

09.09.2009-Nezavisimaya Gazeta (Independent newspaper, Moscow, Russia )

*Translation of the genuine article which is placed in Russian beneath this text.*

*After article you can read comment of this site's author*

## **A number raised to absolute**

*Yuri Magarshak*

About the author: Yuri Magarshak - Professor, Executive Vice President International Committee for Intellectual Cooperation.

If I am not mistaken, in 1990, at a meeting at a scientific conference in the United States, I handed over a recently published article using diagram methods for analyzing electronic transport systems in polypeptides to the head of the department of theoretical biology at one of the leading American universities.

Looking at the abstract, the leader of the theoretical biology of America anxiously asked: - And there do you have formulas?

"Well, there is. And what? – Then take the article back.

"Why not?" - "Because I don't trust formulas."

"You? Don't trust formulas?" - I asked the head of (I repeat) the department of theoretical biology at one of the Ivy League universities.

"I don't trust." - "Any formulas? Regardless of whether they are correct or not?!"

- I do not trust them. I don't trust any formulas.

- What do you trust? - The number.

At the time, this conversation seemed to me a sign of the madness of a major scientist and science organizer. . But now, looking back from twenty years of removal, I realize that this was not a symptom of an individual disease. A collective one that has spread throughout the scientific world. The disease is so serious and so fundamentally affecting not only all areas of science and technology, but also civilization as a whole, that it's time to make an anamnesis of the disease. For, in my deep conviction, the confrontation between computer modeling and theory based on mathematical methods - is the **Disease of the Century**.

## **A new computing world**

An era roughly ranging from Maxwell to the generation of Gell-Mann and the disciples Landau, can be considered the era of the triumph of theory in knowledge. A theory based, of course, on mathematics. A thorough knowledge and everyday use of mathematical methods was as necessary for a theorist as the possession of a cape and a muleta was for a bullfighter.

A theorist working in any scientific field knows that not all problems can be solved analytically: for the vast majority of problems, get accurate and even accurate results, approximate solutions fail. Therefore, the appearance of the device (not mathematical – computational!), which allows, due to the colossal speed of calculations, to obtain solutions that theorists could not even dream of, opened not just new horizons – a new world! The possibility of visualizing the results that followed transformed scientific knowledge even more.

However, the computer simulation process did not stop there. It went further, spreading to more and more new areas. At the same time, non-trivial mathematics it has ceased to be the basis of most computer programs. Increasingly, they contain parameters or sets of parameters that bring the behavior of the model system closer to the required one. Such an approach is in itself pragmatic and has the right to exist. The problem is different: little by little, the selection of parameters in the model became an end in itself, replacing the search for an adequate theory in the background.

Modeling specialists and theorists are different human types. The vast majority of programmers simply do not have a clue about mathematics, which should be behind the models

they build. Deep study of mathematics in general has ceased to be necessary for programmers. Mathematical theories have taken a back seat to parameter variations, design, and graphics.

In applications to scientific problems it is a real trouble.

I will give an example from a field close to me. When simulating the functioning of enzymes, sets of coefficients and potentials are inserted into the model, selected in such a way that the result is close to what was observed in the experiments. Selection coefficients in models and playing with them (not only in molecular biology – in any field of knowledge and industry) it has become an independent field, funded much better than theory as such.

But let's think, looking at ourselves in the mirror, or on a flying butterfly, or rose: surely any reasonable person can believe that the whole life not based on the fundamental laws, and the selection in each case, any coefficients and potentials in decimal degrees (which can be measured dozens)? Of course, there must be fundamental principles behind the functioning of the living. In words, approximately such words are pronounced when modeling fundamental processes. However, in practice, the search for fundamental foundations is being addressed less and less often.

Modeling and theory are becoming more and more disconnected from each other every year. The professor, who 20 years ago did not want to read an article that contains formulas, turned out to be not a routine worker, but a petrel. Unfortunately.

