

О реальностях теории кодирования: что там есть на самом деле.
 Вполне достаточный ответ на замечания в журнале ЦОС о моей
 монографии

«Теория кодирования как задача поиска глобального экстремума
 (Оптимизационная Теория помехоустойчивого кодирования - новая "квантовая
 механика" теории информации)»

В.В. Золотарёв

Как автор вынесенной на обсуждение научно-техническим сообществом книги выражаю свою искреннюю признательность профессорам М.А. Быховскому и В.П. Дворковичу за проявленное ими внимание к моей новой монографии по одной из сложнейших проблем теории информации – теории и прикладным задачам в области помехоустойчивого кодирования. Придерживаясь, правда, несколько вынужденно, предложенного моими коллегами стиля, должен сначала высказать своё определённое несогласие со сложившейся ситуацией.

При длительном личном знакомстве со мной они, - известный разработчик систем сжатия изображений и специалист по распределению частотного диапазона радиовещания (по фактически официальной справке и по существу), - имеющие, конечно, очень самостоятельное мнение и по многим другим вопросам развития систем связи и информатики, после выхода за последние 2 десятилетия большого числа наших монографий и множества обзоров нашей научной школы по теории кодирования и технологиям декодирования почему-то не нашли возможности сначала хотя бы обсудить со мной те действительно труднейшие проблемы этой самой сложной отрасли теории информации, которые столь непросто всё же разрешаются именно в работах нашей научной школы. Общее число публикаций по рассматриваемой тематике за прошедшие 50 лет нашей работы составляет более шестисот работ. А ещё у нас есть около ~40 авторских свидетельств и патентов, полученных нашей научной школой, которые особенно точно и безусловно подтверждают новизну наших научных и технических решений в сложнейшей области технологического и простого обеспечения достоверности цифровых данных. При этом мы патентуем только наши самые принципиальные важнейшие решения. Принимая во внимание, конечно, огромную занятость моих коллег-критиков, заранее выражаю свою безусловную готовность обсудить с ними и другие интересующие их проблемы теории и техники помехоустойчивого кодирования.

Могу только догадываться почему, но в первой версии их критического письма они сочли допустимым ещё один пассаж. Даже с учётом моего удивления, высказанного выше, мне кажется ещё более странным и невежливым весь стиль заголовка их первого критического документа про мою книгу уже просто потому, что, совершенно не являясь специалистами по тематике обсуждаемой книги (!), рецензенты всё же позволили себе ещё

прямо "в шапке" своего комментария к книге с ходу раздавать свои никому не интересные мнения по научным интересам учёных, которые имеют отношение к изданию моей монографии. Этого тоже ни в коем случае не следовало допускать. В их ситуации абсолютно необразованных (увы!) по данной тематике «критиков» это просто **абсолютно неприлично.** И хотя в окончательной редакции их письма этот совсем уж неуместный их комментарий, как можно видеть, был убран, но "осадок-то остался".

Обращаясь далее к опубликованным замечаниям моих коллег, соглашаюсь с тем, что все цитаты моей монографии на первой странице отзыва переписаны из самой монографии почти правильно, если не считать того, что сокращение «ОТ» они почему-то воспроизвели в своем тексте как Основная Теорема, тогда как во всей книге это значит «Оптимизационная Теория». В нашей монографии, как и полагается, этот термин и его сокращение приведены вместе при их самом первом появлении на с.6. Это странная грубая и необъяснимая ошибка их восприятия книги с самого её начала. Как будто и не читали! Но она сразу сильно меняет смысл многих выражений отзыва на мою книгу и поэтому она, конечно, совершенно не полезна. Как рецензенты вообще читали книгу, в которой они с самого начала сами перепутали даже основные ключевые понятия? В их первом тексте отзыва было ещё неточное цитирование части моей книги со с.197 (из авторского тиража) и неправильное написание рецензентами на первой странице их отзыва фамилии Нобелевского лауреата. В окончательном тексте критиков фамилия исправлена. И это неплохо. Жаль только, что мне не было позволено ответить оппонентам в том же номере журнала. Этим нанесён огромный вред важнейшей цифровой науке современности - теории кодирования, т. к. нейтрализация чепухи, написанной «критиками», задержалась на 3 месяца. Это очень долго. Но их текст можно буквально сейчас посмотреть на нашем сетевом портале www.mtdbest.ru на страничке **«Наши книги».** Рассмотрим те ошибки рецензентов, которые они имели возможность исправить, исходя из текста моего самого первого письма в редакцию ЦОС, но которые, тем не менее (и почему!), были ими оставлены в окончательном их отзыве.

Перейдём к содержательной части отзыва. Здесь сначала мне кажется необходимым отметить, что приведённые рецензентами мои цитаты очень положительного свойства из книги в целом хорошо соответствуют и высоким оценкам очень большого числа специалистов, действительно активно и успешно занимающихся сложными вопросами теории кодирования, которые они дают нашей Оптимизационной Теории (ОТ). Это в полной мере относится и к вводной статье к моей книге научного редактора монографии **академика РАН Н.А. Кузнецова,** длительное время (17 лет!) успешно руководившего в самый трудный период для нашей Академии наук головным институтом по тематике теории кодирования - ИППИ РАН. Но при этом, конечно же, в приведённых оценках книги обязательно присутствуют также и компоненты моего личного мнения о достижениях ОТ как **руководителя самой передовой научной школы мира** в этой важнейшей отрасли теории информации, что абсолютно естественно и даже совершенно необходимо.

Далее во втором абзаце второй колонки первой страницы отзыва слишком эмоционально выражено несогласие рецензентов с тем, что фактически все без исключения прикладные результаты в области помехоустойчивого кодирования у нас получены на основе оптимизационных методов.

Да! Согласен, что именно так воспринимаются название книги и её подзаголовок. Эта книга уже на самом деле четвёртая в ряду наших монографий такого стиля и уровня. И это просто наше естественное право! Вполне заслуженное, впрочем. Это - не "нонсенс", как вдруг решили написать оппоненты, а последовательный цикл важных монографий о принципиально новом подходе, который привёл к абсолютно полному исчерпывающему решению главной проблемы теории кодирования, сформулированной 70 лет назад великим К. Шенноном!

Всё дело здесь в том, что другие методы в области создания новых алгоритмов декодирования уже очень давно совершенно не работают. А нашими хорошо работающими оптимизационными технологиями для исследований и разработок алгоритмов декодирования успешно пользуются многие специалисты у нас и за рубежом. И они широко запатентованы нами. Это – объективный ход развития всегда сложных, но реальных, а не газетных наукоёмких технологий. Я могу только согласиться с тем, что наши методы очень просты и логичны, но весьма необычны с точки зрения классической алгебраической теории, все успехи которой случились ещё 70-х годах того тысячелетия. Так что мы совсем не переопределяем по-своему теорию кодирования, как зачем-то придумали про нас мои оппоненты, а указываем на полное изменение всех её главных руководящих парадигм.

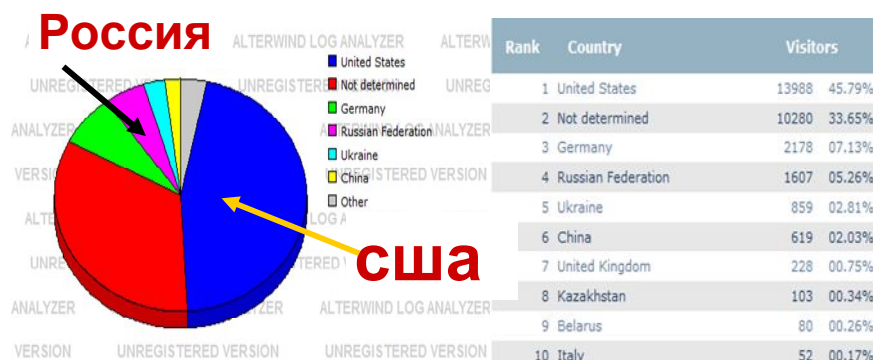
Нас полностью поддерживает и зарубежье, что следует из приводимого ниже слайда презентации по ОТ (Оптимизационной Теории!). Нас давно читает весь мир. Детали этого - в монографии. Посмотрите нашу статистику. **Мы работаем со всем миром!**

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



XXX: С этим мнением нашей научной школы вполне согласны все наши рецензенты, многочисленные сторонники, соавторы монографий, Президиум РНТОРЭС им. А.С. Попова, на конференциях которого регулярно в пленарных заседаниях читают свои доклады представители нашей научной школы, а также многие **научные редакторы и соавторы наших книг – члены-корреспонденты и академики РАН.** Эти мнения уже вполне устоялись за последние 15-20 лет и точно отражают реальности глубокой идеологической и технологической революции в теории кодирования, которую мы совершили **~30 лет назад.** Оппоненты книги этого не знают?

Наша деятельность получила также высокую оценку и всестороннюю поддержку европейского клуба учёных. Ваш покорный слуга за свою научную деятельность был недавно награждён **Золотой медалью Евросоюза (ЕС) "За исключительные достижения"**, которой могут быть удостоены только учёные, имеющие выдающиеся научные результаты. Одна из наших коллективных монографий **с членом-корреспондентом РАН Ю.Б. Зубаревым** и профессором Г.В. Овечкиным после тщательной экспертизы была издана недавно Международным союзом электросвязи (МСЭ/ITU) в Женеве по рекомендации его Генерального секретаря. В общем, и Европа также активно выражает полную поддержку нашей "квантовой механике" в теории информации.

Желающие могут также посмотреть моё обращение к англоязычным читателям от автора и заключение из нашей другой монографии, которые есть на портале www.mtdbest.ru на страничке «Наши книги».

