

**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»**

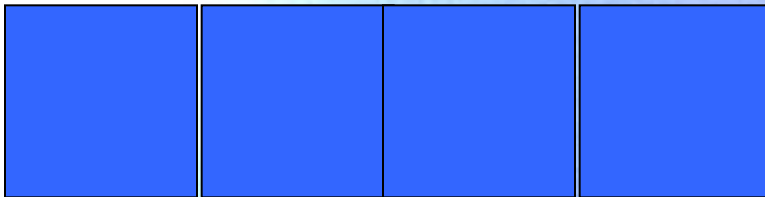
# *Цель кодирования*

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.

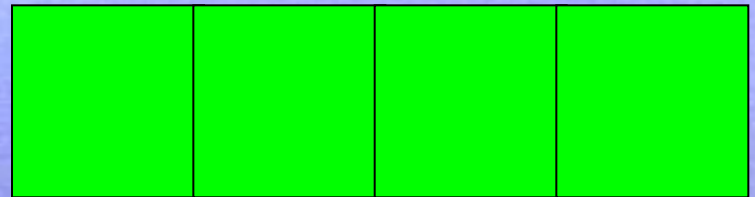
# *Кодирование - это введение избыточности*

**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

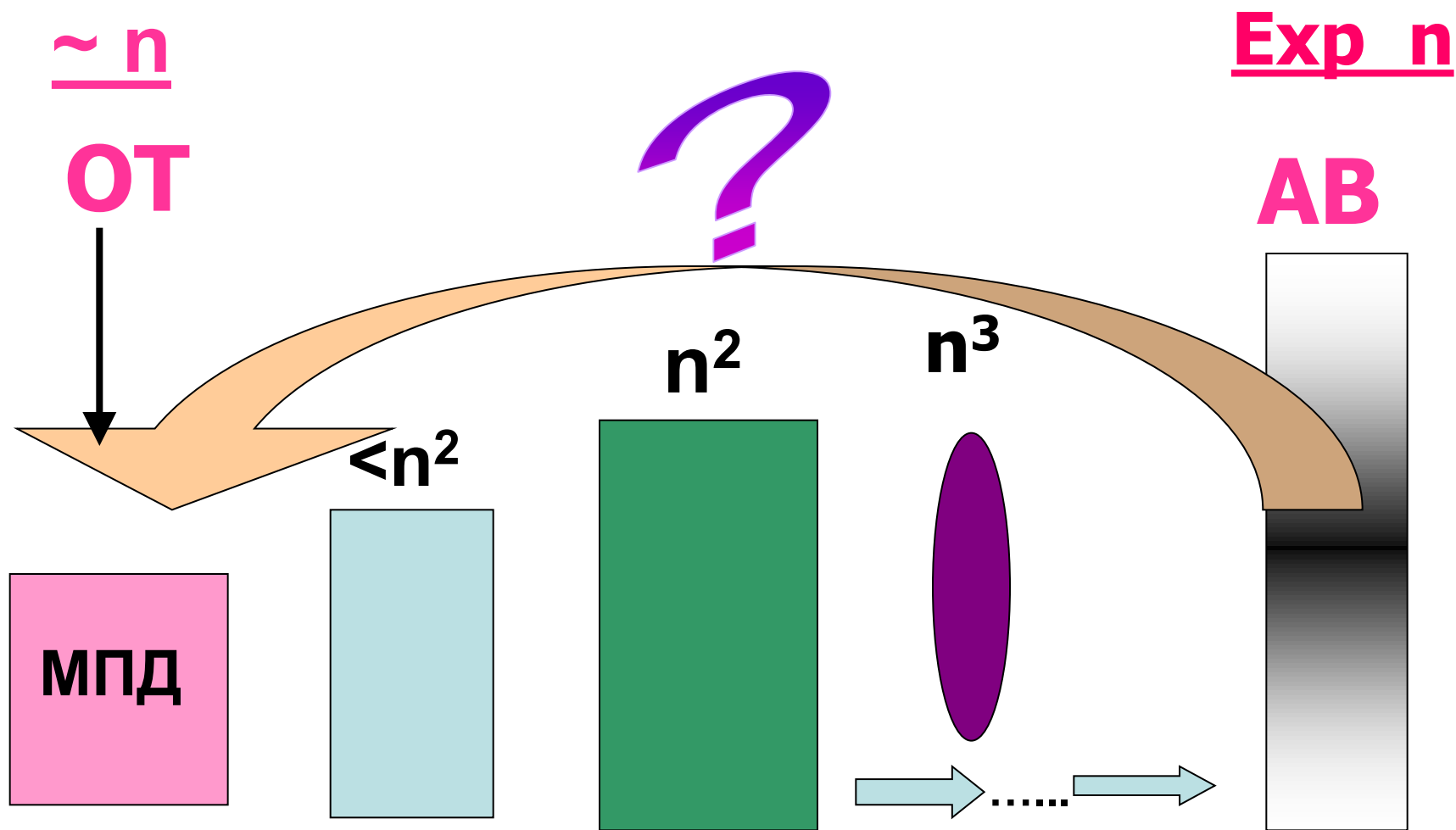
- $$\underline{R < C !}$$

- - Кодовая скорость меньше пропускной способности канала

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

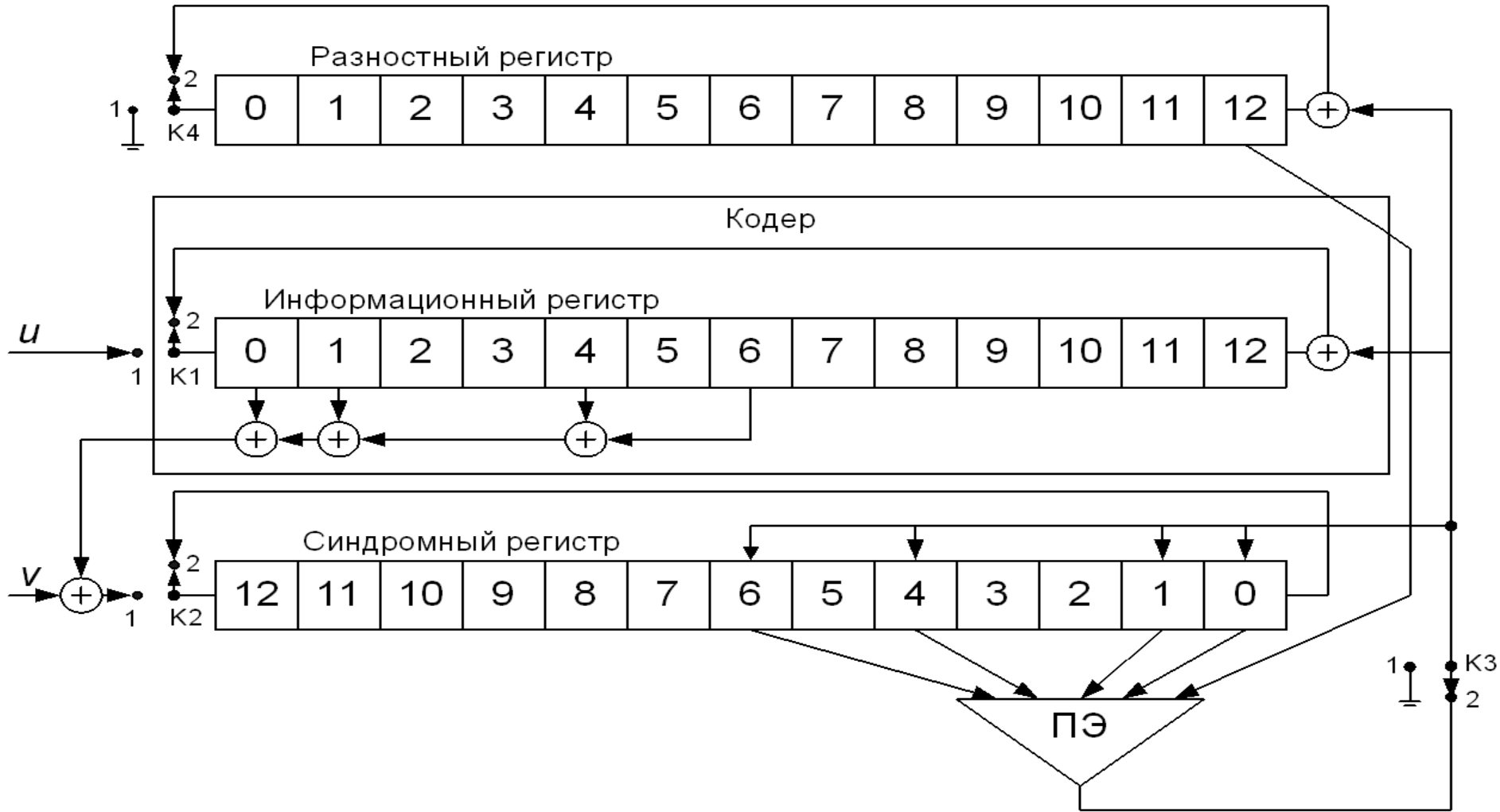
- С этого результата началась теория помехоустойчивого кодирования