### **Theory-and-Modeling**

However, I dare say that theory and modeling are complementary to each other a friend. This means, in particular, the following:

1. The simulation makes it possible to test a variety of system modes and perform a very perfect visualization. However, computer modeling – at least in its modern form - does not provide the possibility of obtaining general regularities, such as the derivation of the Schrodinger or Maxwell equation.

2. The theory allows us to obtain analytical results that have a commonality. However, for the analysis of a variety of applications - whether it is aerodynamics or enzymatic catalysis - modeling with specific numbers and variations of the system modes is necessary.

3. Combining the capabilities of theory and modeling is a special profession that requires a combination of skills and talents necessary for theorists of the last century and specialists in computer modeling of today. A T&M specialist will differ from both a theorist and a programmer in the same way that a decathlete in athletics differs from a runner, thrower, and jumper.

An example of a T&M project that has been brilliantly translated into business is Google (one of the founders of which, and the one who developed the technology directly, has Russian roots). Without the mathematical analysis of "sparse" matrices, that is, those in which the vast majority of elements are zero, the creation of an effective Internet search engine would be impossible.

And there are many similar problems in which a new promising technology is created on the basis of a non-trivial combination of theory and modeling.

With the help of modeling based on already known laws, you can make specific predictions where necessary. For example, you can predict the weather for tomorrow or calculate the optimal trajectory of the satellite's descent with a landing at a given point.

But with the help of modeling, it is impossible to deduce any new law.

The existing and increasing fragmentation of knowledge, including natural science, is largely due to the dominance of modeling over theory.

"Looking from computer modeling", nature is perceived as a set of particulars. Meanwhile, fundamental ambiguities, for example, in the fast progressive biology, at the junctions between the natural sciences and at the nanoscale (intermediate between the size of atoms and the continuous medium), and their number is increasing.

In a world in which know how multiplies, at the same rate it should, it would seem, there is also a need for know why? The imbalance between theory and modeling, between "how" and "

why " is one of the reasons for the crisis of modern civilization. And this balance must be restored.

## Learning in the Russian style

The Russian style of cognition and creation has a recognizable handwriting and a colossal perspective. "Give a Russian high school student a map of the starry sky, he will bring it corrected tomorrow," Dostoevsky joked sadly. When applied to modeling and theory building, however, audacity is a fine quality! Errors that may inevitably occur will be corrected along the way – a happy property of computers, in which what is written with a pen is cut down not with an axe, but with a light touch keyboard keys.

In addition to the training of T&M specialists of a wide profile, it is advisable to highlight the main directions in the new specialty. First of all, this applies to nanotechnologies, for which huge sums have been allocated in Russia. At the same time, what exactly should be the combination of theoretical approaches and modeling should be the subject of not only professional, but also state reflection – just as it undoubtedly happened when making decisions about the creation of “sharashkas”, theoretical departments in research institutes and theoretical departments in universities.

Russian spirit, the propensity to solve common problems and the existence of traditions of theory building gives a chance to make the Russian school of Theory-and-Modeling one of the leading schools in the world in the shortest possible time.

The strategic necessity of the Theory&Modeling program, similar to the one that in the 50s and 60s of the last century allowed Soviet science to enter the market in the shortest possible time leading positions in the world, undoubtedly. It is especially relevant during the crisis, since (A) it saves capital investment compared to other branches of technology, (B) it does not require expensive equipment, (C) it has a huge technological and financial perspective, (E) it is based on the Soviet mathematical and theoretical basis, so as (E) the tendency of the Russian Spirit to turn to the fundamental principles of the interdisciplinary problems.

\* \* \*

Rereading the article I have already written, I noticed that the name of the proposed specialty (and the eponymous direction in science and technology) – T&M, in English sounds like T-and-Em, that is, tandem, in Russian – tandem ("TandEm").

This fully corresponds to the letter and spirit of combining two professions: a theorist and a modeling specialist. An amazing and, I would say, fateful coincidence!

