

**Оптимизационная
Теория как базис для
создания декодеров,
работающих вблизи
границы Шеннона**

В.В. Золотарёв
ИКИ РАН

Д33-2019



Докладчик

В.В.Золотарёв –

ведущий научный сотрудник Института

космических исследований РАН,

доктор технических наук, профессор,

лауреат премии Правительства РФ

и Золотой медали ЕС

«За исключительные достижения»

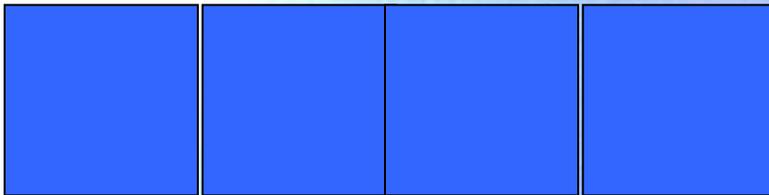
Цель кодирования

Поскольку многие цифровые каналы очень дороги, а передавать и хранить данные необходимо с очень высокой достоверностью, именно проблемы наиболее полного использования ёмкости каналов связи, повышения их к.п.д. и достижения высокой достоверности цифровых потоков при высоких уровнях шума канала и носителей данных оказываются в ряду наиболее актуальных исследований.

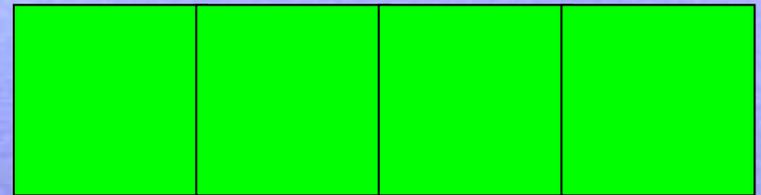
Кодирование - это введение избыточности

К - информация

r - избыточные символы



+



$n=k+r$ - длина блока

$R=k/n < 1$ -

кодовая скорость

Кодирование

снижает

размеры антенн,

увеличивает

скорость,

достоверность

и дальность связи

Основное ограничение теории информации для кодирования (К.Шеннон)

