

**Применение
оптимальных декодеров
в быстрых системах ДЗЗ**

Золотарёв В.В.

ИКИ РАН

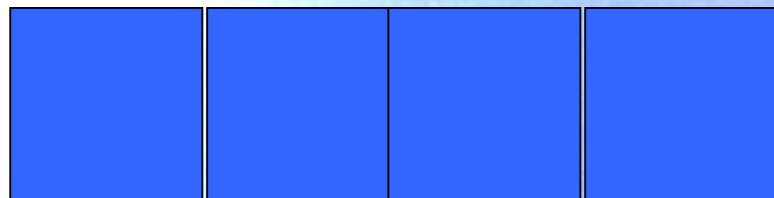
14-18.11.22

20 конференция

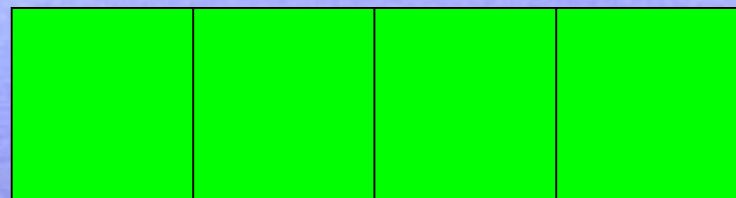
«Современные проблемы ДЗЗ»