New York

--==-----==-----==-----==-----==

## Comment

of the site's author about the modern Optimization Theory (OT)  
of noiseproof coding.

How it is exactly!!!

Indeed, it would be extremely strange if the greatest scientific and technical achievements and still unsolved problems could be described by just one or two formulas. And the main formula of the twentieth century,  $E=mc^2$ , undoubtedly also corresponds to this extremely strict rule: it is not the only one in the description of the relativity theory.

Moreover, when solving the absolute majority of problems, it is usually impossible to obtain even approximate estimates for the main target parameters. And here the author of the article also hit the bull's-eye.

And what about our coding theory? Yes, and here everything is exactly like that! The simplest Hamming and Golay codes allow us to evaluate their capabilities, which is a good seed, stimulating interest in coding theory (CT). But that's all! And to hope for analytical results about

long codes, and even with a large noise level – is the peak of super-naivety and a complete lack of their own internal philosophy of science for people who seem to be engaged in the problems of CT as a science.

And more than that! Often in the CT, we have to solve problems without any understanding of the possible result. This understanding sometimes comes only after a long, deep analysis of it. And this is also normal for many modeling tasks, when there is not possible to formulate the goal analytically.

We cannot fail to note the fact that our results, which we and our colleagues evaluate as Nobel achievements in three points of our researches, were also made possible by using the sparse matrices of a special type mentioned by the author of the article. This, may be, for the hundredth time again emphasizes that our scientific school of Optimization Theory (OT) is always at the forefront of scientific progress.

Recall that our very first patent on software with priority from 1972, describing a multithreshold decoder (MTD), was declared by us already in full confidence that all the main results for decoding algorithms will be obtained exactly (and mostly!) in the experiment. And in fact, the OT and the theory of error propagation (EP) of majority decoders created by us clearly showed that **CT is not a mathematical problem at all**.

Recall also that after the important for the initial start of the theory, but extremely weak BCH and Reed-Solomon (RS) codes, discovered in the "golden" for algebraic CT in the 1960s, during the next 60 years, according to the main complex criterion of "NVC" "noiseproofness-veracity-complexity", millions of researchers of the former CT did not receive any significant analytical results at all. Thus, the "analytical throughput" of the previous CT turned out to be zero! And at the same time, it is precisely in the case of qualitative modeling, i.e. in a correct experiment, all the parameters of the NVC criterion for all algorithms developed within the framework of OT are always determined almost "instantly".

But the development of the experimental base, as the author of the article again sharply emphasizes, is a completely different world. And then how can this be implemented for CT, i.e., more precisely, for decoding algorithms in OT? **The computer simulation!** Of course, you can and should still work for this with FPGA. But this is already at the final stages before digital technology usage, when it is clear that this or that new directions has already taken shape and are ready to be replicated in real systems. And in the presence of already created software, computer models are always built and tested 100 – 10000 times faster than hardware models.

But what is most surprising to us, the supporters of the scientific school of OT? Yes, the fact that practically none of the contenders for the highest titles in the CT (oh, what a "great mathematicians" they are all!) , as it seems to us, did not even try to engage in full-fledged accurate modeling.

Of course, we are well aware that this is just a hell of a job! And the slogan of the end of that century: **"Programming – the second literacy!"** - has long been irrelevant and simply forgotten. Sorry. This led to a very strange and completely unnatural selection of personnel in our branch of science. We do not understand why there are no good programmers with a developed scientific philosophy in the CT. And we even admit that we write this simply because many of these computer scientists we simply did not see and did not appreciate.