- Всегда должно выполняться условие

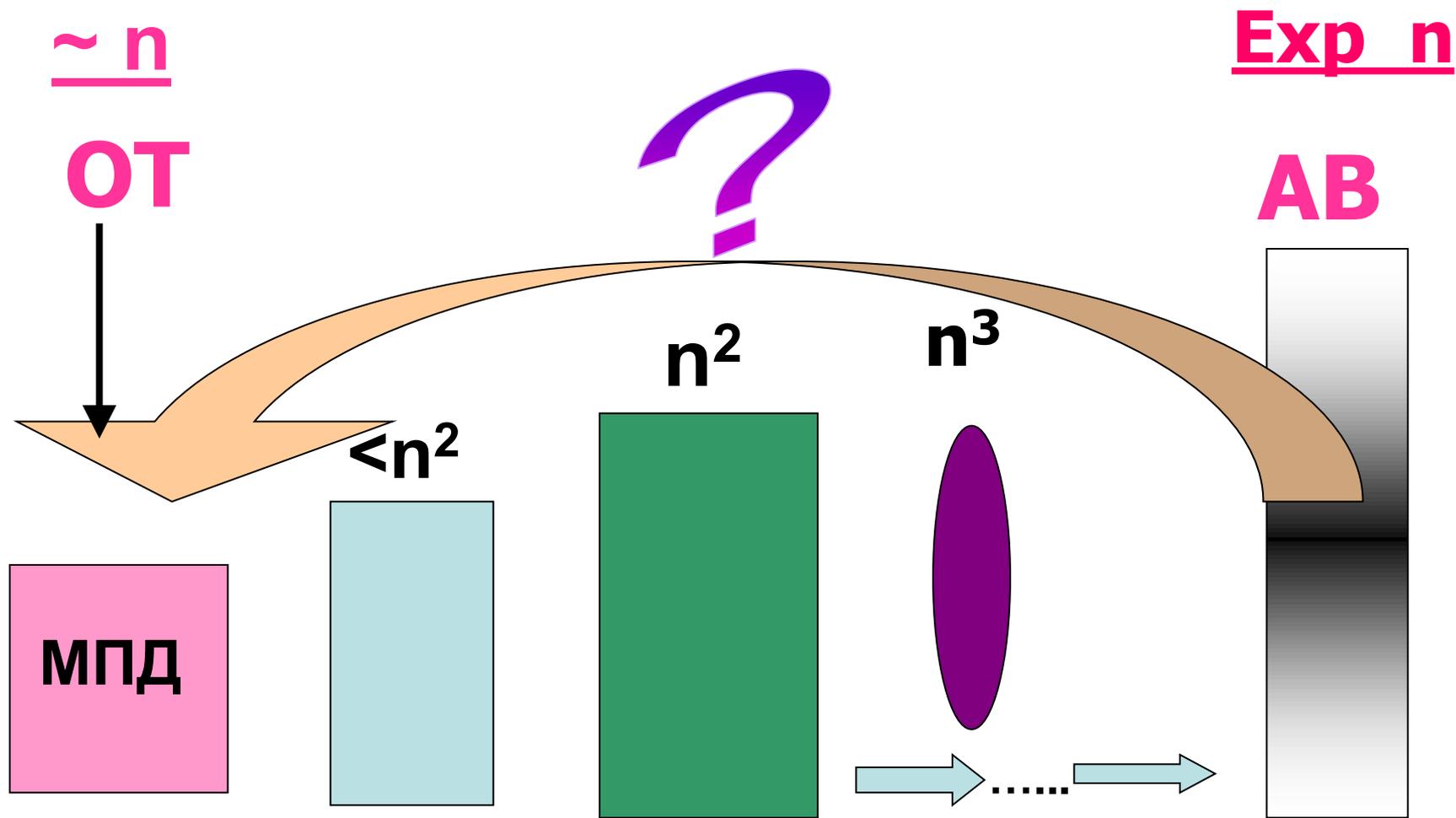
- $$\underline{R < C !}$$

- - Кодовая скорость меньше пропускной способности канала

- Тогда возможна передача цифровой информации со сколь угодно малой вероятностью ошибки, если длина блока данных будет достаточно велика.

