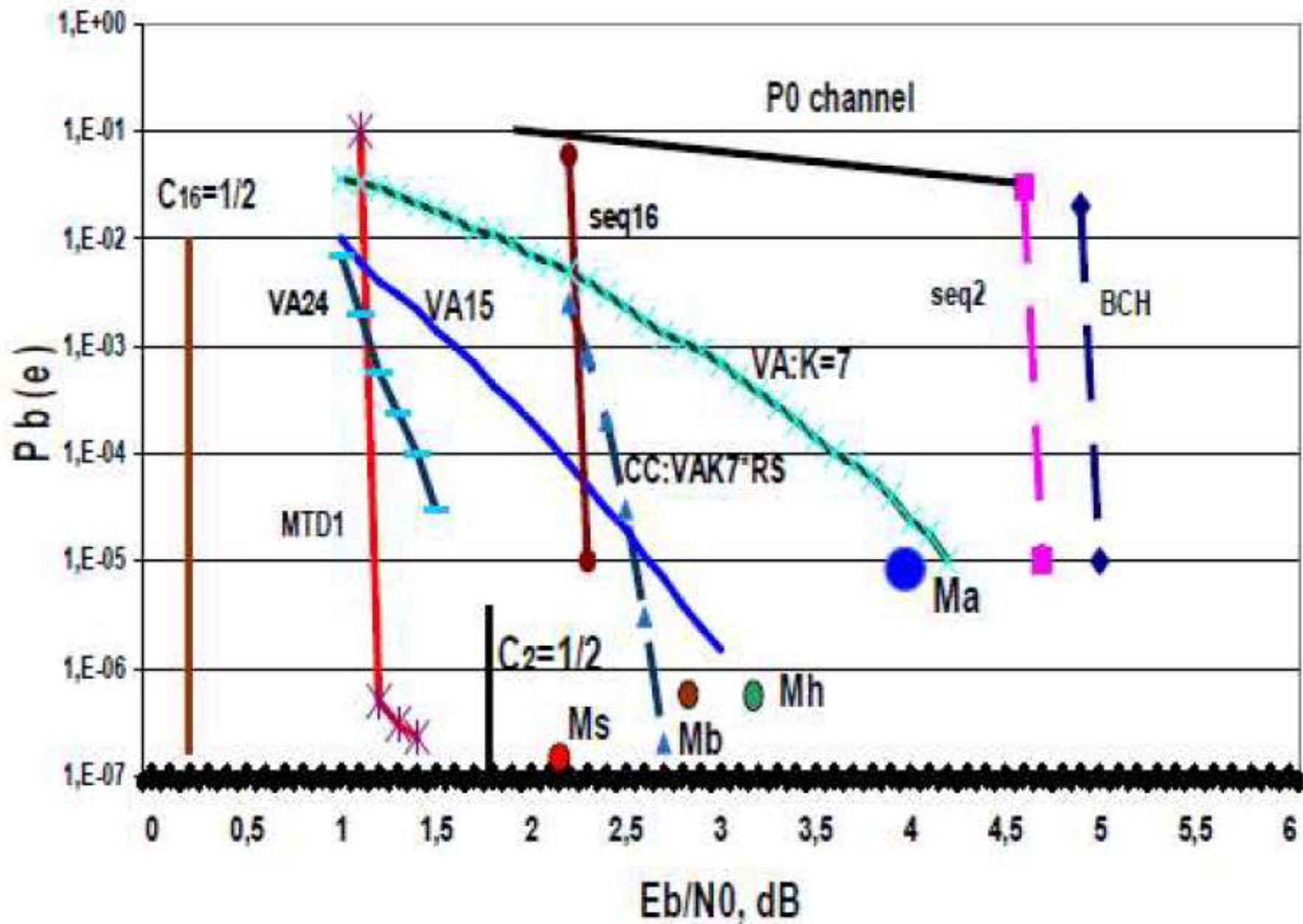


Свёрточный многопороговый декодер для кода с $R=1/2$, $d=5$ и 3 итерациями



→ **Основа оптимизационной теории**
справочник

OT: приём эстафеты от алгебраической теории



Многопороговый декодер (МПД) для спутниковых и космических каналов
Он повышает кпд их использования в 3 - 10 раз, в том числе для ДЗЗ.