Но вернёмся к необычному документу-протесту по поводу издания моей новой монографии. Он ведь также есть на той же страничке. Предлагаемое далее в тексте отзыва что-то вроде весьма странного определения теории кодирования от оппонентов я мог бы легко позволить себе оставить без комментария. Но не могу даже при моём огромном сочувствии к «критикам» книги, которые **явно забрались не в свою тарелку,** однако, даже не чувствуют этого, пропустить их последние слова этого же абзаца, что в нашей книге **не затрагивается теория кодирования.** Это странная впечатляющая и крайне печальная логическая, **научная** и нравственная **катастрофа** докторов наук, авторов совершенно непрофессиональных и неадекватных замечаний (мы это ещё увидим не раз!), **которые, к тому же,** не являются специалистами в области теории кодирования! **А мы - профессионалы!** (См. выше абзац **XXX** данного ответа!). Я и мои коллеги успешно ~50 лет занимаемся именно сложнейшими и конкретными **прикладными аспектами теории кодирования!** Ниже мы ещё не раз увидим, что оппоненты понимают под их «теорией кодирования» и какими идеями из неё они так переполнены.

Следующий далее абзац («Другая сложная...») их отзыва мне, к сожалению, оказалось невозможным понять вообще. Похоже, что это получилось из-за той совершенно непонятной мне терминологии (**совсем не из теории кодирования!**), которую использовали мои уважаемые коллеги, а также из-за неправильных падежей русского языка в их тексте. Какой-либо ответ даже при всём моём желании я сформулировать здесь вообще не смог. Кстати,

с терминологией в области теории кодирования оппоненты вполне могли бы сначала ознакомиться в изданном нами же под научной редакцией **члена-корреспондента РАН Ю.Б. Зубарева** *справочнике по кодированию*. Он уже 15 лет используется российскими студентами и специалистами. Надеемся, что скоро появится и новый. Так что я этот абзац опускаю. Его нельзя понять и, следовательно, прокомментировать. Сожалею.

Далее, наверное, в отзыве всё-таки подразумевается претенциозность названия нашей теории. Словарём русского языка оппоненты совсем не владеют, но продемонстрировать "что-то эдакое" хочется. Ну, вот такой снобизм «сливок общества» Но опять не получается. Это слово, наверное, опять после моего первого письма в редакцию они попытались исправить, но сделали новую ошибку в другом месте. Бывает, что не везёт и в теории кодирования, и в русском языке. Да, увы. Значит, надо вести себя гораздо скромнее и в кодировании, и в использовании нюансов русского языка.

А по сути этого абзаца отзыва книга просто продолжает активно не нравиться оппонентам. Но тут опять - только эмоции. Ну, что ж, я повторяю, что это наше дело! Но с тем, что за полвека мы создали очень особые прекрасно работающие уникальные теорию и технологию проектирования и исследования декодеров, согласны уже очень многие специалисты (см. выше снова абзац **XXX** данного моего ответа!). В НИИР под руководством его Генерального директора **члена-корреспондента РАН Ю.Б. Зубарева** и в других крупных организациях связи ещё в том столетии с нашим участием созданы пять поколений аппаратуры кодирования с очень высокими характеристиками. Наше название не мешает развитию ОТ (Оптимизационной Теории!). Это естественное право авторов. Более того, такое название выделяет ОТ из серой массы других публикаций (рецензенты тут кое-что нравящееся им предъявили, спасибо им, мы ещё это обсудим и детально прокомментируем). ОТ привлекает много новых сторонников.. А у оппонентов пока лишь одно недовольство, что просто вообще крайне странно. Мы вроде бы работаем с оппонентами в разных сферах и не мешаем друг другу. **Или нет?** И зачем им было лезть со своими крайне странными комментариями в очень интересную, но совершенно для них чужую и просто исключительно сложную область, находящуюся к тому же ещё и в глубоком кризисе? А вот поди ж ты!.....

Далее в отзыве указывается, что термин «**квантовые каналы**» в книге неуместен. Это как бы подтверждается попутными нудными комментариями-поучениями автора и ссылками на любимую оппонентами литературу. Но тут я не могу отказать себе в приятном воспоминании о том, что, по одной из ссылок (в отзыве это ссылка [2]) известнейший российский питерский учёный в области теории кодирования В.И. Коржик в ответ на моё обращение к нему в те очень далёкие годы быть оппонентом по моей докторской диссертации абсолютно неожиданно для меня сказал, что для него это высокая честь, чем ввёл меня в сильнейшее смущение. Разумеется, что я был и в курсе многих важных научных результатов Валерия Ивановича.

Но пытаясь всё же понять проблему указанного в отзыве явно не моего термина, о которой столь наставительно заявили мои оппоненты, я трижды

проверил текст монографии и не обнаружил приведённого в отзыве словосочетания в своей книге. (Ох, как жаль времени!) **Но этого термина в книге нет!** Да, мы аргументированно говорим о значении нашей теории, нашей «квантовой механики», которая сейчас важнее, чем тогда, 100 лет назад, та совершенно новая физика, и т. д. Но не будем повторяться. **Читайте книгу.** А вот по поводу якобы неправильно использованного мной термина - которого на самом деле **в книге и нет!** - могу только предположить лишь следующее.

По чрезвычайной неопытности и необразованности авторов замечаний о рассматриваемой нами крайне сложной научной отрасли они так вот очень по-своему воспринимают многие места нашей монографии (и нескольких других!), где вводятся и обсуждаются самые обычные стандартные модели классических каналов с квантованием выходного сигнала модема. Должен указать, что я использовал в книге только традиционные формы описания этих простых моделей каналов. Это всегда фактически является обычным обсуждением разрядности АЦП для квантования уровней выходного сигнала модема на приёме и перевода этого аналогового сигнала приёмника в цифровой поток для декодера. Именно эта терминология используется везде, в том числе и в изданном нами (опять же!) под научной редакцией **члена-корреспондента РАН Ю.Б. Зубарева** справочнике по кодированию, которым уже 15 лет с удовольствием пользуются российские студенты, инженеры и специалисты. Может быть, авторы отзыва поторопились и были несколько невнимательны? Они вообще-то хотя бы справочник видели? **Интереснейшая книга!** Или им просто совсем не знакомы даже и такие самые простые понятия техники декодирования вроде числа уровней квантования сигнала или жёсткого и мягкого модема, обязательно используемые при описании характеристик методов декодирования? Но тогда их права на какое-либо комментирование моей книги становятся вообще крайне проблематичными, я бы сказал, просто призрачными, **нулевыми!** Есть только право сначала поучиться у нас. Ну, вот уж это - пожалуйста. Мы помогаем всем. Готовы прочесть серию лекций с демонстрацией лучших конкретных МПД декодеров. А уж критиковать нас - ну, точно не им! Да теперь уже и никому! Мы обошли уже всех и - очень на много! Видимо, на 20-30 лет.

А в следующем далее очень кратком абзаце отзыва я снова чего-то не понял из-за падежей. Русский язык совсем не прост, не так ли? Но как красочен! Ладно. Позволю себе лишь заявить, что уже сделанный столь быстро именно в этом абзаце вывод отзыва о неоправдавшихся научных результатах монографии (примерно так написано в этом странном непереводимом абзаце, да?) пока смотрится **абсолютно преждевременным.** Результаты, изложенные в книге, ещё и вообще не начинали обсуждаться! Зато неуместных и неоправданных ничем эмоций, грубых ошибок, искажений русского языка и просто совсем странных "непоняток" уже немало.

Рассмотрим теперь пункт 1 замечаний на первой странице отзыва внизу, масштабно расписанный далее на 3 абзаца. Обсудим его тезис о том, что «автор монографии не в курсе». Но некоторые из ссылок, сделанных в отзыве, с которыми мне крайне высокомерно предлагается ознакомиться, были указаны

нами в упоминавшемся уже давно изданном весьма популярном справочнике по кодированию (например, ссылка отзыва [6]) под научной редакцией, как я уже это подчёркивал, **члена-корреспондента РАН Ю.Б. Зубарева**. Далее, с одесской высокопрофессиональной школой по теории кодирования (ссылка отзыва [4]) у меня тоже были общие публикации, а их книга с личными автографами основного автора [4], как и книга [5], лежат у меня на столе. Остальные ссылки оппонентов реально к теории кодирования вообще не относятся, но мы ещё о них вспомним чуть позже. Так что мнение о том, что автор книги совсем «не в теме», также абсолютно поспешно. А вот манипулировать книгами 30-летней давности – это правильно? За 30 лет ничего нового и достойного оппоненты больше не увидели? **А наши шесть монографий?** Прочли? Нет?

Кстати, если автор "не в теме", то кто же тогда может считаться "в теме"? Здесь тоже очень к месту вспомнить, что **только наша научная школа** регулярно печатает в центральных научных изданиях нашей страны обзоры по технике и технологиям декодирования. Другие большие группы специалистов в РФ не владеют всем спектром современных прикладных технологий в этой области и за 30 последних лет не опубликовали вообще никаких обзорных и обобщающих данных о развитии нашей отрасли науки. И тогда возникает вопрос, а читали ли рецензенты хоть какие-то наши (**единственные в России!**) обзоры по сложнейшей для анализа тематике кодирования прежде, чем критиковать книгу, которая пока что им просто, ну, очень не нравится? Мы-то - в теме! **Учитесь!** Читайте хотя бы периодику.