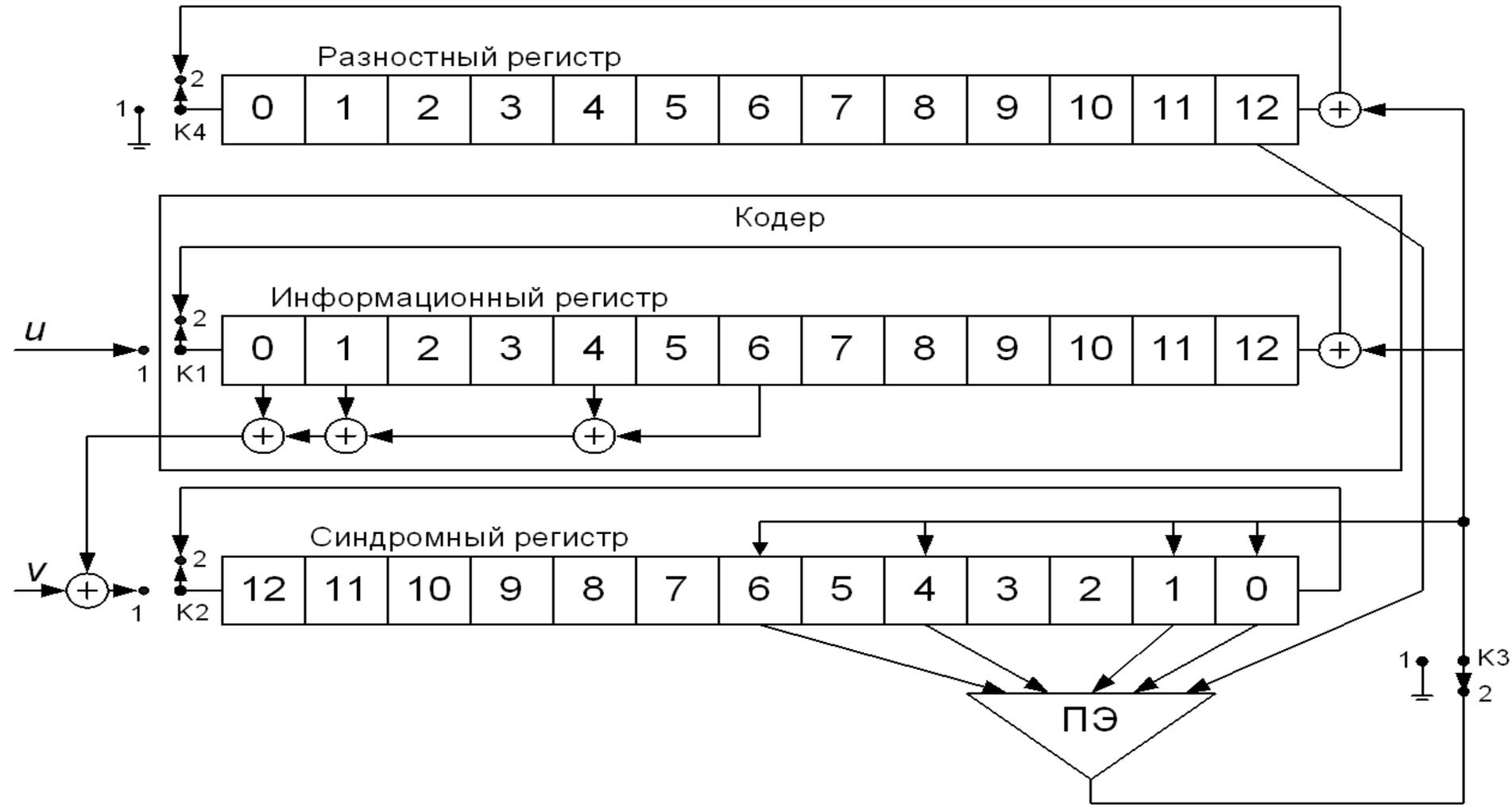
- С этого результата началась теория помехоустойчивого кодирования

Обновление главной парадигмы теории кодирования



Сложность алгоритмов декодирования

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

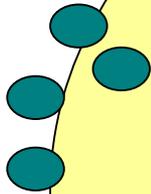


Судьба лидеров

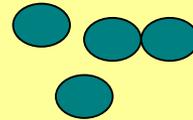
OT



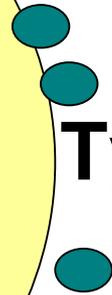
LDPC



Полярные коды



Турбо



Мы одинокие лидеры. Все остальные - за горизонтом!

1. Основная теорема

многопорогового декодирования

- При каждом изменении декодируемых символов кода решения МПД строго приближаются к принятому сообщению, **т.е. правдоподобие решений МПД строго возрастает.**
- **Следствие-цель**
МПД **может** при линейной от длины кода сложности декодирования достичь наиболее правдоподобного решения, которое обычно требует экспоненциальной от длины кода сложности.

Оптимизационная теория

- **ОТМПД – основа теории !**
- **Все этапы:**
- **1. настройка алгоритма,**
- **2. выбор кодов (по критериям РО) и**
- **3. сами алгоритмы МПД –**
Везде в пп.1- 3 - создание нового ПО для
решения особых оптимизационных задач
- **«Роль оптимизационных теорий в математике столь же велика, как и роль собственно математики во всех науках» - цитата.**