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

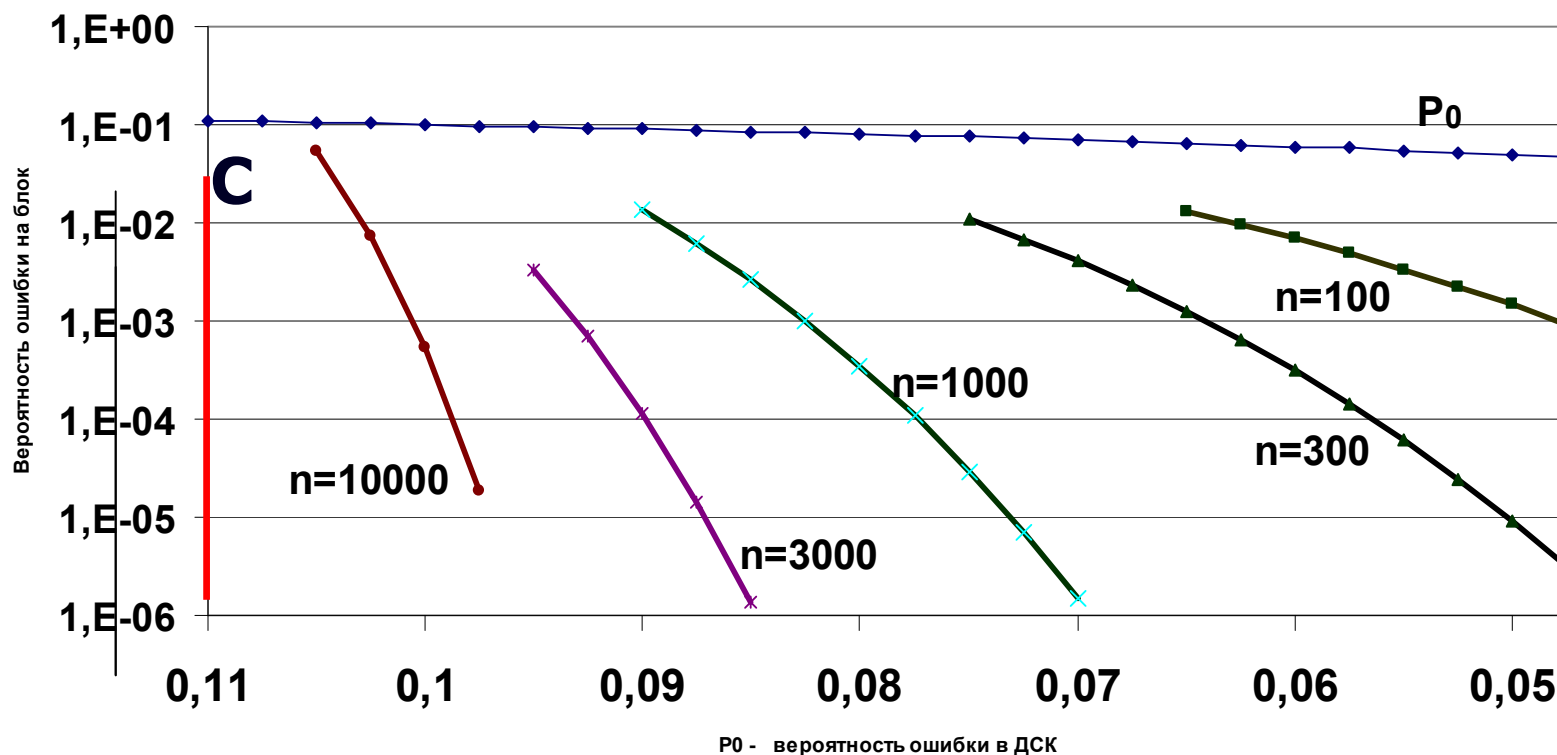
$$\underline{R < C !}$$

- - 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 теория помехоустойчивого кодирования

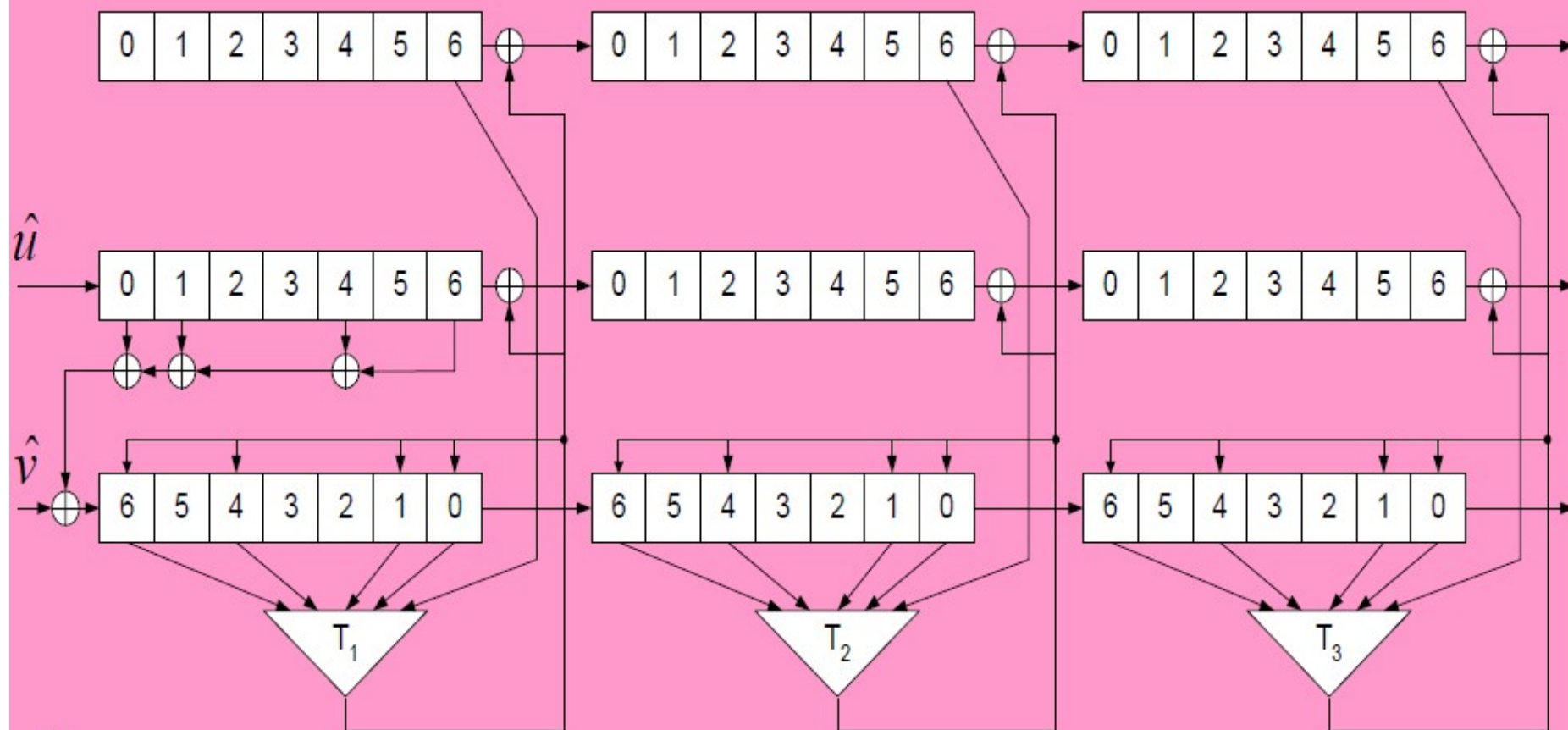
Нижние оценки вероятностей ошибки декодирования блоковых кодов с $R=1/2$