However, the fact remains that none of the probably millions of articles on error correcting algorithms contain any reasonable data at all about the complexity of the implementation of the decoders proposed there, as well as about their final veracity. And this automatically means that there are simply no results there! TC is precisely a computational problem already solved ~ in 1985, i.e., a complete technology for global optimization of functionals has been created, as we insist in our unique monographs published in this millennium during 20 years (see: <https://decoders-zolotarev.ru/nashi-knigi/> , <https://decoders-zolotarev.ru/en/books/> ). And it continues to develop successfully in a completely new quality. For the next 35 years, as we are now, we have developed more and more complex search methods based on ever-faster computing technology (again, like Professor Magarshak!) thousands of parameters of MTD decoders, which at the same time remained extremely simple. But it was with global search optimization that we almost reached the

Shannon boundary. Let us not forget also that this boundary is absolutely elastic, like the speed of light for material bodies, and therefore completely unattainable.

So we congratulate you and us with the complete solution of Shannon's problem. The old coding theory has ended. And all tasks in the field of CT are now solved by OT technologies with the involvement of several dozens of our patents, which, by the way, include our very useful results on Viterbi block algorithms (BVA). They have no equal among other optimal algorithms for block codes, advertised to this day by a crowd of "theorists", which are infinitely complex.

But there are no formulas for the total error probabilities, as well as for the number of the simplest decoder operations, i.e. its complexity, and there will never be for a large noise level.. So our school has found such good codes and excellent decoding algorithms for them. And we check them and develop them on the basis of the theory further, quickly analyzing them on software models, not forgetting about the FPGA.

Well, one last thing. Why do we think that our algorithms are the best? Yes, everything is clear here: all MTD decoders are the simplest threshold elements that sum several small integers and compare the result with a certain threshold. For a C++ program, this is only  $7 \div 10$  of the fastest simple commands. And THAT'S ALL!

But at the same time, the MTD decision is the optimal one, equivalent to the best possible decision at all, the number of operations is linear relatively the length of the code, i.e., the minimum possible, and the distance to Shannon's bound is the smallest in comparison with all other classes of decoders. According to the NVC criterion, the MTD has the ideal theoretically best values, which are extremely difficult to improve. Let's say in confidence that we still do it a little bit too.

So we sincerely thank Professor Yu. Magarshak for an exceptionally bright and well-reasoned article and invite all our colleagues to the world of His Majesty the Experiment. Anyone who is ready to develop in a deep theory and experiments unity in the field of increasing the veracity of the "digit" even at extremely high noise levels, we are always ready to help and really help in the creation of new OT methods and technologies. We are confident that this will lead to major new advances in the storage, transmission, control and recovery of the discrete data of our information civilization.

Professor, Doctor of Technical Sciences,  
Space Research Institute of the RAS,  
Winner of the Russian Government Prize for Science and Technology  
and the EU Gold Medal "For Exceptional Achievements"

V.V. Zolotarev

Оригинальная русская версия.  
09.09.2009 - Независимая газета. Москва.

После этой статьи вы можете прочесть комментарий к ней от автора этого сайта и теории ОТ.

## Число, возведенное в абсолют

*Юрий Магаршак*

Об авторе: Юрий Магаршак - профессор, исполнительный вице-президент Международного комитета интеллектуального сотрудничества.

Году, если не ошибаюсь, в 1990-м при встрече на некоей научной конференции в США я передал незадолго до того опубликованную статью с использованием диаграммных методов для анализа систем электронного транспорта в полипептидах руководителю отдела теоретической биологии одного из ведущих американских университетов.

Взглянув на абстракт, лидер теоретической биологии Америки тревожно спросил:

– А там есть формулы?

– Ну, есть. А что?– Тогда берите статью назад.

– Почему?– Потому что я не доверяю формулам.

– Вы? Не доверяете формулам? – переспросил я руководителя (повторяю) отдела теоретической биологии одного из университетов Лиги Плюща.

– Не доверяю.– Любым формулам? Независимо от того, правильные они или нет?!

– Не доверяю. Любым формулам не доверяю.

– А чему же вы доверяете?– Числу.