МАКЕТ на информационную скорость ~1,08 Гбит/с

The multithreshold decoder (MTD) for satellite and Space channels, raises efficiency of their usage in 3-10 times, including channels up to 1Gb/s



ИКИ РАН

МПД для космоса, оптических каналов и систем ДЗЗ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ
ЗНАКАМ

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL
PROPERTY, PATENTS
AND TRADEMARKS



НАГРАЖДАЕТСЯ

ФГБУН Институт космических исследований РАН
за разработку «Многопороговый декодер
помехоустойчивых кодов для каналов спутниковой
и космической связи с большим уровнем шума»
(Золотарёв В.В.)



Руководитель

Б.П. Симонов

XV Юбилейный международный Салон
изобретений и инновационных технологий



«АРХИМЕД-2012»

ДИПЛОМ

Решением Международного Жюри
награждается

ЗОЛОТОЙ МЕДАЛЬЮ

ФГБУН Институт космических исследований РАН
за разработку «Многопороговый декодер
помехоустойчивых кодов для каналов спутниковой
и космической связи с большим уровнем шума»
(Золотарёв В.В.)



Председатель
Международного Жюри,
Президент Евразийской
патентной организации

А.Н. Григорьев

Президент Салона

Д.И. Зезюлин

Руководитель
Федеральной службы
по интеллектуальной
собственности

Б.П. Симонов

Теория кодирования..... – 2018г.



Золотарёв Валерий Владимирович – выпускник МФТИ, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), лауреат премии Правительства России в области науки и техники, награжден Золотой медалью Международной выставки изобретений и Золотой медалью Берейхового союза (ЕО) «за исключительные достижения».

Опубликовал более 220 научных работ, в том числе 4 книги по последним методам теории кодирования. Международным союзом электросвязи (МСЭ/ITU) в 2015 г. издана на английском языке его монография. Обладатель 16 патентов на изобретения в РФ и за рубежом.

Золотарёв В. В. – автор Оптимизированной Теории (ОТ) помехоустойчивого кодирования, которая позволила сохранить простые и высокоэффективные и особо достоверные методы коррекции ошибок в цифровых системах, обеспечивающие успешную работу в непосредственной близости от предельной способности канала связи. Сложность представления им алгоритмы увеличивается с длиной кода лишь в минимальной линейной степени, что стало успешным и технологичным решением проблемы Шеннона, поставленной более 70 лет назад.

На семинах ведущих научных школ В. В. Золотарёва представлены обширные материалы по ОТ и реализованным по многим алгоритмам декодирования.

Представлены теоретические и прикладные результаты современной теории кодирования как задачи поиска глобального экстремума функционала в дискретных пространствах. Рассмотрены различные методы простой коррекции ошибок при максимально допустимом уровне шума. Показано, что многопороговые декодеры, различные версии алгоритма Витерби и новые методы кодирования успешно решают на высоком технологическом уровне главную проблему теории информации – простое и эффективное декодирование вблизи границы Шеннона.

Для специалистов в области систем связи, инженеров, студентов старших курсов, а также аспирантов математических и радиотехнических факультетов.

Сайт издательства:

www.techbook.ru



ТЕОРИЯ КОДИРОВАНИЯ КАК ЗАДАЧА ПОИСКА ГЛОБАЛЬНОГО ЭКСТРЕМУМА

В. В. Золотарёв

ТЕОРИЯ КОДИРОВАНИЯ КАК ЗАДАЧА ПОИСКА ГЛОБАЛЬНОГО ЭКСТРЕМУМА

ОПТИМИЗАЦИОННАЯ ТЕОРИЯ
ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО
КОДИРОВАНИЯ –
НОВАЯ «КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА»
ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ



• «.....2018 год является юбилейным для теории кодирования. 70 лет назад Клод Шеннон выдвинул проблему простого и эффективного декодирования перед наукой и техникой в своей замечательной статье "Математическая теория связи". Отрадно найти её успешное решение в юбилейном году в монографии российского учёного».

• **Академик РАН
Н.А. Кузнецов**

Монография 2021 г.