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 флеш-памяти

**Медаль Евросоюза (ЕС)
«За исключительные достижения»,
вручаемая за особо значимые
результаты в науке**



Наши порталы по ОТ и МПД

www.mtdbest.ru

www.mtdbest.iki.rssi.ru

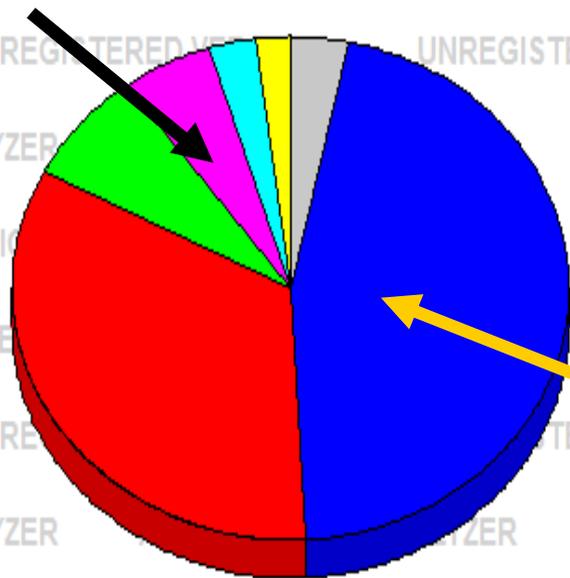
За

2016 год - более 105 тыс. читателей

на

наших порталах из 94 стран мира

Россия



- United States
- Not determined
- Germany
- Russian Federation
- Ukraine
- China
- Other

сша

Rank	Country	Visitors
1	United States	13988 45.79%
2	Not determined	10280 33.65%
3	Germany	2178 07.13%
4	Russian Federation	1607 05.26%
5	Ukraine	859 02.81%
6	China	619 02.03%
7	United Kingdom	228 00.75%
8	Kazakhstan	103 00.34%
9	Belarus	80 00.26%
10	Italy	52 00.17%

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. избран 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 асинхронные и особо достоверные методы коррекции ошибок в цифровых системах, обеспечивающие успешную работу в непосредственной окрестности пропускной способности канала связи. Способность преобразовывать имитационные увеличения длины кода лишь в минимальной линейной степени, что стало успешным и технологичным решением проблемы Шеннона, построенной более 70 лет назад.

На сетевых порталах научной школы В. В. Золотарёва представлены обширные материалы по ОТ и дешиграммам 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 аблизки 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