Тогда этот разговор показался мне признаком безумия крупного ученого и организатора науки. Однако теперь, оглядываясь из двадцатилетнего удаления, я понимаю, что это было симптомом отнюдь не индивидуальной болезни. А коллективной, распространившейся по научному миру. Болезни настолько серьезной и так фундаментально влияющей не только на все области науки и технологий, но и на цивилизацию в целом, что пришло время сделать анамнез недуга. Ибо, по моему глубокому убеждению, противостояние компьютерного моделирования и теории, основанной на математических методах, – **Болезнь Века.**

## Новый вычислительный мир

Эпоху, приблизительно начиная от Максвелла до поколения Гелл-Манна и учеников Ландау, можно считать эрой торжества теории в познании. Теории, основанной, само собой разумеется, на математике. Глубокое знание и повседневное использование математических методов для теоретика было так же необходимо, как для тореадора владение плащом и мулетой.

Теоретик, работающий в любой научной области, знает, что далеко не все задачи можно решить аналитически: для подавляющего большинства проблем получить точные и даже приближенные решения не удастся. Поэтому появление аппарата (не математического – вычислительного!), позволяющего ввиду колоссальной скорости вычислений получать решения, о которых теоретики не могли даже мечтать, открыло не просто новые горизонты – новый мир! Появившаяся затем возможность визуализации полученных результатов преобразила научное знание еще более.

Однако процесс моделирования на компьютере на этом не остановился. Он пошел дальше, распространяясь на все новые и новые области. При этом нетривиальная математика перестала быть основой большинства компьютерных программ. Все чаще в них закладываются параметры или наборы параметров, которые приближают поведение модельной системы к требуемому. Подобный подход сам по себе прагматичен и имеет право на существование. Беда в другом: мало-помалу подбор параметров в модели стал самоцелью, вытеснив на второй план поиск адекватной теории.

Специалисты по моделированию и теоретики – разные человеческие типажи.

Подавляющее большинство программистов попросту не имеет понятия о математике, которая должна стоять за моделями, ими строящимися. Глубокое изучение математики вообще перестало быть необходимым для программистов. Математические теории отошли на второй план по сравнению с вариациями параметров, дизайном и графикой. Что в приложениях к научным задачам – настоящая беда.

Приведу пример из близкой мне области. При моделировании функционирования ферментов в модель вставляются наборы коэффициентов и потенциалов, подобранных таким образом, чтобы результат был близок наблюдаемому в экспериментах. Подбор коэффициентов в моделях и игра с ними (не только в молекулярной биологии – в любой области знаний и индустрии) стала самостоятельной областью, финансируемой намного лучше, чем теория как таковая.

Но давайте задумаемся, посмотрев на себя в зеркало, или на летящую бабочку, или на цветок розы: неужто какой-либо разумный человек может поверить, что вся жизнь основана не на фундаментальных законах, а на подборе в каждом случае каких-то коэффициентов и потенциалов с дробными степенями (число которых может измеряться десятками)? Разумеется, за функционированием живого должны стоять фундаментальные принципы. На словах приблизительно такие слова при моделировании фундаментальных процессов и произносятся. Однако на практике к поиску фундаментальных основ обращаются все реже и реже.

Моделирование и теория с каждым годом становятся все более оторваны друг от друга. Профессор, который 20 лет назад не хотел читать статью, в которой есть формулы, оказался не рутинером, а буревестником. К вящему сожалению.

## Theory-and-Modeling

Тем не менее, я смею утверждать, что теория и моделирование комплементарны друг другу. Это означает, в частности, следующее:

1. Моделирование дает возможность проверки множества режимов системы и осуществить весьма совершенную визуализацию. Однако компьютерное моделирование – по крайней мере, в современной форме – не дает возможности получения общих закономерностей, таких как вывод уравнения Шредингера или Максвелла.

2. Теория позволяет получить аналитические результаты, обладающие общностью. Однако для анализа множества приложений – будь то аэродинамика или ферментативный катализ – необходимо моделирование с конкретными числами и вариациями режимов системы.

