

# Модификация алгоритма Витерби для каналов с большим уровнем шума



***Золотарёв В.В., ИКИ РАН,***

***12.11.2025***

***23 конференция***

***«Современные проблемы ДЗЗ»***

- Для передачи данных из цифровых массивов по радио эфиру и обратно нужно устройство преобразования цифровых данных, которые нужно сохранить в целостности даже при наличии помех. Для этого используется важнейшее в радиотехнике устройство
  - **МОДЕМ** !.
- Но это же просто? Радио известно давно.
- Но когда надо передать, а затем и принять «цифру», почти всегда без каких-либо ошибок, модем становится самым ключевым узлом системы связи, сердцем которого являются таинственные **декодеры**, т. е. алгоритмы, реализация которых -«высший пилотаж» науки
  - теории помехоустойчивого кодирования!

**Уточним:**

кодирование снижает  
размеры антенн и требуемую  
мощность передатчика,

а также

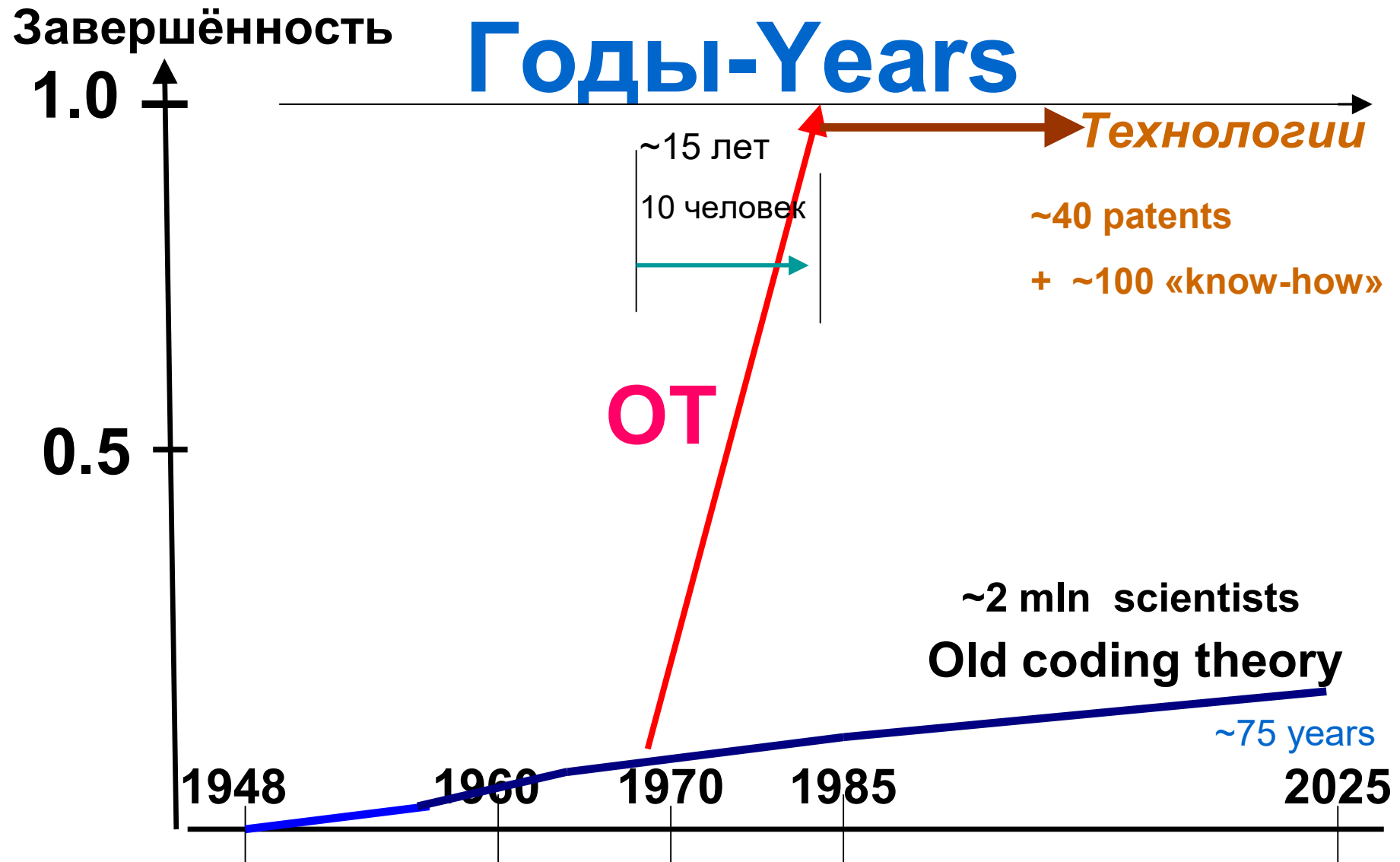
увеличивает

скорость, дальность  
и достоверность передачи  
данных для многих типов  
каналов связи

## Улучшение помехоустойчивости алгоритма Витерби

- 1. Предложены методы декодирования, близкие к АВ по достоверности, которые обеспечивают простое достижение высокой достоверности АВ с  $K=15$ , но при меньшей памяти.
- 2. Принято решение о патентовании способа декодирования и расширении диапазона параметров, при которых новый метод оказывается более компактным при аппаратной реализации.
- 3. Метод включен в обширный комплекс оптимальных алгоритмов декодирования, который получил по аналогии со славянским алфавитом общее название Новой единой азбуки цифрового обмена информации.