И всё же снова, почему предлагаемые мне в отзыве от оппонентов ссылки относятся к уровню теории кодирования 20-ти и 30-тилетней давности? Наша цифровая наука заметно обновляется каждые $4 \div 7$ лет. А почему у авторов отзыва нет новых ссылок? Последние 20 лет они совсем не читали публикаций в этой области? А наши новые обзоры они видели? **Нет? Почему?** В таком случае чуть ниже я прокомментирую для оппонентов и современные «научные труды», относящиеся к так сказать «классической алгебраической теории».

А теперь по существу п.1 отзыва. В моей монографии полностью и очень чётко определяется область прикладных задач, которые мы решили: создание лучших во всех смыслах алгоритмов для всех четырёх главных типов каналов, которые составляют базовые классические модели теории кодирования и одновременно хорошо соответствуют реальным потребностям техники связи. Для них мы полностью решили главную проблему цифрового мира, поставленную 70 лет назад К. Шенноном. **И более ни-че-го!**

А никаких иных хоть в какой-то степени реальных методов декодирования с сопоставимыми характеристиками сложности и эффективности с нашими МПД алгоритмами для этих каналов сейчас вообще нет! Если оппоненты прочитали и поняли хоть что-то в моей книге, могут ли они теперь хотя бы просто назвать те основные каналы, о которых они могли что-то прочитать у нас в книге? Или не читали? Но тогда что же обижаться?

А на самом деле все очень расплывчатые претензии отзыва в п.1 относятся к тем новым возможностям, которые, по мнению оппонентов, можно

реализовать с разными уже гораздо более сложными, чем у нас, и даже с многомерными системами сигналов (моделями каналов). Да, **они абсолютно правы!** Конечно, пожалуйста, берите и делайте! Это будет уже новый важный и прекрасный следующий этап развития ОТ и, возможно, других глубоких и технологичных теорий и методов. При этом, как я уже указал выше, мы сделали немало и для исследований кодирования при двумерных сигналах, в частности, опять же с нашими уважаемыми одесскими коллегами. А ещё у нас есть недавняя докторская диссертация, где тема сложных сигналов разработана гораздо шире. Так что мы и это уже тоже начали делать. Про это рецензенты читали? Но, главное (!): и уже проделанная нами работа для четырёх главных стандартных для теории кодирования каналов **столь огромна, уникальна и чрезвычайно результативна**, что мы реально имеем полное безусловное право рассказывать о наших исключительно высоких достижениях так, как мы это про них аргументированно пишем в наших книгах и статьях. **Академики и члены РАН** написали по этому поводу уже очень много весьма одобрительных комментариев, указав, в частности: "Некоторые из результатов автора **являются открытиями в теории кодирования**". И таких документов очень много!

Так что авторы отзыва могут и сами продолжить исследования ОТ для разных других сложных сигналов, в чём мы их обязательно поддержим. В книге у нас кратко указано, что и для многомерных сигналов с нашими методами всё будет хорошо, если их исследователи будут правильно согласовывать коды и эти сигналы. У сторонников нашей научной школы уже много работ и в этой области. Поэтому перечисленные в конце пункта 1 отзыва «рецензентов» методы РКМ, МКМ и всякие там "ихние" другие причуды, которые очень нравятся его авторам, они также могут исследовать сами с применением ОТ или нет, консультируясь у меня или у других сторонников нашей школы, а также самостоятельно. Это тоже будет развитием, но уже следующим новым этапом применения ОТ. **Теория кодирования** теперь, исходя из наших крайне простых и всегда фактически оптимальных алгоритмов, во всех своих прикладных аспектах **должна быть полностью переписана**. (*Что мы уже и сделали!*). Мои оппоненты могут тоже внести свой важный вклад в анализ этой новой ситуации и в изучение характеристик МПД при использовании более сложных сигналов. **Приглашаем**. Давайте работать дальше.

А вот их «воспоминания» о ТК (о турбо кодах) сегодня уже просто совершенно неактуальны. Рецензенты и здесь, получается, отстали от реальности, причём очень сильно. Возможно, им всё же надо было внимательно читать наши обзоры по кодированию последних лет. Там, в обзорах, да и в этой нашей книге всё это тоже объясняется. Ведь писать такие обзоры у нас в стране **не имеют права** вообще никакие другие группы специалистов. Они мало знают и почти ничего не умеют! У нас сейчас нет других таких же коллективов, как наш, которые владели бы всеми наиболее известными эффективными на текущий момент методами декодирования и умели бы их моделировать на языках типа C++, имеющих малые накладные расходы на программирование,

что позволяет достаточно точно определять трудоёмкость алгоритма декодирования . А у нас все эти главные наиболее популярные в мире алгоритмы, изучаемые во всём мире, представлены на наших больших двуязычных сетевых порталах. Переписывайте к себе на ПК, запускайте и сравнивайте все наши демопрограммы для разных декодеров, и не только для наших! **И консультируйтесь у нас!** Так что, похоже, что и тут оппоненты "не в теме", а все их претензии в п.1 совершенно не по адресу. *Возвращаю их.*

Но продолжим работать с отзывом. В п.2 отзыва указано, что его авторы не увидели близости наших результатов к границе Шеннона. Тут тоже похоже, что они снова капризничают. Это вообще совершенно непонятно, так как отличия уровней пропускной способности каналов и границ рабочих областей алгоритмов чётко указываются в тексте и на многих графиках для разных кодов и каналов, которые рассматривались в книге. Оппоненты прочли эти отдельные специальные разделы книги? Нет? Не нашли? **Почему?** А чем тогда они недовольны?

При этом ведь всегда важно, что характеристики наших методов вообще недостижимы ни для каких других декодеров, сопоставимых с нашими алгоритмами по сложности, что является величайшим запатентованным открытием ОТ. Для наших декодеров сложность, т. е. число выполняемых операций, которое есть линейная функция от длины кодов, т. е. теоретически минимальная. А результаты декодирования практически не отличаются от оптимальных, переборных. **Этого не может никто!**

Так что, может быть, следует читать рецензируемую книгу внимательнее? Кстати, мы пишем в книге, что теперь объём новых областей работы по ОТ для всех интересующихся тематикой кодирования становится просто огромным. И это очень хорошо. Приглашаем всех к сотрудничеству. Технологии, часть из которых уже слишком сложна, но очень полезна и эффективна, предоставим и поможем их освоить.

Далее рассмотрим п.3 отзыва. Авторы отзыва очень нечётко и крайне запутанно излагают то своё отношение к кодам, которое уже более 30 лет не даёт абсолютно никаких практических результатов: надо, якобы, рассматривать сразу многие коды (теоретики называют их "ансамблями кодов"; - рецензенты и тут не владеют вполне устоявшейся терминологией!) и затем смотреть их характеристики. Понять их язык трудно, но я постараюсь. А про книгу они пишут, что в ней - частные примеры.

Но на самом деле тут всё как раз наоборот. Наши передовые технологии изменили в технике декодирования практически всё. А декодеры для ансамблей кодов нельзя реализовать. Они абстрактны! Создаются только конкретные декодеры по определённому, м. б. неформальному ТЗ. Кстати, хороший пример ТЗ тоже есть в монографии. Про это и надо у нас читать. А теоретики ансамблей и других подобных методов не предложили за последние десятилетия вообще **ни одного конкретного метода**, лучшего, чем алгоритмы ОТ, в которых бы были доказательно прописаны все характеристики и эффективности, и сложности, **проверенные** именно при моделировании хоть какого-нибудь единственного алгоритма (или нескольких!?!), потому что

другого способа оценок алгоритмов декодирования при большом шуме вообще **не было, нет и никогда не будет!** И не нужно притворяться, что без моделирования можно обойтись. **Никогда!** Но у других групп исследователей систем декодирования **никаких реальных возможностей для проведения моделирования вообще нет!** Проблемы декодирования - всегда алгоритмические задачи. И чрезвычайно плохо, что все «теоретики», как оказалось, совсем не умеют моделировать алгоритмы и правильно проверять их. Конечно, это крайне сложная работа, на порядки более трудная, чем любые аналитические оценки. Но она не развивается у «теоретиков» вообще.

А сама эта проблема соотношения взаимодействия теории и эксперимента была осознана за рубежом более 30 лет назад. Некоторые публикации по этому почти трагическому вопросу иногда найти в сети даже на портале РАН. Но вот наши теоретики не хотят абсолютно ничего моделировать! Не умеют! Союз теории и полномасштабного моделирования они даже и не пытались создавать. Именно поэтому у них очень давно нет вообще никаких проверяемых результатов хоть по каким-то реальным конкретным алгоритмам декодирования. **Ни одного!**

А у нас предложена теория и совершенно понятные эффективные технологии правильного создания любых **возможных конкретных (!)** (как правильно и написано в отзыве оппонентов) алгоритмов с заданными параметрами, которые всегда проверяются на эффективность и быстрдействие на основе мощных разнообразных программных платформ. В книге, повторяю, есть и ТЗ на системы кодирования! Мы указываем в монографии, что за эти годы на основе технологий и парадигм ОТ у нас полностью всесторонне проработано **около сотни различных вариантов декодеров с экстремально высокими параметрами.** И мы ещё оставили очень много новых направлений работы нашим последователям. Снова подчеркнем, что мы создали новую технологию, многократно подтверждённую разработками в разных организациях, проверенную другими специалистами, при моделировании и подтверждённую ~40 патентами, а другие направления нашей отрасли науки не предложили за несколько десятилетий **вообще ни одного варианта достоверно проверяемого по эффективности, помехоустойчивости и сложности алгоритма!** Это и есть наша высококлассная «**квантовая механика**» с одной стороны и глубочайший всеобъемлющий кризис важнейшей для всего нашего цифрового мира отрасли информатики – с другой. Поэтому мы помогаем всем изучать технологии ОТ и развивать эту теорию и её прикладные методы дальше. *Других вариантов пока нет. А будут? Вряд ли.* Ведь мы указали метод с минимальной сложностью и максимальной достоверностью, практически совпадающей с возможностями оптимального декодирования (ОД), т. е. по критерию максимума правдоподобия. **Присоединяйтесь!**