От научного редактора

- История науки не знала до сих пор такого случая, чтобы небольшая научная школа полностью развернула в принципиально новом направлении столь грандиозную и инерционную, но одновременно и такую необходимую для техники связи сложнейшую отрасль науки, полностью решив сформулированные для неё прикладные научные и технологические проблемы.
- **Член-корреспондент РАН Ю.Б. Зубарев**

Справочник по кодированию-2022



Золотарёв Валерий Владимирович – выпускник МФТИ, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института комплексных исследований РАН, лауреат премии Правительства России в области науки и техники, Золотой медали Международной выставки изобретений и Золотой медали Европейского союза (EQ «За исключительные достижения»). Опубликовал более 260 научных работ, в том числе 11 монографий по прикладной теории помехоустойчивого кодирования. Международным союзом электросвязи (МСУ/ITU) в 2015 г. издана его монография на английском языке. Автор более 15 патентов на изобретения в РФ и за рубежом.

Изложены теоретические основы и описаны конкретные методы оптимального декодирования (ОД) с линейной от длины кодов сложностью для всех основных видов цифровых каналов связи с независимыми искажениями вплоть до пределов их пропускной способности. Все методы Оптимизационной Теории (ОТ) помехоустойчивого кодирования представлены как технологии, обеспечивающие полное решение великой проблемы Шеннона. Свёрточные и блочные модификации алгоритма Витерби (АВ) и неограниченные декодеры (МГЦД), относящиеся к давно известным инженерам и специалистам абсолютно понятным способом коррекции ошибок, описаны как кодовые системы, проектируемые с использованием тонких методов настройки их параметров для задач поиска глобальных экстремумов функционалов.

Справочный и методический материал всесторонне поддерживается информационными и технологическими ресурсами трёх сетевых порталов научной школы ОТ.



сайт издательства:
www.techbook.ru



КОДИРОВАНИЕ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ СВЯЗИ И СИСТЕМ ПАМЯТИ

В. В. Золотарёв

КОДИРОВАНИЕ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ СВЯЗИ И СИСТЕМ ПАМЯТИ

СПРАВОЧНИК

- Справочник написан с учётом всех тех очень важных для прикладной теории кодирования достижений, которые в монографиях школы ОТ нынешнего тысячелетия описаны как конкретные итоги успешного полного решения главной и самой сложной проблемы цифрового мира, поставленной более 70 лет назад К. Шенноном: простого высокодостоверного декодирования цифровых данных вблизи пропускной способности шумящих цифровых каналов.
- *Научных редактор
член-корреспондент РАН Ю.Б. Зубарев*

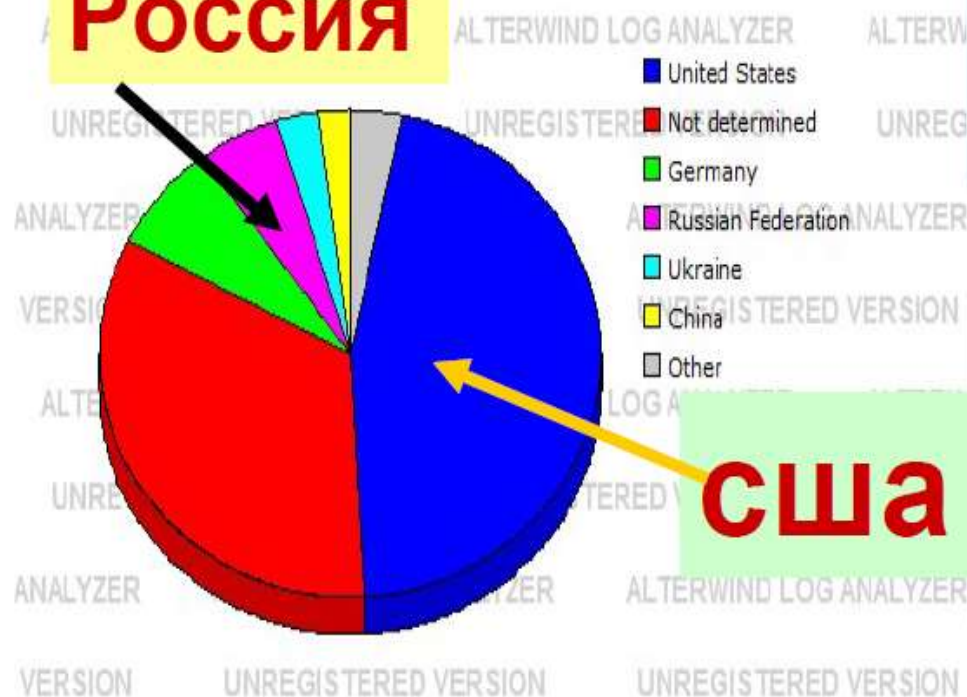
Новые порталы по методам кодирования

[www.mtdbest.ru.](http://www.mtdbest.ru)