# Динамика развития «классической» **ТК** и новой **Оптимизационной Теории**



# Основные преимущества ОТ

Лучшие характеристики по критерию ПДС - **полностью решена великая проблема Шеннона** - 1984г. !

Разница со всеми прочими методами:

**всегда более, чем на 2 порядка быстрее** прочих;

Только алгоритмы ОТ являются оптимальными декодерами (ОД);

Очень **простая настройка** элементов декодеров

Удобная реализация **быстрых версий** алгоритмов ОТ

**Всё запатентовано!**

## Наши сетевые порталы

- 1 - [www.decmtdzol.ru](http://www.decmtdzol.ru) –new!
- 2 - [www.mtdbest.ru](http://www.mtdbest.ru)
- 3 - [www.decoders-zolotarev.ru](http://www.decoders-zolotarev.ru)
- 4 - [www.mtdbest.iki.rssi.ru](http://www.mtdbest.iki.rssi.ru) –архив
- Там - ~1500 блоков информации: статьи, обзоры, 11 монографий [с профильными академиками РАН](#) и ~40 демопрограмм и платформ с ПО (!) [научной школы ОТ для цифровых сетей](#)



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



# 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.

# Фрагмент алгоритма LDPC

Одна итерация алгоритма IBP включает:

- вычисление надежности символов в форме LLR и формирование сообщений к проверочным узлам:

$$q_{i,j} = \text{LLR}_i + \sum_{k \in C_i, k \neq j} r_{k,i}$$

- вычисление проверок и формирование сообщений к кодовым узлам:

$$r_{j,i} = 2 \tanh^{-1} \left( \prod_{k \in R_j, k \neq i} \tanh \frac{q_{k,j}}{2} \right).$$

- формирование выходного вектора, т. е. определение «жесткого» решения по надёжностям для каждого бита, по правилу

$$b_i = \text{sign} \left( \text{LLR}_i + \sum_{k \in C_i} r_{k,i} \right).$$

- проверка принадлежности полученного вектора  $b_i$  к пространству кодовых слов, выполняемое путем пересчета проверок на чётность, как в алгоритме BF;

## **У ВХОДА В СТЕЛЛЕНБОССКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ВИСИТ СЛЕДУЮЩЕЕ СООБЩЕНИЕ:**

**(ЮАР!)**

«Уничтожение любой нации не требует атомных бомб или использования ракет дальнего радиуса действия. Требуется только снижение качества образования и разрешение обмана на экзаменах учащимися.

Пациенты умирают от рук таких врачей.

Здания разрушаются от рук таких инженеров.

Деньги теряются от рук таких экономистов и бухгалтеров. Справедливость утрачивается в руках таких юристов и судей.

**Крах образования — это крах нации».**



- **Литература.**

- 1. Золотарёв В.В., Овечкин Г.В. Помехоустойчивое кодирование. Методы и алгоритмы. **Справочник**. - Под научной редакцией члена-корреспондента РАН Ю.Б. Зубарева. // М., «Горячая линия – Телеком», 2004, 126 с.
- 2. В.В. Золотарёв, Ю.Б. Зубарев, Г.В. Овечкин. Многопороговые декодеры и оптимизационная теория кодирования. // Под редакцией академика РАН В.К. Левина. М., «Горячая линия – Телеком», 2012, 238с.
- 3. В.В. Золотарёв. Теория и алгоритмы многопорогового декодирования. - Под редакцией члена-корреспондента РАН Ю.Б. Зубарева. 2-е издание. // Москва, "Горячая линия - Телеком", 2014, 266 с.
- 4.. 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) - Под научной редакцией академика РАН Н.А. Кузнецова // М.: Горячая линия - Телеком, 2020, 36 с.
- URL: <http://www.mtdbest.ru/articles/comics.pdf>.



- 5. В.В. Золотарёв. Оптимальные алгоритмы декодирования Золотарёва. - Под научной редакцией члена-корреспондента РАН Ю.Б. Зубарева // М., "Горячая линия - Телеком", 2021, 268с.
- 6. В.В. Золотарёв. Кодирование для цифровой связи и систем памяти. **Справочник-2**. - Под научной редакцией члена-корреспондента РАН Ю.Б. Зубарева. // "Горячая линия - Телеком", 2022, 176с.
- 7. Г. В. Овечкин, А. Н. Пылькин. О трёх значимых юбилеях теории кодирования. *Вестник РГРТУ. 2024. № 9, 153-157.*
- <https://disk.yandex.ru/i/6u202EIMnOHofA> .
- Все книги по ОТ, включая справочники, свободно доступны на страницах «Наши книги» следующих сетевых порталов:
- [www.decoders-zolotarev.ru](http://www.decoders-zolotarev.ru) ,
- [www.mtdbest.ru](http://www.mtdbest.ru) , [www.decmtdzol.ru](http://www.decmtdzol.ru) .
- Поздравление научной школе ОТ в связи с тремя её юбилеями:
- <https://disk.yandex.ru/i/6u202EIMnOHofA> .

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

**СПАСИБО !**

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

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

**ИКИ РАН**

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

**e-mail: zolotasd@yandex.ru**

**МОБ.: +7-916-518-86-28**

**12.11.2025 г.**