И вот ещё что интересно: а посмотрели ли мои оппоненты наш как бы стартовый мультфильм по алгоритмам многопорогового декодирования (МПД), удобная ссылка на который есть в самом начале нашей книги? Его, как и все другие наши демопрограммы, можно просто переписать на свой ПК и посмотреть затем на нём процесс быстрого достижения МПД декодером

решения ОД при весьма большом шуме двоичного симметричного канала! Там это сделано, конечно, при линейной сложности декодирования вместо перебора 2^{1000} вариантов решений (а это больше числа атомов во Вселенной, о чём у нас будет повод вспомнить ещё не раз!). Мультфильм много раз помогал очень многим ранее критически настроенным специалистам и даже крупным учёным в области теории кодирования поменять отношение к нашим «новым» технологиям, существующим на самом деле уже ~ 40 лет. Ну, так как, и его оппоненты тоже не смотрели? А тогда что мы обсуждаем? Я не пишу "агиток" и рекламу. Мы предлагаем только новую глобальную проверенную и успешную теорию и основанные на ней наукоёмкие технологии на уровне Нобелевских исследований, а также результаты высококлассных полномасштабных уникальных экспериментов!

Но вернёмся к конкретике. Мы кратко рассказали о достоинствах ОТ и алгоритмов МПД. А чем же это одарила нас "классика", за которую на нас столь всерьёз обижены оппоненты моей книги? Обратимся к требованию оппонентов в этом же п.3 анализировать ансамбли кодов, хотя правильно сформулировать это своё желание им тоже оказалось не по силам. Печальным и очень наглядным подтверждением неприемлемости ситуации с упорным отстаиванием даже не устаревших, а теперь уже просто ложных и глубоко ошибочных взглядов на теорию кодирования является учебное пособие «**Основы теории кодирования**», изданное Б. Кудряшовым в 2016 г. (Вот! Есть не только те книги 30-летней давности, настойчиво предлагаемые мне для изучения в отзыве оппонентов! Да, но тем хуже для современной откровенной "научной" халтуры). Автор пособия, как и хотелось бы моим критикам, рассматривает именно ансамбли кодов. И после 70 лет развития в мире теории кодирования он показывает, что экспонента сложности его (и ещё ряда других!) ансамблей кодов может быть снижена аж в ~5 раз (!) (см. в том пособии с.58). Это, например, значит, что для двоичного кода разумной длины $n=10000$ он «улучшил», т. е. снизил сложность его декодирования (как это же было представлено недавно и в его докторской диссертации в виде доклада!) при кодовой скорости $R=1/2$ с уровня полного перебора, равного (по порядку величины) 2^{5000} до 2^{1000} операций. Но это число операций $\sim 10^{300}$, как мы уже отмечали выше, превышает на сотни порядков число атомов во Вселенной! (**Я же обещал: вот - опять!**) И всё это предлагается для обучения студентов **через 40 лет (!)** после того, как нами было строго доказано, что сложность наших методов ОТ растёт с увеличением длины кодов лишь линейно, но результаты применения наших алгоритмов обычно соответствуют эффективности именно переборных, т. е. лучших по вероятности ошибки оптимальных декодеров (ОД). В терминах экспонент сложности эта экспонента (коэффициент при n) для наших линейных методов просто равна 0!

Проверим? Повторю это же снова уже только для оппонентов:

Понятно, что линейная зависимость от длины кода n , выраженная как экспонента от n , есть

$$n = \exp(n[\ln(n)/n]) \text{ операций.}$$

Но тогда при $n \rightarrow \infty$ получаем: $[\ln(n)/n] \rightarrow \underline{\mathbf{0!}}$ **Что и требовалось доказать!**

Именно это - **революция в сложности** алгоритмов и одновременно - **в эффективности!** А что, рецензенты хоть это понимают? Ценят? Чувствуют разницу с "ансамблями кодов", которые в принципе реализовать нельзя, так как их, абстракций, просто вообще нет?

Но самое прискорбное тут то, что **результаты именно типа 10^{300} и даже много хуже** неоднократно выставлялись в последнее годы как главные достижения многих соискателей. А затем они успешно защищали на этом "материале" докторские диссертации в обеих наших столицах. Что это?! Развлекуха? Нет, это супекризис!!! Нужно ли подчёркивать, что это абсолютно недопустимо?

Но и этого мало! В этом же учебном пособии студентам от того же "специалиста" по "ансамблям кодов" предложен для изучения ещё и блочный оптимальный декодер (ОД) со сложностью $\sim 2^{2K}$, где K – степень соответствующего порождающего полинома свёрточного кода. И там же представлен немалый список "исследований" других "учёных", долгие годы изучавших этот, ну, просто суперуникальный феномен. Понимая, что это совершенно недопустимый сверхсложный для реализации результат, автор этого «пособия», пишет, что есть методы его упрощения. А упрощать его, конечно, надо, так как для ОД свёрточная его знаменитая версия - алгоритм Витерби (АВ) - имеет сложность всего лишь $\sim 2^K$! **Без двойки в показателе степени!** Но реально методы упрощения у этого автора не описаны!!! Да и на самом деле там реально сделать вообще ничего нельзя! Их, этих **методов просто нет!** А у нас **запатентован**, всесторонне изучен и широко опубликован (и **в монографии он тоже есть!**) блочный ОД со сложностью, совпадающей со свёрточным АВ, т. е. $\sim 2^K$! Если обратиться к опыту NASA, то ОД по нашему патенту для одного из реальных вариантов декодера, созданного в этой уважаемой организации будет **в ~16 000 раз** проще, чем тот, который предложено в том, так сказать, "пособии" реализовать нашим студентам. Таковы последние «достижения» давно изжившего себя устаревшего ещё 30 лет назад стиля «ансамблей кодов». И более в «пособии» и его недавней докторской в виде доклада **вообще ничего значимого нет!** По его толстой книге нельзя создать ни единого эффективного декодера. Фрагменты псевдокодов для каких-то надуманных схем алгоритмов в его увесистой книге тоже никому не нужны. Именно такая макулатура и занимает значительную часть этого пособия. Вот и вся ваша "классика", дорогие рецензенты! Так ведётся "научная работа" в теории кодирования в некоторых ВУЗах и не только, **все последние десятилетия**. Именно так учат студентов! И что, вот именно такой стиль "ансамблей кодов" радует моих оппонентов!? А наш конструктивный и технологичный стиль им не подходит? **Они очень неправы и тут!**

Ещё раз хочу отметить, что это не я затягиваю ответы, а размазанные и крайне масштабные претензии идеологического сорта от совершенно не ориентирующихся в этих проблемах рецензентов заставляют меня давать

впечатляющие примеры того, как надо, а что точно не надо делать. Но это требует понятных для других, но не очень кратких из-за этого объяснений. Ну, тогда пусть это пойдет на пользу нашей многострадальной науке, как и мой специфический учебный экскурс в «ансамбли кодов».

Мы, тем не менее, предлагаем и оппонентам книги всякую поддержку в освоении именно наших методов. Да, мы чётко пишем в наших книгах, что наши методы трудны психологически, но только потому, что они весьма необычны для очень давно изжившей себя классической теории, более 30 лет назад «отошедшей от дел», от всех реальных проблем. Однако наши алгоритмы как раз очень хорошо соответствуют именно здравому смыслу и самым известным базовым понятиям и принципам работы цифровых систем. Их логика совершенно ясна, а теория очень проста: МПД на каждом шаге приближается к решению ОД. И - всё! Доказательство этого результата во всех наших книгах – и в этой! - короче, чем у теоремы Пифагора. Но глубочайший вселенский философский смысл нашей теоремы ОТМПД (Основной Теоремы многопорогового декодирования) просто грандиозен: с линейной сложностью – даже при большом шуме - к решению ОД, наилучшему решению переборного алгоритма! Конечно, да, но только если попутно обязательно решить ещё 2 ÷ 3 сложнейшие проблемы. Однако, после осознания величия ОТМПД не суметь решить те проблемы нам было как-то уже и неудобно, хотя все прочие исследователи их просто бросили. У них не получилось. А мы сделали их!!!

Мы написали теорию размножения ошибок (РО), открыли принцип дивергенции, запатентовали блочный АВ и создали несколько мини ОС для проектирования и исследований МПД алгоритмов, которые назвали нашими программными платформами. Только и всего! И ведь пока других путей развития теории кодирования и, главное, её алгоритмов декодирования сейчас просто нет. Может быть, пока. Но вот сейчас - точно нет!