3. Комбинирование возможностей теории и моделирования – особая профессия, требующая сочетания навыков и талантов, необходимых теоретикам прошлого века и специалистам по компьютерному моделированию современности. Специалист Т&М будет отличаться и от теоретика, и от программиста так же, как десятиборец в легкой атлетике отличается от бегуна, метателя и прыгуна.

Примером Т&М-проекта, блестяще воплощенного в бизнес, является компания Google (один из основателей которой, причем именно тот, который развил непосредственно технологию, имеет русские корни). Без математического анализа «разряженных» матриц, то есть таких, в которых подавляющее большинство элементов равно нулю, создание эффективного интернет-поисковика было бы невозможно.

И подобных задач, в которых на основе нетривиального сочетания теории и моделирования создается новая перспективная технология, превеликое множество. С помощью моделирования на основе уже известных законов можно делать конкретные предсказания там, где это необходимо. Например, предсказать погоду на завтра или вычислить оптимальную траекторию спуска спутника с приземлением в заданной точке.

Но с помощью моделирования невозможно вывести ни одного нового закона.

Существующая и все возрастающая фрагментарность знаний, в том числе естественно-научных, в значительной мере обусловлена доминированием моделирования над теорией.

«Глядя из компьютерного моделирования», природа воспринимается как совокупность частных. Между тем фундаментальных неясностей, например, в быстро прогрессирующей биологии, на стыках между естественными науками и в наномасштабах (промежуточных между размерами атомов и сплошной средой) множество, и их число возрастает.

В мире, в котором know how преумножается, с той же скоростью должна, казалось бы, возникать потребность и в know why? Нарушение баланса между теорией и моделированием, между «как» и «почему» – одна из причин кризиса современной цивилизации. И этот баланс должен быть восстановлен.

## Познание в русском стиле

Русский стиль познания и созидания имеет узнаваемый почерк и колоссальную перспективу. «Дай русскому гимназисту карту звездного неба, он назавтра принесет ее исправленной», – грустно пошутил Достоевский. В применении к моделированию и построению теорий, однако, дерзновенность – прекрасное качество! Ошибки, которые неизбежно могут возникнуть, будут исправлены по дороге – счастливое свойство компьютеров, в которых что написано пером вырубается не топором, а легким касанием клавиш клавиатуры.

Помимо подготовки специалистов Т&М широкого профиля, целесообразно выделить основные направления в новой специальности. Прежде всего, это относится к нанотехнологиям, на которые в России выделены колоссальные суммы. При этом, какой именно должна быть комбинация теоретических подходов и моделирования, должно стать предметом не только профессионального, но и государственного размышления – подобно тому, как это, без сомнения, происходило при принятии решений о создании шарашек, теоретических отделов в НИИ и теоркафедр в вузах.

Дерзновенность русского духа, склонность к решению общих проблем и существование традиций построения теорий дает шанс сделать русскую школу Theory-and-Modeling одной из ведущих в мире в кратчайшие сроки.

Стратегическая необходимость программы Theory&Modeling, аналогичной той, которая в 50-е и 60-е годы прошлого века позволила советской науке в кратчайшие сроки выйти на лидирующие в мире позиции, несомненна. Особенно актуальна она во время кризиса, так как (А) экономит капиталовложения по сравнению с другими отраслями технологий, (Б) не требует дорогостоящего оборудования, (С) имеет колоссальную технологическую и финансовую перспективу, (Д) опирается на советскую математическую и теорфизическую традицию, равно как и на (Е) склонность Русского Духа обращаться к фундаментальным междисциплинарным проблемам.

\* \* \*

Перечитывая уже написанную статью, я обратил внимание на то, что название предлагаемой специальности (и одноименного с ней направления в науке и технологиях) – Т&М, по-английски звучит как T-and-Em, то есть tandem, по-русски – тандем («ТандЭм»).