[www.decoders-zolotarev.ru.](http://www.decoders-zolotarev.ru)

За 2016 год - более 93 тыс. читателей
на наших порталах из 85 стран мира

Россия



Rank	Country
------	---------

1	United States
---	---------------

2	Not determined
---	----------------

3	Germany
---	---------

4	Russian Federation
---	--------------------

5	Ukraine
---	---------

сша

Для первого ознакомления с ОТ

- **Соавторы:**
Н.А. Кузнецов,
академик РАН

и

Член-
корреспондент
РАН

Ю.Б. Зубарев

Н.А. Кузнецов, В.В. Золотарёв, Ю.Б. Зубарев,
Г.В. Овечкин, Р.Р. Назиров, С.В. Аверин



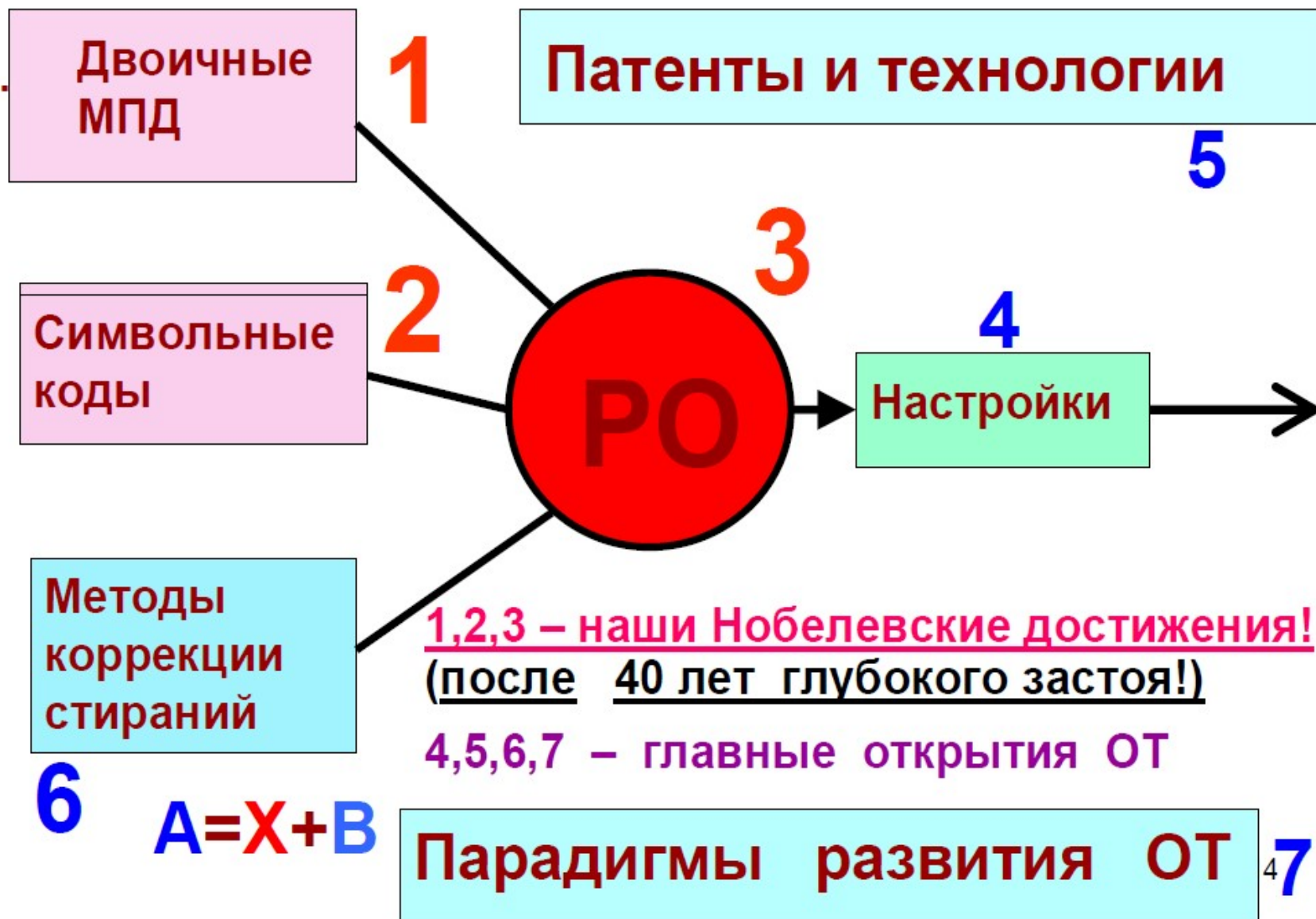
**Проблемы и открытия
Оптимизационной Теории
помехоустойчивого кодирования
(ОТ в иллюстрациях)**