Следующее в конце п.3 мнение оппонентов про используемые в книге нижние оценки вероятностей ошибки тоже совсем неправильно. Оценки на с.89, которые критикуют оппоненты, уникальны, так как относятся к весьма точным характеристикам нового метода для символьных кодов, на который есть 4 патента. Это коды, которые, как написал академик РАН Н.А. Кузнецов, были "...вторично переоткрыты..." нашей научной школой. И мы позволяем всем свободно пользоваться ими. Ведь это границы ОД для недвоичного (символьного) кода, весьма точные, а поэтому и крайне важные, что давно проверено и оказалось очень полезным при моделировании и проектировании символьных декодеров. И наоборот, оценки для всех ансамблей кодов всегда (и без каких-либо исключений!) очень размазанные, неопределённые. Мы же по нашим нижним оценкам очень точно определяем качество QМПД декодеров для символьных кодов и оцениваем эффективность их работы. Наши символьные МПД обычно так же эффективны, как и ОД. А среди прочих недвоичных кодов реальны только очень короткие коды РС, но реализуемых ОД для них (или каких-либо ещё недвоичных кодов!) просто не существует! А у нас при очень высоком уровне шума для недвоичных (символьных) длинных кодов с линейной сложностью от длины кода

достигается решение ОД! Ну, и чего же более!? Оппоненты и здесь **совсем не в курсе?** А ведь по этой узкой, но важнейшей теме у нас вышло несколько революционных по своему смыслу монографий. Опять же, это всё тоже есть и в нашем справочнике по кодированию под научной редакцией **члена-корреспондента РАН Ю.Б. Зубарева**, а также в недавней докторской диссертации сторонника нашей научной школы. И снова про всё это можно было спросить у любых авторов этой и всех других книг или разобраться самим. Особенности наших оценок детально обсуждаются в тексте книги. Переписывать всё это в моём ответе нельзя. Это долго. Информационная плотность **монографии о примерно сорока патентах** крайне велика и предполагает очень вдумчивое отношение к изложенным в ней результатам. В нашей монографии – **возрождённая теория кодирования и её прикладные методы!** Теория, которая спала в кошмарном сне более 30 лет! А теперь она ожила и вооружена самыми современными технологиями и парадигмами ОТ. Высокая точность наших оценок тоже обусловлена отказом от бесполезного анализа больших наборов (ансамблей) кодов, что автору книги настойчиво предлагается в этом пункте отзыва оппонентов. Ну, вот, **здесь - всё!**

Далее. Автор книги очень сожалеет, что в отзыве оппонентов вообще зачем-то появился пункт 4. **Это крайне плохо!** Дело в том, что его появление означает, что **оппоненты** вообще непонятно почему, но **очень неправильно понимают** даже самые простые наиважнейшие свойства кодов. Тут приходится объяснять, что совершенно безотносительно к проблеме восприятия моими оппонентами материала книги и ОТ, многие мажоритарно декодируемые коды в разной степени, но обязательно исправляют и часть ошибок веса более $d/2$, т. е. более половины кодового расстояния. Это известно ~ 50 лет со времён выхода книги Месси **«Пороговое декодирование» (1966г., см.: с.153)**; а у нашей школы есть и **личный автограф этого великого учёного на обложке его книги с пожеланиями дальнейших успехов**. Именно такое свойство некоторых кодов и является главным качественным отправным моментом всей **теории алгоритмов МПД и ОТ**. Этому ключевому свойству мажоритарных методов посвящены целые разделы в абсолютно всех наших монографиях, написанных разными коллективами наших авторов за эти годы. В обсуждаемой книге это раздел 2.1. При анализе свойств кодов там отмечается и детально комментируется, почему в коде исправляется иногда **в несколько раз** большее число ошибок, чем допускается правилом « $<d/2$ » ! Я крайне разочарован, что оппоненты не знают даже таких важнейших и широко всем известных свойств самых обычных кодов и методов, против которых они так, я бы сказал, **абсолютно безоглядно и предельно агрессивно выступают**. Это крайне снижает мои возможности по объяснению им существенных свойств наших кодов и алгоритмов. Не прочли про всё это в книге? Не поняли? Это ключевое свойство там обсуждается многократно и с разных позиций. **В нашей книге вообще очень много всего интересного!** Прочтите её, наконец, внимательно!

Забавно, но на самом деле и то, что обсуждаемые коды мажоритарные, тоже **совершенно не важно**. Очень многие методы декодирования (но не все!), также исправляют много (а иногда даже просто очень много!) ошибок веса

более $d/2$. Иначе их характеристики были бы на уровне обычных алгебраических методов, т. е. вообще просто крайне низкими.

А вот декодеры для кодов БЧХ и Рида–Соломона (РС), так любимые моими оппонентами, действительно можно даже и не моделировать, а просто вычислять вероятности ошибок их решений через биномиальные распределения, поскольку все кодовые блоки при ошибках канала веса более $d/2$ никогда не будут исправлены соответствующими алгебраическими декодерами. Конечно, есть и исключения (метод Судана), но там всё крайне сложно и уже совсем неэффективно. Вот как раз именно из-за иллюзии по поводу необязательности развития технологий программного моделирования алгоритмов (ну, и ещё из-за пары причин) алгебраическая теория и закончила очень давно своё существование в технологиях декодирования. Все алгебраические методы корректируют очень малую возможную долю ошибок в каналах с большим уровнем шума. Они теперь - просто история науки, конечно, очень поучительная. Рассчитать характеристики в теории кодирования можно только для крайне примитивных методов. А все прочие проверяются на полномасштабных моделях, создавать которые, ох, как очень долго и крайне трудно. Ну, а все уже давно реализованные системы с кодами РС пусть пока и дальше работают. Это же только лишь техника, полезная людям! А потом обязательно заменим. В нужный момент.

Избавиться от многих неправильных представлений о кодах можно и с помощью нашей монографии "Теория и алгоритмы многопорогового декодирования" под научной редакцией члена-корреспондента РАН Ю.Б. Зубарева. Там (с.233 и далее) рассмотрены десятки вопросов от неискушённых в теории читателей, на которые мы даём вполне доступные для понимания ответы. Эта монография оказалась популярной настолько, что после её первого выхода в свет в 2006 г. её пришлось переиздать в 2014г. **Почитайте!**

А вот избавленные биномиальными распределениями от сложных оценок и моделей "теоретики" много лет назад почему-то решили, что учиться новым технологиям, в том числе и моделированию, им совершенно ни к чему. «Сами с усами!»? Но это их и погубило вместе с алгебраической теорией. Архитектура же всех наших современных исследовательских, проектирующих и моделирующих программных платформ образует громадный сложный массив средств быстрого формирования и реализации каналов и алгоритмов при просто огромнейшем числе всяких "приборов-измерителей", мало замедляющих (это - отдельная сложная проблема!) сбор статистики обо всех тонких эффектах работы конкретных декодеров МПД, АВ и других систем.

Я завершаю ответ на этот пункт замечаний оппонентов. Он очень критичен для всего отзыва. Столь негативно оценивать книгу **о высочайших за многие последние десятилетия достижениях** российской прикладной теории кодирования, не понимая даже простейших широко известных фактов из самых основ теории кодирования, **абсолютно недопустимо**. Тем не менее, я и мои коллеги всегда и везде готовы проводить ознакомительные беседы (лекции) для всех желающих усвоить полезнейшую для цифровых систем теорию, известную квалифицированным специалистам уже более 40 лет, которая

непрерывно дарит всё новые ценные для науки и для техники связи результаты. Мы имеем успешный, в том числе и в плане научной популяризации, опыт. Программы лекций по ОТ на наших сайтах можно принять за основу. Глубокое изучение даже без нас ОТ только по нашим книгам и обзорам, а также работа с нашими сетевыми порталами, с которыми наша книга интерактивно взаимодействует, - всё это тоже очень эффективно. В общем, мы предлагаем курсы повышения квалификации, особенно для тех, кто до сих пор живёт в теории кодирования на уровне где-то ~1965÷1980 гг.. Программа лекций висит на наших крупнейших в мире двуязычных порталах по прикладным вопросам теории и технологиям кодирования. Она постоянно уточняется.

Автор книги понимает уже совсем чрезмерную длину своего ответа. Но на очень неопределённые и крайне размытые чисто эмоциональные претензии авторов отзыва сложно ответить на уровне «да-нет - и точка!». Невозможность переписывания для этого каких-либо разделов (ведь их оппоненты тоже не прочитали?) книги тоже очевидна. Но я постараюсь отвечать короче. Мы очень надеемся через наши контакты с научно-технической аудиторией (в том числе и с помощью этого как бы журнального ответа оппонентам) помочь теории кодирования в умах людей выйти из чрезвычайно долговременного общего глубокого кризиса.

Перейдём к пункту 5 отзыва. Мнение его составителей по поводу моего игнорирования всех перечисленных ими в отзыве кодовых границ, как и в предыдущих пунктах, тоже **абсолютно ошибочно**. Эта претензия, как и все другие, также крайне нечёткая и дилетантская.

Но попробуем ответить. Во-первых, далеко не все из тех предложенных мне оппонентами границ совершенно необходимы при создании конкретных (!) алгоритмов декодирования с высокими характеристиками. В частности, граница Бассальго и Плоткина - это вообще абсолютно не по теме книги. Такие вещи надо очень хорошо понимать. (Автор книги, выпускник МФТИ, написал диплом и затем успешно закончил аспирантуру по кафедре ИППИ АН СССР!). Но, например, сферическая упаковка, т. е. граница Хемминга очень детально обсуждается в этой нашей монографии (как и во всех других!) в разделе 1.6. Там же сделано много связанных с ней полезных для проектирования и исследований кодов выводов. **Оппоненты видели этот конкретный раздел книги?** А для решения прикладных задач важно также оценивать ожидаемые уровни энергетического выигрыша кодирования (ЭВК) и другие параметры, которые обсуждаются ещё и в ТЗ на коды в нашей книге. Автор книги указал также на пользу нового введённого им же критерия качества алгоритмов, предназначенного для удобной количественной оценки близости характеристик опять же именно конкретных (!) декодеров к границе Шеннона. Новый критерий оппоненты видели? Он полезен? Так что пожелания рецензентов тут даже намного перевыполнены. **Но читалась ли тогда ими книга вообще?** А этот конкретный раздел 1.6? И почему мне приходится всё время указывать на то, чего не заметили недовольные авторы рецензии, а также на совсем уж грубые ошибки в их знаниях о кодах? Уровень их претензий зашкаливает, а наличие хоть каких-либо простейших правильных знаний в

теории кодирования до сих пор не проявлено у них вообще. И ведь они не вернувшиеся после каникул и всё забывшие за лето студенты, а доктора наук, очень не к месту демонстрирующие какие-то там ещё научные заслуги. Мне что, совсем нечего делать, как указывать на их непростительные провалы в знаниях предмета, который они вообще даже и не в силах понять? Нам это ещё предстоит обсудить. Конечно, я с удовольствием вообще избежал бы всего этого в другой ситуации. Но они попытались (крайне unsuccessfully!) опорочить великую современную теорию цифровой науки, важнейшую книгу про неё и, кроме этого, совершили покушение на репутацию автора и уважаемого журнала по цифровой обработке. Так что, увы, пока с ними надо разбираться и дальше.