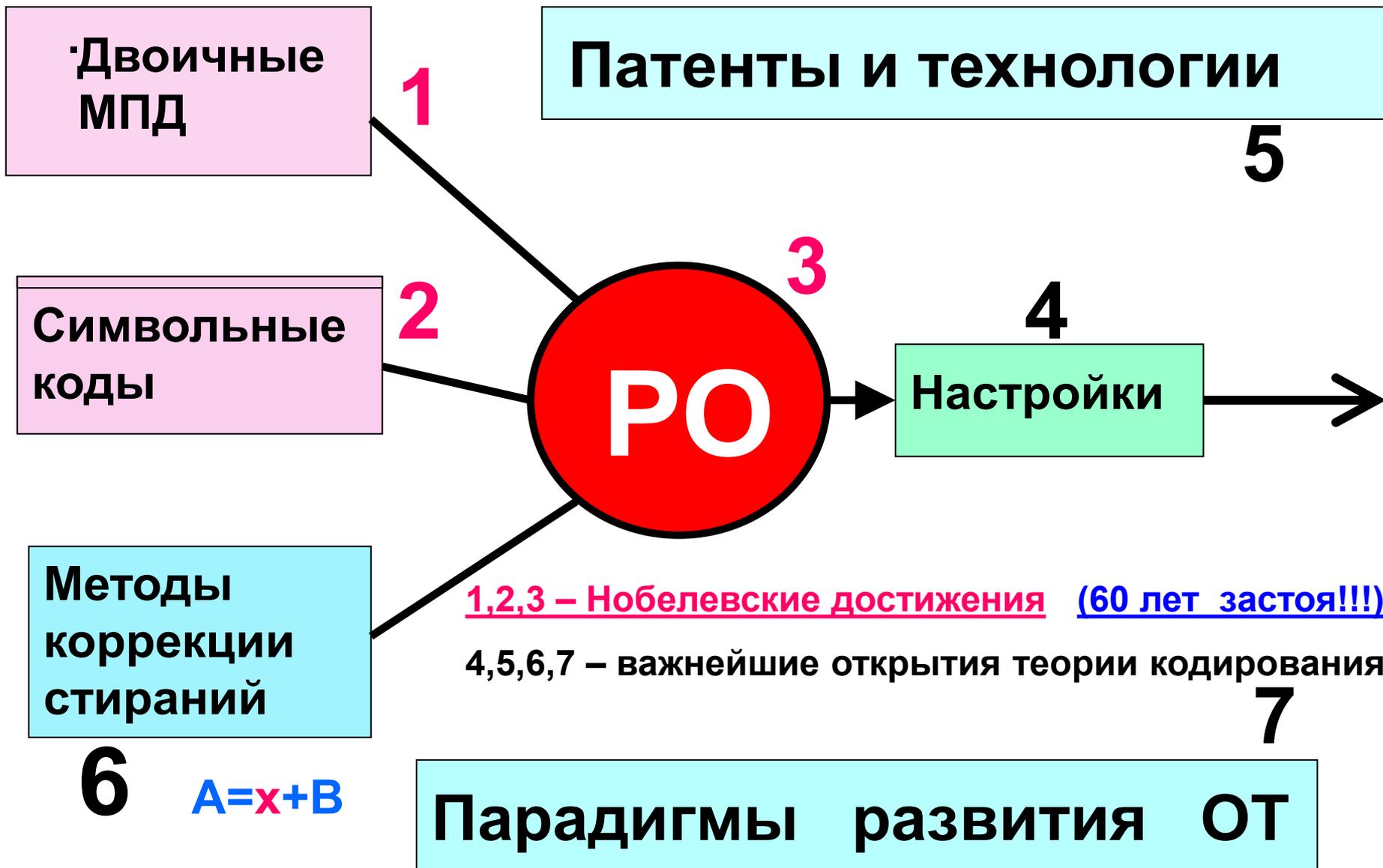
- 2018 год является юбилейным для теории кодирования. 70 лет назад Клод Шеннон выдвинул проблему простого и эффективного декодирования перед наукой и техникой в своей замечательной статье "Математическая теория связи". Отрадно найти её успешное решение в юбилейном году в монографии российского учёного.

- **Академик РАН
Н.А. Кузнецов**

- ...работы российской научной школы по теории кодирования преодолели долговременный кризис теории и на основе научно-идеологической революции, сменившей значительную часть основных парадигм теории кодирования, создали условия для её развития на совершенно новых основах. Можно сказать, что в теории кодирования сформировалась своя "**квантовая механика**". Она трудна, но плодотворна. Других путей пока нет.

- **Член-корреспондент РАН Ю.Б. Зубарев**
- **Журнал «Наукоёмкие технологии» 2016 г.**

Открытия Оптимизационной Теории



Выводы

- 1 Мы открыли МПД алгоритмы ~ 45 лет назад.
2. К настоящему времени полностью решена задача простого и эффективного декодирования ошибок МПД алгоритмами даже для самых быстрых каналов при большом уровне шума.
3. Для широкого диапазона реальных параметров кодирования на основе 12 патентов и четырёх открытий в теории кодирования МПД алгоритмы выполняют на $3\div 5$ порядков меньшее число операций и одновременно (!) обеспечивают на $4\div 6$ порядков большую итоговую достоверность цифровых данных.
4. Некоторые открытые нами и опубликованные ещё 30 лет назад коды и методы их МПД декодирования **до сих пор даже не повторены никакими научными коллективами в мире.**

www.mtdbest.ru

СПАСИБО !

ИКИ РАН т.(495)-333-24-12

www.mtdbest.iki.rssi.ru

e-mail: zolotasd@yandex.ru

моб.: +7-916-518-86-28

В.В.Золотарёв

11.11.2019 г.

ИКИ РАН



Сходимость процедур глобального поиска для МПД декодеров