Москва
ИКИ РАН
2020 г.

С любого
портала
нашей
научной
школы ОТ
со
страницы
«Наши
КНИГИ»

Открытия Оптимизационной Теории



Применение наиболее мощных систем кодирования канала и источника

- 1. Кодирование канала.
Повышает достоверность передачи данных на 2-5 десятичных порядков,
ЭВК~8-15 дБ
- 2. Кодирование источника.
Достигается сжатие данных в 2-5 и более раз.
- 3. **Общий итоговый энергетический выигрыш от применения методов теории информации - до 40 - 100 раз !**

Результат создания ОТ

- 1.. Основная теорема и её обобщения на все каналы.
- 2.. Теория размножения ошибок.
3. Теория поиска глобального экстремума функционалов +



- Ни одной из этих теорий не было в прежней ТК.

ОТ создана заново.

Её девиз: теория + эксперимент!

Более 150 типов моделей декодеров – лучших по всем параметрам критерия ПДС

Наша помощь - всем

Всё - в свободном доступе.

- Более 800 статей за **50** лет;
- **16** книг, из них 11 монографий с участием академиков и членов РАН;
- Три сетевых портала

www.decoders-zolotarev.ru, www.mtdbest.ru

www.mtdbest.iki.rssi.ru

с 1000 блоков данных.

Два единственных в России справочника
по кодированию с технологиями решения
проблемы Шеннона для всех типов каналов

Литература к докладу на конференции по ДЗЗ в ИКИ РАН 16-11-22г.

- 1. Золотарёв В.В. Оптимальные алгоритмы декодирования Золотарёва. Под ред. члена-корр. РАН Ю.Б. Зубарева. // М.: Горячая линия — Телеком, 2021, 262с.
<https://decoders-zolotarev.ru/wp-content/uploads/2021/02/optimalnye-algoritmy-dekodirovaniya-zolotareva.pdf> .
- 2. Золотарёв В.В. Кодирование для цифровой связи и систем памяти. Справочник-2. Под ред. члена-корр. РАН Ю.Б. Зубарева. // М.: Горячая линия-Телеком, 2022, 168 с.
<https://decoders-zolotarev.ru/nashi-knigi/> .
- 3. Кузнецов Н.А., Золотарёв В.В., Зубарев Ю.Б., Овечкин Г.В., Назиров Р.Р., Аверин С.В. Проблемы и открытия Оптимизационной Теории помехоустойчивого кодирования. (ОТ в иллюстрациях). // М.: Горячая линия — Телеком, 2020, 36с.
<https://decoders-zolotarev.ru/wp-content/uploads/2021/02/comics.pdf> .

Всё доступно на страницах «Наши книги» сетевых порталов школы ОТ

www.mtdbest.ru

СПАСИБО !

www.decmtdzol.ru

www.decoders-zolotarev.ru

ИКИ РАН

Т.(495)-333-24-12

www.mtdbest.iki.rssi.ru

e-mail: zolotasd@yandex.ru

МОБ.: +7-916-518-86-28

17.11.2023 г.

ИКИ РАН