Рассмотрим далее замечания в п.6. Тут особенно умиляет его начало: «наверняка»! Снова можно слегка позабавиться, протянув отсюда ассоциацию с некоторыми политическими разборками в цитаделях западной демократии, когда члены правительства одной островной страны безудержно фантазируют непонятно о чём, используя именно это словечко. Но тоже и с моими оппонентами!

Однако реально, если вернуться к кодам, всё весьма печально. Люди, полагающие себя авторитетами в лучшем смысле этого слова (а кстати, почему? Пока нет никаких причин для этого!) и считающие себя вправе грубо и очень невразумительно демонстрировать своё агрессивное непонимание сложнейшей темы, которая не является их специальностью, наверное, должны как-то отвечать за свою впечатляющую опробетчивость и безответственность. В происходящей у нас принципиальной дискуссии такой стиль изложения мнения, как в начале этого пункта отзыва, абсолютно недопустим. И понять смысл отзыва тоже трудно, так как большинство терминов этого документа в теории кодирования не используется, как, например, часто употребляемое в отзыве сокращение «КК» и его странная расшифровка. Я этого не понимаю. И здесь именно моё мнение тысячекратно более весомо, чем вообще чьё-либо другое!

Тут я также просто вынужден снова указать на то, что весь пункт 6 не имеет никакого отношения к реальности и абсолютно ошибочен. Всё сказанное про МДР (т.е. также и про коды Рида-Соломона, РС) коды совершенно неправильно. Как раз в разделе про границу Хемминга (о которой в рецензии про меня сказано, что её в книге как бы и нет!) и во многих других местах книги, где описаны характеристики и патенты открытых нами символьных (недвоичных!) кодов, в монографиях и даже в нашем справочнике по кодированию, мы объясняем студентам и инженерам, что код для работы около пропускной способности канала должен быть обязательно длинным и при этом лучше, если он ещё и декодируется оптимально, также, как, например, с помощью алгоритма Витерби (АВ). Вся проблема теории кодирования именно в хорошем и простом декодировании длинных кодов! Вопрос только - как? А коды РС просто очень короткие. Реально доступные для техники длины кодов РС имеют обычно порядок $n \sim 255$ байтов. Отсюда и крайне слабые их характеристики. Более того, сложность их декодеров $\sim n^2$ и это тоже уже

слишком много. (Правда, в асимптотике она несколько меньше, но это мало чего меняет) К тому же для недвоичных кодов нельзя создать АВ: очень сложно! Оппоненты могли теперь уже в сотнях различных статей посмотреть характеристики кодов РС и наших символьных кодов. И не надо удивляться тому, что я считаю коды РС слабыми. Это просто факт, который знают все! При этом наши запатентованные символьные декодеры имеют сложность, линейно растущую с длиной кодов, т.е. пропорциональную просто n . Читайте про всё это в наших книгах! А тогда для наших методов декодирования можно брать и длинные коды. Но самое главное: - наши декодеры именно для длинных кодов даже при очень большом шуме обычно достигают оптимальных по вероятности ошибки, т. е. наилучших переборных решений. И это там, где АВ вообще и не существует из-за его невероятной сложности в мире недвоичных кодов! Характеристики эффективности и быстродействия для разных случаев применения наших символьных декодеров широко представлены в книге (на самом деле - во всех (!) наших книгах и в справочнике!) и предъявляются в самом удобном виде демопрограммами на скоростях до десятков Мбитов в секунду на наших порталах для обычных ПК и при большом уровне шума. Кто может создать АВ для среднего по длине недвоичного кода с алфавитом как у типичного кода РС? Сложность такого АВ для короткого кода длины $n=1000$ будет иметь порядок $\sim 256^{500}$. (Ух! Опять это превышает число атомов во Вселенной!) А мы это делаем с линейной сложностью, т. е. при числе операций порядка $\sim n$ и, как мы пишем во многих книгах (и в этой!), за ~ 1 час при большом шуме на обычном ноутбуке при скорости моделирования в десятки Мбитов в секунду можем собрать статистику почти до 10^{10} битов. Это получается так быстро просто потому, что сложность наших декодеров (я, извините, опять это повторяю!) линейная. Несколько демо программ про эти декодеры тоже можно переписать с наших порталов. И это тоже масштабная всеобъемлющая революция!

А чем же недовольны рецензенты? Именно нашим мнением о слабости кодов РС. Да причём тут мы!? Смотрите все наши книги, 2 отдельных диссертации и сотни разных, а не только наших статей про это. Разница в вероятностях ошибок каналов, при которых работают коды РС и наши декодеры, измеряется в размах! Ну, это ли не революция!? И при этом наши декодеры практически эквивалентны АВ по эффективности. Опять же можно переписать из сети наши демопрограммы декодеров и для кодов РС, и для наших QMPD декодеров, а затем оценивать все их, да и не только их, «вживую». Такого нет вообще ни у одной научной школы в мире. А у нас на порталах есть все известные в мире науки приличные запрограммированные алгоритмы декодирования с простыми инструкциями по применению! Переписывайте их к себе. Изучайте! Всё это есть и в книге. И всё это легко доступно. Так что, этого оппоненты тоже не нашли? А тогда что же они вообще прочли? Да и что им надо, наконец!?

Вот теперь практически и всё! В рецензии на нашу книгу на самом деле не выявлено даже малейшего намёка на какую-либо оплошность автора или какого-либо сторонника нашей научной школы, чтобы потом автор с

пространными извинениями пообещал исправить «это» когда-нибудь в других своих книгах или статьях. Поэтому процитированный в предпоследнем абзаце негативного отзыва текст автора из Заключения в книге тоже остаётся **абсолютно верным**, как и факт глубокой полной революции в прикладных вопросах помехоустойчивого кодирования, которая состоялась ~40 лет назад. Десятки организаций, сотни специалистов, книги, наши крупнейшие в мире сетевые порталы www.mtdbest.ru и www.mtdbest.iki.rssi.ru по теории кодирования, интерактивно связанные с нашими монографиями, и более 100 тысяч читателей наших материалов на этих порталах (ежегодно!) из 94 стран мира будут и дальше, в чём мы уверены, развивать очень перспективное новейшее технологичное направление в теории и прикладных разработках в области помехоустойчивого кодирования. Наша школа примет в этой деятельности самое непосредственное участие.

Но (!) приходится при всём при этом отметить и то, что оппоненты обсуждаемой нами книги решили заодно и поучить автора этой книги хорошим манерам, сославшись на книгу одного из них [8] (по списку литературы из отзыва). Вот и отлично! Нашей научной школе тоже интересно в связи с этим следующее. Как это может быть так, что 40 лет этот «популяризатор науки» (священный альтруизм и такая непрестижная работа в наше время!), активно функционирующий, казалось бы, именно в сфере цифровой связи, не знал столько лет совсем ничего (а ведь он – формально профильный д.т.н.!) о важнейшей для систем связи теории ОТ и методах МПД? И вот сейчас он, узрев нечто, что его вроде бы и совсем лично не затрагивает (???), а выводит российскую науку на самые передовые рубежи в актуальнейшей теоретической и прикладной отрасли теории информации, агрессивно отрицает то, что уже очень давно стало вообще общепризнанным фактом?! Он что, так же объективно (!?), достоверно и восторженно рассказывал раньше о трудном научном поиске других исследователей? А тогда что же случилось с ним именно сейчас? Стоит ли читать его исторические экскурсы об исследованиях и разработках систем связи, если он не в курсе трудного многолетнего развития **самой главной и очень успешной теории в области цифровой связи**, своей же науки, за последние 50 лет?

Желая хоть как-то понять ситуацию и причину вроде бы неспровоцированного грубого эмоционального и нравственного срыва моих оппонентов (автор книги по кодам - ещё и вполне приличный психолог с государственным дипломом; это очень часто оказывается полезным!), я просмотрел некоторые публикации этих рецензентов. Времени у меня, конечно, для этого не было. Тема сжатия картинок меня не заинтересовала совсем. Это делать почти все, кому надо, умеют. Таких спецов, возможно, и миллионы. И я тоже это могу делать. Но это неважно. Причина его выпадения из культурного слоя мне неинтересна, хотя его жалкие околонуточные «фокусы» я мог за эти годы наблюдать неоднократно. А его научный уровень (какой уж тут научный!!! Одни ляпы в русском языке. Никакие вопросы по цифровым наукам не могут даже сформулировать связно и понятно. Ни одного даже

просто правильного вопроса эти критиканы задать не смогли!) – как будто и не учился в ВУЗе.