Это полностью отвечает букве и духу объединения двух профессий: теоретика и специалиста по моделированию. Поразительное и, я бы сказал, судьбоносное совпадение!

Нью-Йорк.

-----

к этой статье  
автора сайта [decoders-zolotarev.ru](http://decoders-zolotarev.ru)  
о современной Оптимизационной Теории (ОТ)  
помехоустойчивого кодирования.

Как же это точно!!!

Действительно, было бы чрезвычайно странно, если бы крупнейшие научно-технические достижения и ещё нерешённые пока проблемы могли описываться всего лишь одной-двумя формулами. И главная формула XX века  $E=mc^2$ , несомненно, тоже соответствует этому крайне жёсткому правилу: она далеко не единственная в описании теории относительности.

Более того, при решении абсолютного большинства проблем обычно нельзя получить даже приближённых оценок для основных целевых параметров. И здесь автор статьи тоже попал в самое «яблочко».

А что же наша теория кодирования? Да и тут всё именно так! Простейшие коды Хемминга и Голея позволяют оценить их возможности, что является хорошей заправкой, стимулированием интереса к теории кодирования (ТК). Но это и всё! А надеяться на аналитические результаты для длинных кодов, да ещё при большом уровне шума – это, конечно же, верх сверхнаивности и полного отсутствия собственной внутренней философии науки у людей, вроде бы занятых проблемами ТК как наукой.

И кроме того! В ТК очень часто приходится решать задачи без какого-либо понимания возможного результата. Это очень необходимое понимание приходит иногда только после длительного глубокого его анализа. И это тоже нормально для многих задач по моделированию, когда сформулировать цель аналитически вообще не представляется возможным.

Мы не можем не отметить и того важнейшего обстоятельства, что наши результаты, которые мы и наши коллеги оцениваем по трём пунктам своих исследований как нобелевские, стали возможными тоже при использовании именно разреженных матриц специального типа, упоминаемых автором статьи. Это, м.б, в сотый раз снова подчёркивает то, что наша научная школа Оптимизационной Теории (ОТ) всегда находится на острие научного прогресса.

Напомним, что наш самый первый патент по ОТ с приоритетом от 1972г., описывающий многопороговый декодер (МПД), заявлялся нами уже в полной уверенности, что все главные результаты для алгоритмов декодирования будут получены именно **(и в основном!)** в эксперименте. И в самом деле, созданные нами ОТ и теория размножения ошибок (РО) в мажоритарных декодерах чётко показали, что **ТК – это вовсе не математическая задача**. Вспомним, что после важных для первоначального старта ТК, но крайне слабых кодов БЧХ и Рида-Соломона (РС), открытых в «золотые» для алгебраической ТК 1960-е годы, за 60 последующих лет по главному комплексному критерию ПДСП «помехоустойчивость-достоверность-сложность» миллионы исследователей прежней ТК не получили вообще никаких значимых аналитических результатов. Таким образом, «аналитическая производительность» прежней ТК оказалась нулевой!

Но при этом именно в случае качественного моделирования, т. е. при правильном эксперименте все параметры критерия ПДС для всех алгоритмов, разрабатываемых в рамках ОТ, всегда определяются практически «мгновенно».

Но развитие экспериментальной базы, как опять остро подчёркивает автор статьи, - совершенно другой мир. А тогда как это можно реализовать для ТК, т.е., точнее, для алгоритмов декодирования в ОТ? **Моделированием на компьютере!** Конечно, можно и нужно ещё отрабатывать такие методы и на ПЛИС. Но это - уже на заключительных этапах перед внедрением в цифровую технику, когда ясно, что то или иное новое направление уже оформилось и готово к тиражированию в реальных системах. А при наличии уже созданного софта (ПО) программные модели всегда строятся и проверяются в 100 – 10000 раз быстрее, чем аппаратные.