# Обновление главной парадигмы теории кодирования



***Сложность алгоритмов декодирования***

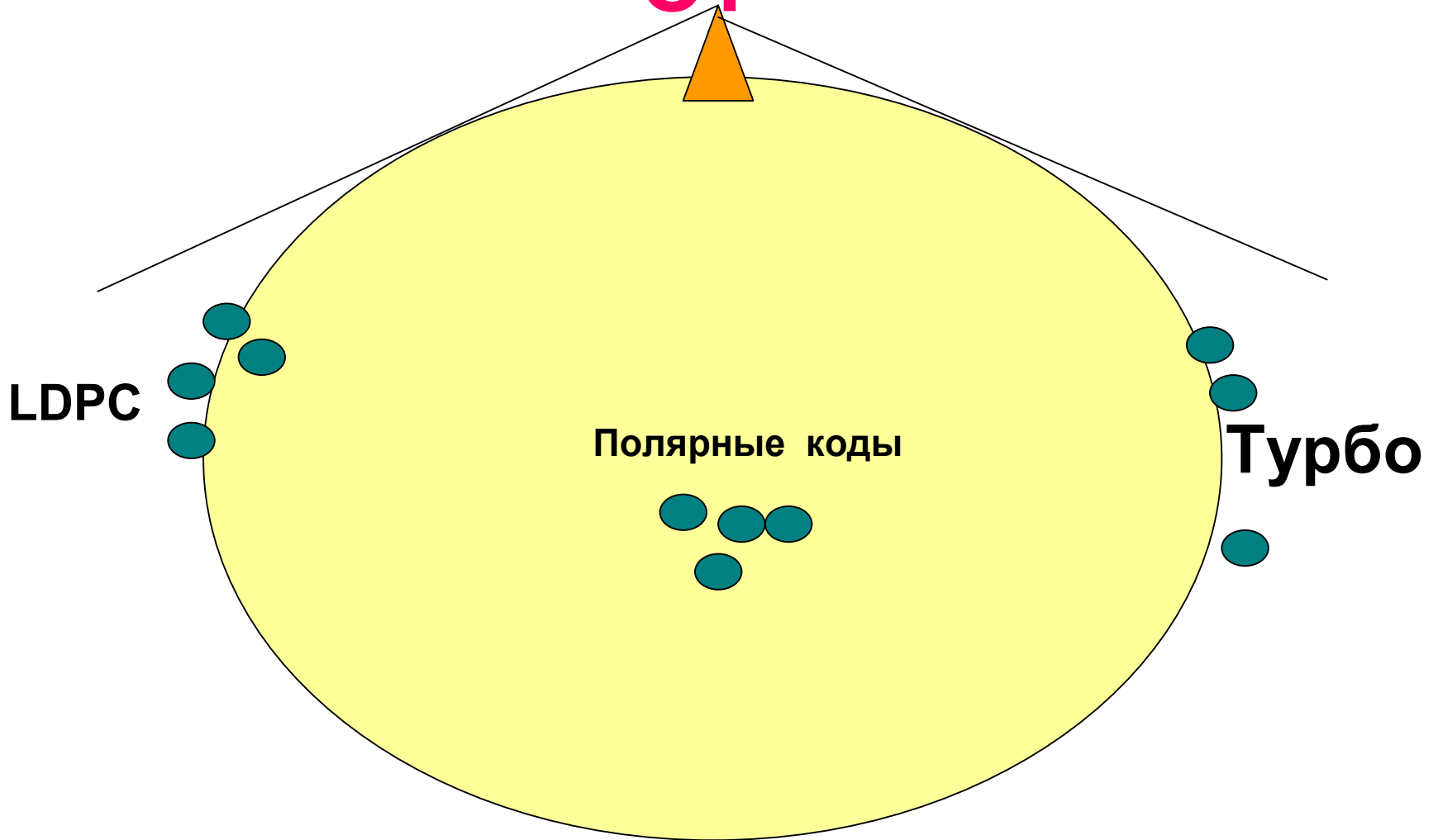
# Блочный многопороговый декодер для кода с $R=1/2$ , $d=5$ и $n$ итерациями