А вот суперсказочные системы сигналов второго из них, которые я обнаружил, показались мне крайне поучительными. Как оказалось, непрерывно путаясь в терминах и понятиях (я это тоже наблюдал "вживую"!), в докладе на одном вполне приличном научном мероприятии, мой оппонент-рецензент сначала договорился до того, что лучшие по каким-то его там критериям системы должны включать именно коды РС, про которые теперь уже все давно знают, что на самом деле они крайне неэффективны просто из-за их небольшой длины и слабого неоптимального декодирования. И ведь как раз именно на это я несколько раз уже обращал внимание и в этом своём ответе на критику нашей монографии. Я уже устал от этой темы. Но все речи о том, что лучше кодов РС ничего нет – крайне глупая чушь, подчеркнём мы это ещё раз. Так вот не это ли его разозлило?

Но это только цветочки! В выводах к своему «опусу» на том мероприятии он объяснил, что коды и вовсе не нужны. А это уже кое-что! Весь мир ищет решение проблемы кодирования (это, кстати, сегодня в год 70-тилетнего юбилея великой статьи Шеннона сделала, наконец, именно наша научная школа!), а они-то, коды и вообще ни к чему! Так?

И тут есть только 2 возможных варианта, которые мы готовы учитывать. Возможно, что, как и наша конкретная научная школа, он, оппонент – тоже величайший гений и изобретатель. Нам, умеющим ценить себя очень высоко, это вполне понятно. Правда, для совершения революции и преодоления кризиса в теории кодирования мы отработали без отпусков и выходных почти 50 лет. Но поскольку мы давно знаем, что коды РС – это уровень 1960 года, то после объявления лучшими системами всех тех из них, где только эти коды есть, в 2018 году я с уверенностью могу идти в ВАК или в суд с требованием о лишении диплома любого умника с каким угодно числом наград и званий, который это заявит. Так что при сохранении возможности отличного (но - очень маловероятного!) существования цифрового мира без кодов благодаря гениальности моего коллеги-оппонента, скорее всего, однако, в его докладе им всё же было сделано 2 ÷ 3 грубых ошибки, которые и привели его к ещё одному такому немалому конфузу. Ведь переход от одномерных систем сигналов к многомерным, как мы и тысячи специалистов давно знают, меняет все кодовые границы, но уж точно не отменяет помехоустойчивое кодирование. Ну, и т. д. Определиться в этом вопросе – это уже личная проблема моего незадачливого оппонента, который уже сделал просто умопомрачительное количество глупостей, иллюстрацией которых оказалась и эта их кляуза, написанная, как оказалось, в общем-то, исключительно на себя.

Кстати, упрекая меня в пренебрежении результатами предшественников (чего, как я описал всю эту их катавасию "чтения оппонентами новой книги" выше, нет и в помине), в его "судьбоносном" докладе на том научном мероприятии есть лишь единственная ссылка на коммерческую публикацию, тогда как на конференциях приличного уровня ключевые обзорные и обязательно отрецензированные (!) доклады (ох, как трудно это делать

относительно "великих" спецов!) содержат 10 ÷ 30 и более ссылок на научные работы, которые оценил или рекомендовал докладчик. Но попробуйте определить, кто автор той единственной ссылки? Нет, вы ошиблись. Это он сам! Получается, что именно он, а не я, полностью проигнорировал работы тысяч других учёных, включая и мои. И что, весь мир цифровых систем связи 70 лет после Шеннона ошибался? Возможно, но вряд ли! Вот и получилась, кажется, опять чушь. Но я, как уже написал выше, оставляю за рецензентом возможность того, что он гений и он прав. Однако, зная что-то ещё сверх того, что он написал про нашу книгу и о его злополучном просто неприличном недавнем докладе, - это крайне маловероятно! Что ж, посмотрим. Это прояснится довольно скоро!

И не надо в этой ситуации обвинять автора книги ещё и в его презрении к предшественникам, а следует уже очень давно признать наши без всяких оговорок грандиозные заслуги в преодолении кризиса важнейшей из информационных наук – теории кодирования. А они, эти заслуги и результаты, базируются на работах Шеннона, Мессе, Витерби, Питерсона, Форни, Кларка, Галлагера, Хеллера, Соломона, ван Тилборга, Джекобса, Робинсона, Салливена, В.М. Готлиба, Э.М. Габидулина, А.Л. Ларина, Г.В. Овечкина и очень многих других серьёзных уважаемых специалистов. И это не просто мои запоздалые теперь уже реверансы по адресу моих учёных коллег, которых я «не заметил». Реальные многочисленные ссылки на книги и специалистов в области теории кодирования по ходу написания книги сделаны мной на её страницах: 21,24,96, затем 155-159 и далее, не считая списка литературы из 72-х позиций, где, конечно, есть не только моя фамилия. Но пока главный вклад в теорию кодирования и исследования лучших, в том числе и мажоритарных методов сделала именно наша научная школа! Это важнейший для нашей науки уже давно установленный факт и предмет нашей особой гордости, так как мы во многих аспектах опередили наших зарубежных коллег, возможно, на 20 ÷ 30 и более лет.

А кстати, что бы сказали мои оппоненты, если поставить вопрос о выявлении тех недобросовестных циркулянтов в науке, которые все эти годы активно и профессионально мешали развитию и внедрению ОТ и алгоритмов МПД? Может быть, вывести на чистую воду надо именно их? Эти люди, не в пример моим оппонентам-делетантам в теории кодирования, всё же относительно профессионально на своих должностях тормозили прогресс ОТ, легко отстаивая свои права на руководство столь важной отраслью теории информации без какой-либо опасности ответственности за отсутствие её развития и даже за широкое открытое противодействие, которое я могу определить очень точным серьёзным термином "диверсия". Везде, где они могли надавить, наши статьи не печатались, а на международные симпозиумы, конечно, и в СССР, и России наши доклады не принимались. Но «...ничто на земле не проходит бесследно». Именно поэтому вся эта публика сейчас печатает в научной периодике (примеры были выше!) зачастую абсолютную бессмыслицу, глупость, ошибки и ложь (в частности, ссылка [5]) и осталась (это в наш-то цифровой век!) без компьютерных, математических и

информационных технологий, а также без какой-либо совершенно обязательной в нашей науке идеологии вообще. За всё надо платить! А можно было объединить усилия, увеличив нашу научную группу в 5÷20 раз (кадры-то были!) и давно уже захватить все высоты мировой науки и техники по сложным сигналам и в тех будущих новых сферах, которые мы пока ещё даже и не открыли. Ну, мы просто не успели пока! Но мы будем работать дальше.

И теперь подошло время вполне уже созревшей для упоминания ссылки [5] из отзыва рецензентов, которая хорошо объясняет ситуацию теперь почти что "векового" застоя в теории кодирования. В той книге почти 30-летней давности, настойчиво предлагаемой мне для изучения оппонентами, прямо на первой странице предисловия те её авторы весьма так печально и достаточно трагично сообщают читателям дословно следующее:

"Теория сигналов позволяет строить оптимальные, но, как правило, переборные, при поиске решений, методы. Учитывая, что в количественном отношении сложность переборных методов растёт экспоненциально, т. е. катастрофически быстро, фактически нет надежды получить дальнейшее улучшение качества передаваемой информации, оставаясь в рамках традиционной теории сигналов. Развитие теории кодирования привело к созданию методов декодирования, сложность которых растёт существенно медленнее, чем экспоненциально, (?!!) что открывает возможность получения весьма надёжной передачи информации. Грамотное сочетание сигналов и кодов в единой конструкции позволит построить близкие к оптимальным методы с разумной сложностью реализации. Всестороннее исследование такого сочетания и есть главное содержание книги."

Классно! Транслирую читателям мысли этих "великих учёных": хороших систем декодирования нет и теперь уже никогда не будет. Они экспоненциально сложные, переборные. Так что давайте усложнять то, что есть, пусть и плохое, но (!) только то, что вам предлагаем именно мы.

Приехали! И вот это всё такое заведомо никчёмное, как сразу объявили сами авторы вот этой книги-ссылки [5] я должен, по требованию оппонентов моей книги, благоговейно изучать и далее всей этой дребедени соответствовать?

И при этом в [5] нигде нет упоминания о том, что годом раньше появления в доступе этой самоликвидаторской книги-ссылки [5] в результате защиты докторской диссертации по теме, которая сейчас называется ОТ, уже именно тогда началась фаза новой «квантовой механики» в теории информации. Там, в диссертации, конечно, не было современных экспериментальных данных по характеристикам МПД методов. Их получение - очень трудная задача и сейчас. Но все главные для теории кодирования каналы и декодеры были глубоко и всесторонне рассмотрены уже тогда вместе с отличными свойствами и линейными по сложности характеристиками алгоритмов, совпадающими по эффективности именно с переборными (!) решениями ОД тогда, когда доступные персональные компьютеры были в 90-х годах на ~3 порядка более тихходными. И, значит, экспериментальные кривые по всем каналам, которые тогда с огромным трудом создавались по полгода и

более, были по уровню входного шума несколько скромнее тех, что представлены сейчас в нашей монографии. Но все они уже тогда были много лучше методов из [5]. А ведь к тому моменту по алгоритмам МПД уже вышло более полусотни работ и было получено около 20 авторских свидетельств, 5 из которых были чрезвычайно важными, базовыми! Более того, отправная точка всей ОТ - ключевая по своему значению Основная Теорема многопорогового декодирования (ОТМПД) об очень простой сходимости решений мажоритарных декодеров к решению наилучших переборных оптимальных декодеров была доказана ещё раньше, за ~14 лет до выхода этой ликвидирующей саму себя ссылки [5], а также опубликована в нашей первой монографии, вышедшей в 1981 году в издательстве "Наука". Поэтому характеристики МПД, совпадающие с результатами ОД, уже в то время были гораздо лучше, чем у методов, представленных в [5]. И всё это было известно!