*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!



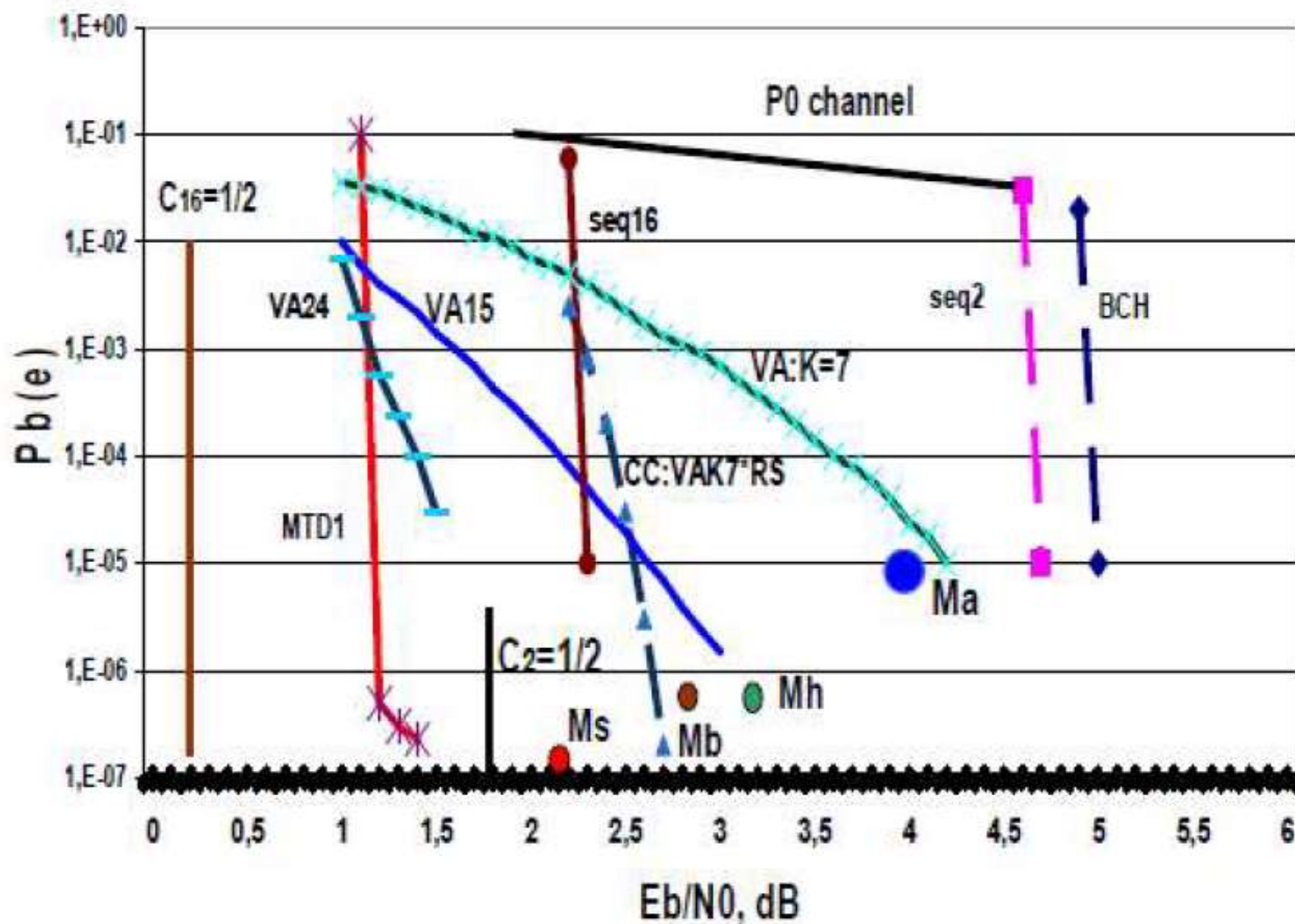
Свёрточный многопороговый декодер для кода с $R=1/2$, $d=5$ и 3 итерациями