# Судьба лидеров

OT



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

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

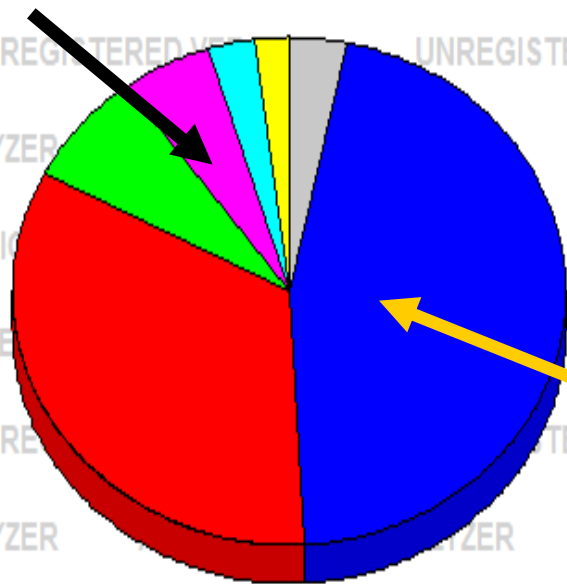
За

2016 год - более 105 тыс. читателей

на

наших порталах из 94 стран мира

**Россия**



**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](http://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.

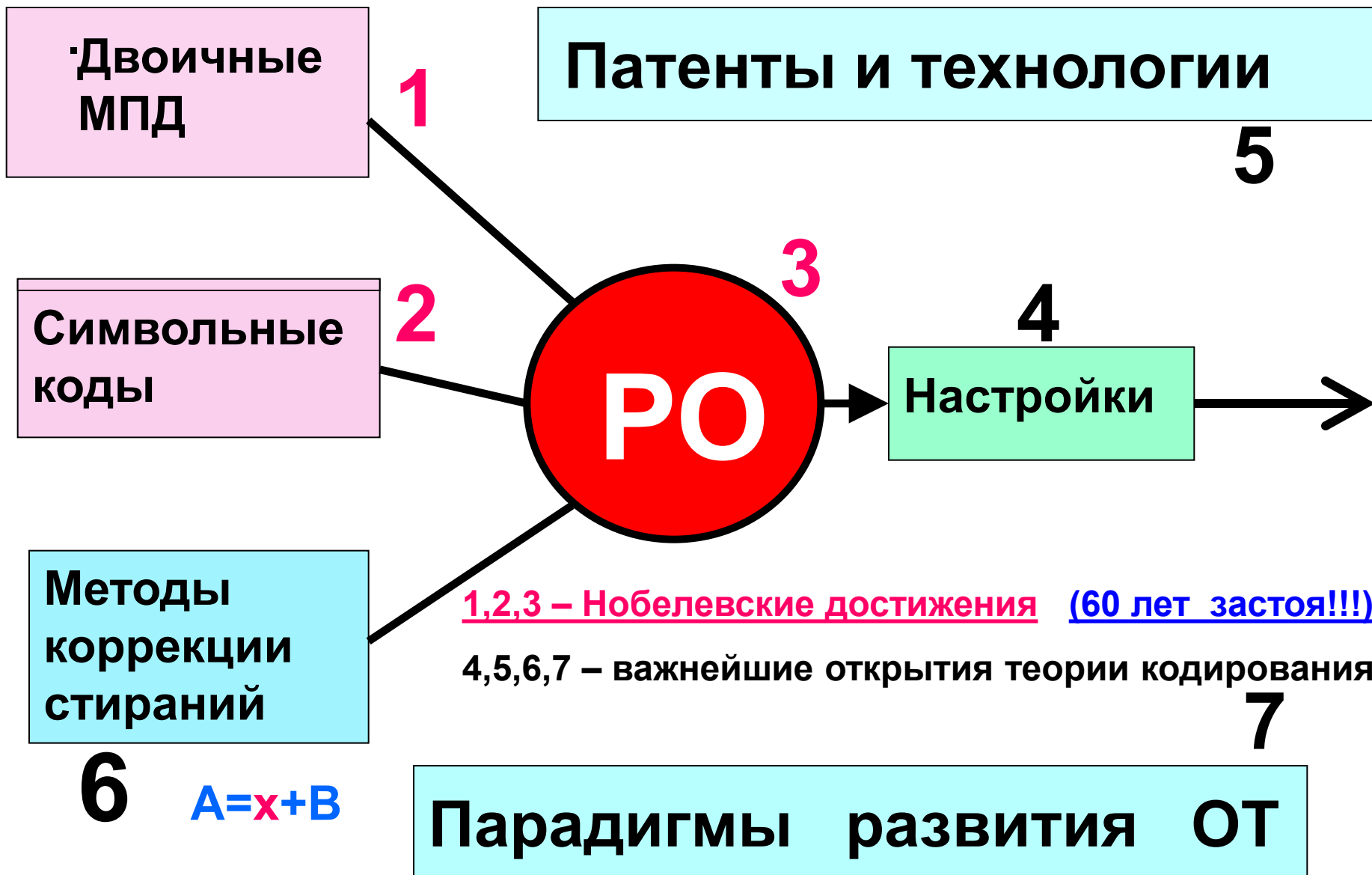
- **Академик РАН  
Н.А. Кузнецов**



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

**СПАСИБО !**

**ИКИ РАН т.(495)-333-24-12**

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

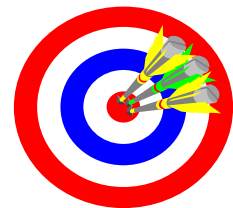
e-mail: [zolotasd@yandex.ru](mailto:zolotasd@yandex.ru)

**моб.: +7-916-518-86-28**

**В.В.Золотарёв**

**11.11.2019 г.**

**ИКИ РАН**



# Сходимость процедур глобального поиска для МПД декодеров