Ещё раз напомню: теория кодирования - про алгоритмы, т. е. конкретные коды, а не про ансамбли кодов! Ансамбли – пустой фокус людей, которые не могут создать ничего нового в теории кодирования и в её прикладных задачах. Таким образом, я пишу об одинаковых условиях сравнения для того времени, когда, однако, характеристики всех простейших МПД для всех каналов уже практически совпадали с возможностями ОД. Конечно, до границы Шеннона тогда ещё было какое-то расстояние, не малое по сравнению с сегодняшним, практически уже совсем маленьким, особенно с учетом того, что эта граница абсолютно упруга и поэтому абсолютно никогда недостижима и в будущем! Но ссылка [5] тогда ничего этого «не заметила». И предложила плохо подготовленные к реализации свои крайне слабые или совсем не работающие методы по известному принципу "я начальник.....". В науке он всё ещё, к сожалению, довольно популярен и, увы, действенен.

Отметим ещё, что именно что-то такое всегда происходит, когда требование законов развития науки и техники о своевременной полной или даже частичной смене технологий не выполняется. А всего-то здесь надо было, конечно же, кроме обязательной хорошей математической подготовки для специалистов по кодам, - надо было дополнительно в те годы строго отобрать и подготовить тех из них, кто сумел бы далее полноценно, хорошо и быстро моделировать коды и декодеры, т. е. просто обязательно был бы ещё и очень хорошим программистом. На крайний случай можно было подготовить таких математиков, которые хотя бы умели выдавать своим высококлассным программистам правильные постановки задач по моделированию. Однако эта профессия никогда не была "в фаворе" у «теоретиков». И тогда именно из-за этого теория кодирования вместе с прикладными проблемами просто рухнули. Напомним, что реальные способности к программированию «на уровне» вообще очень редки, причём, производительность труда у разных индивидуумов может отличаться до 100, а некоторые специалисты полагают, что и до 300 ÷ 500 раз. А по поводу умения отлаживать программы, поиска ошибок есть просто огромное просто трагических историй. И вот чтобы такие редкие «экземпляры» программистов демонстрировали ещё и супер-выдающееся понимание проблем собственно теории кодирования, - в этом

соответствующим научным институтам должно было особенно сказочно повезти. Так что шансов найти таких коллег, чтобы у нас с ними были похожие модели мира, систем кодирования и программирования, практически очень мало. Кстати, все понимают, что последнее время лозунг «Умение программировать – вторая грамотность» совершенно исчез везде. Это создаёт дополнительные трудности восстановления нашей науки.

Но все эти «оргработы» по воссозданию коллективов нового динамического развития теории кодирования, ОТ и МПД можно начать снова. И наша научная школа обязана своими результатами именно правильному пониманию наилучших соотношений между чисто теоретической работой и программным полноразмерным достоверным моделированием предполагаемых перспективных алгоритмов.

Напомним, что проблема соотношения и взаимодействия теоретической работы и надёжного эксперимента в явном виде возникла в мировой науке примерно в 1985 году и с тех пор многократно видоизменялась. Мы начали активно учитывать синергию теории и моделирования примерно на 10 лет раньше. Некоторые статьи на эту тему иногда можно найти в сети даже на портале РАН. Кое-что мы, возможно, повесим у себя на сайте. Обычно теория без эксперимента крайне слаба и слишком абстрактна, хотя и моделирование без поддержки теории, «наобум» чаще всего бесперспективно, а иногда даже просто ошибочно. А вот совместная работа теории и эксперимента, как показывает мировой опыт и результаты нашей научной школы, творят чудеса. Тут очень мощно работают принципы синергетического взаимодействия, многократно ускоряющие процессы исследований.

Ну, а поскольку праведное правило «делай что должен и пусть будет что будет» никто не отменял, то на нашу школу и лёгла та основная задача (воистину - **тяжелейший груз!**) выполнить практически в одиночку всё то, на что требовались при нормальной работе усилия многих институтов: разрабатывать специальную идеологию, развивать новую теорию, создавать системы моделирования и писать уникальнейшее программное обеспечение для массы сложнейших оптимизационных задач (см. все наши книги, в том числе данную). **И мы всё это сделали! Практически одни!**

А что же та ссылка [5]? Пролистывая её дальше, мы заметили, в частности, что у "тех авторов" ссылки и комментарии про мажоритарные методы очень неточны, причём, в ряде случаев и абсолютно неправильны! Они не заметили уже тогда просто выдающихся для того времени результатов использования МПД алгоритмов, в том числе и для многопозиционных сигналов. И однако же они посмели написать, что МПД неэффективны. Но наиболее плоха во всём том была даже не игра в "мы этого и не читали", а просто между делом провозглашаемая откровенная ложь. МПД уже тогда существовал в своей вполне масштабной форме алгоритмов многих типов для всех стандартных классических каналов, почти везде заменяющих ОД! Конечно, границы областей эффективности МПД были тогда скромнее нынешних, но много лучше абсолютного большинства всех тех крайне слабых алгоритмов, которые относились тогда к классическим методам. Не замечать

этого уже тогда было нельзя. Однако авторами той книги МПД были проигнорированы и тогда, и в последующие годы. А в результате этого вся «классика» рухнула! Так что ссылка [5] – очень плохой памятник классической теории кодирования. А то, что "классика" не заметила революции, только ускорило закат этой теории.

Вот так!

Но вернёмся к нашей книге и отзыву на неё. Больше ничего «ценного» мои оппоненты почитать мне так и не предложили. Но если назначенные ими для меня публикации действительно составляют основу знаний этих, казалось бы, «специалистов» по системам цифровой связи и кодирования (а реально, увы, они к таковым совершенно не относятся!), то, наверное, как раз именно таким их крайне бедным, школьным, пониманием сути проблем современной прикладной теории кодирования (а другой-то теории кодирования и не существует!) и можно объяснить столь неуместное назидательство с их стороны по моему адресу как раз тогда, когда у нашей научной школы следовало бы многому и очень старательно поучиться. Точнее, переучиться технологиям ОТ после завершения эры алгебраической теории.

Сейчас было бы ещё полезно освободиться от десятка – двух «липовых» докторов наук в области теории кодирования, которая стала крайне удобной ширмой для аферистов, умеющих договаривать о защитах «про ничто», так как эта сфера крайне сложна и спрятаться там, не сделав вообще ничего, как вдруг оказалось, вполне возможно.

Вообще масштабные «технологии обмана» в теории кодирования на основе «ансамблей кодов» и многих подобным им методов с использованием, например, «фокусов» с «информационными совокупностями» или декодирования списками становятся почти стандартными полукриминальными стилями «наукоделания». Но эта уже сложная и особая работа по чистке "поля науки" - обязанность других людей, которых мы пока не видим даже на горизонте. А они уже очень нужны. Мы же всегда будем готовы посодействовать настоящей "стирке" в нашей отрасли науки. У нас стало крайне грязно. Число бессмысленных кандидатских диссертаций по кодам тоже уже давно стало совершенно недопустимым. Многие из них следует пересмотреть и отменить, как и докторские. Результаты всех диссертантов должны быть всегда действительно новыми, проверяемыми и сопоставимыми с уже известными достижениями. А пока наш раздел теории информации просто остановился в своём развитии.

Другая ещё более масштабная проблема состоит в том, что студенты всех, в том числе и самых лучших ВУЗов страны учатся сейчас теории кодирования только по всяким «алгебраическим» книжкам. Учёба новых поколений студентов по "теоретическим" калькам 30-тилетней давности в обоих столицах, в университетах Сибири и других городов исключительно опасна. Такой подход к науке и высшему образованию губителен для общества. Это крайнее несоответствие ситуации требованиям развития образования и науки также должно быть срочно исправлено.

К решению этих задач следует привлекать и новые поколения учёных. Высокий уровень всесторонней ответственности в науке следует срочно восстанавливать. Пока что ни в каких ситуациях в науке вопросы морали, принципиальности, профессионализма, научного авторитета, репутации, чести и престижа даже не принимаются во внимание. Все решения формируются, в основном, с учётом только личных интересов и выгоды. Интересы науки нередко просто игнорируются. А это чревато опасностью её ликвидации.

Однако, пока что нельзя даже просто надеяться на то, что новые идеи ОТ и МПД быстро найдут понимание у руководителей ВУЗов, академических институтов информационного профиля и, тем более, у коммерческих организаций, работающих в этой области.

Наверное, реальную систему формирования идеологии внедрения наукоёмких технологий ещё надо будет создавать. Хорошо бы успеть.

Существенные сокращение числа публикаций пустых и просто ошибочных алгоритмов обеспечит использование методов калибровки, которые уже помещены на портале нашей научной школы. Поддержка обязательного предъявления и программных версий публикуемых алгоритмов вместе с их традиционным текстовым описанием со стороны редакций журналов и специализированных советов может заметно оздоровить ситуацию в теории и прикладных вопросах кодирования.

Ну, и следуя той традиции предъявления себя, как она была предложена моими оппонентами:

Честь имею!

Д.т.н., профессор, В.В. Золотарёв

автор монографии

"Теория кодирования как задача поиска глобального экстремума (Оптимизационная Теория помехоустойчивого кодирования - новая "квантовая механика" теории информации)", М., Горячая линия - Телеком, 2018, 221 с.;

Лауреат премии Правительства РФ по науке и технике и
Золотой медали Евросоюза (ЕС) "За исключительные успехи".

zolotasd@yandex.ru , www.mtdbest.iki.rssi.ru , www.mtdbest ,

моб.: 8-916-518-86-28.