Основа оптимизационной теории

справочник

ОТ: 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 Европейского союза (ЕС) «За исключительные достижения».

Опубликовал более 220 научных работ, в том числе 4 книги по прикладным 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 Оптимизационной Теории (ОТ) помехоустойчивого кодирования, которая позволила создавать простые высокоэффективные и особо достоверные методы коррекции ошибок в цифровых системах, обеспечивающие успешную работу в непосредственной окрестности предельной способности канала связи. Сложность предложенных им алгоритмов увеличивается с влияем кода лишь в минимальной линейной степени, что стало успешным и технологичным решением проблемы Шеннона, поставленной более 70 лет назад.

На сайте портала научной школы 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
ПОМЕХООУСТОЙЧИВОГО
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 предельных их пропускной способности. Все методы Оптимальной Теории (ОТ) помехоустойчивого кодирования представлены как технологии, обеспечивающие полное решение великой проблемы Шеннона. Сверточные и блочные модификации алгоритма Витерби (AB) и неограниченные декодеры (МГЦД), относящиеся к давно известным инженерным 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



В. В. Золотарёв

КОДИРОВАНИЕ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ СВЯЗИ И СИСТЕМ ПАМЯТИ

СПРАВОЧНИК

КОДИРОВАНИЕ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ СВЯЗИ И СИСТЕМ ПАМЯТИ

- 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.
- *Член-корреспондент РАН Ю.Б. Зубарев*

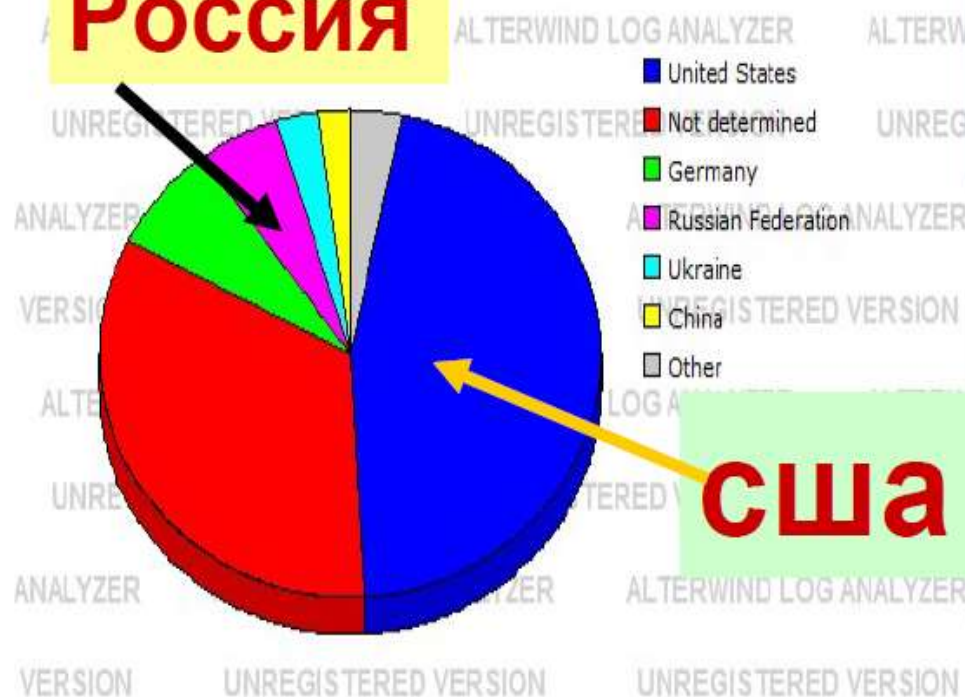
Новые порталы по методам кодирования

www.mtdbest.ru

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

-

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

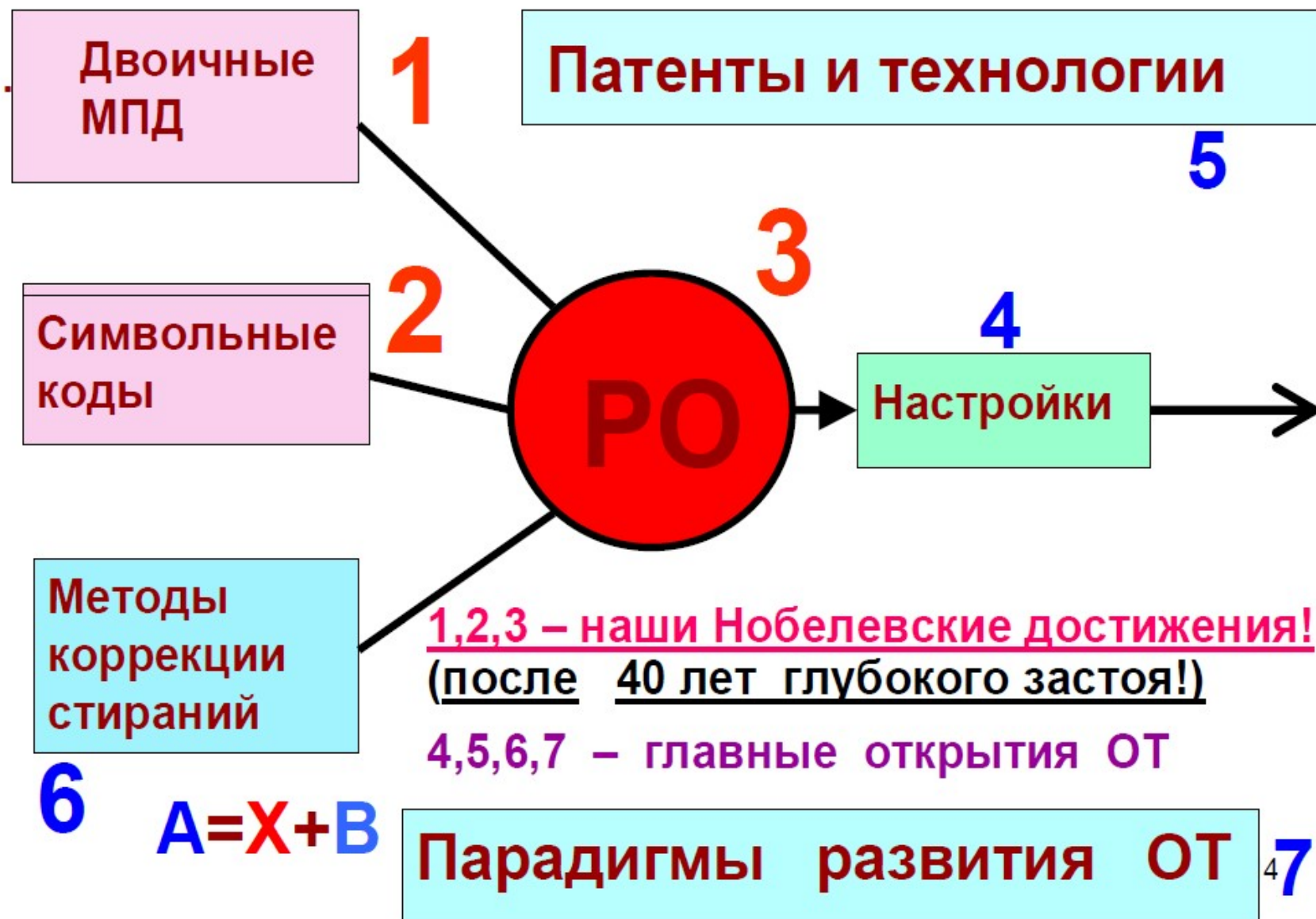


**Проблемы и открытия
Оптимизационной Теории
помехоустойчивого кодирования
(ОТ в иллюстрациях)**



Москва
ИКИ РАН
2020 г.

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 +

ПО



- 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

www.mtdbest.ru

СПАСИБО !

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

15.11.2022 г.