Но что более всего удивляет нас, сторонников научной школы ОТ? Да то, что реально практически никто из претендентов на высочайшие титулы в ТК (ой, какие же они все «великие математики!»), как нам кажется, даже и вообще не пытался заняться полноценным аккуратным моделированием.

Конечно, мы прекрасно понимаем, что это просто адский труд! А лозунг конца того столетия: **«Программирование – вторая грамотность!»** - давно неактуален и просто забыт. **Жаль!** Это и привело к очень странному и абсолютно неестественному отбору кадров в нашей отрасли науки. Мы не понимаем, почему в ТК нет хороших программистов с развитой научной философией. И мы даже допускаем, что мы пишем это просто потому, что многих из таких компьютерщиков мы просто не увидели и не оценили.

Однако фактом остаётся то, что никакие из миллионов, наверное, статей по алгоритмам коррекции ошибок не содержат вообще никаких разумных данных о сложности реализации предлагаемых там декодеров, как, впрочем, весьма часто, и о их итоговой достоверности. А это автоматически значит, что и никаких результатов там просто нет! ТК – это именно уже абсолютно решённая ~ в 1985г. вычислительная задача, т.е. созданная полная технология глобальной оптимизации функционалов, как мы настаиваем в наших новых уникальных монографиях, изданных нами в этом тысячелетии 20 years (см.: <https://decoders-zolotarev.ru/nashi-knigi/>, <https://decoders-zolotarev.ru/en/books/>). И она продолжает успешно развиваться уже в совершенно новом качестве. Последующие 35 лет мы, как, разумеется, и сейчас, развивали на базе всё более быстрой вычислительной техники конкретные всё более сложные методы поиска (снова как у профессора Магаршака!) тысяч лучших параметров МПД декодеров, которые сами при этом остались крайне простыми.

Но именно с помощью оптимизации глобального поиска мы почти достигли границы Шеннона. Не забудем также, что эта граница абсолютно упруга, как и скорость света для материальных тел, а поэтому принципиально недостижима.

Так что мы поздравляем нас и вас с полным решением проблемы Шеннона. Прежняя теория кодирования завершена. А все задачи в сфере ТК теперь решаются технологиями ОТ с привлечением нескольких десятков наших патентов, кстати, включающих и наши очень полезные результаты по блоковым алгоритмам Витерби (БАВ). Им нет равных среди прочих оптимальных алгоритмов для блоковых кодов, рекламируемых и по сей день толпой «теоретиков», которые бесконечно сложны, т. к. у них экспонента сложности вдвое больше, чем у оптимального и абсолютно идеального АВ для свёрточных кодов.

Но формул для итоговых вероятностей ошибки, а также для числа простейших операций декодера, т. е. его сложности, **нет и никогда для большого уровня шума не будет.** Так вот наша школа ОТ нашла такие хорошие коды и прекрасные алгоритмы декодирования для них. А проверяем мы их и развиваем на основе теории ОТ дальше, быстро анализируя на программных моделях, не забывая и про ПЛИС.

Ну, и последнее. С чего это мы вообразили, что наши алгоритмы ОТ самые лучшие? Да тут всё ясно: все декодеры МПД - это всего лишь простейшие пороговые элементы, которые суммируют несколько небольших целых чисел и сравнивают результат с некоторым порогом. Для программы на С++ это лишь  $7 \div 10$  самых быстрых простых команд. И это вообще - ВСЁ!

Но при этом решение – оптимальное, эквивалентное переборному наилучшему варианту, число операций линейное по длине кода, т.е. минимально даже теоретически допустимое, а расстояние до границы Шеннона – самое маленькое по сравнению со всеми прочими классами декодеров. Т.е. по критерию ПДС у МПД идеальные наилучшие значения, которые крайне трудно ещё как-то улучшить. Однако скажем по секрету, что мы всё же это понемножку тоже продолжаем делать.

Так что мы искренне благодарим профессора Ю. Магаршака за исключительно яркую и прекрасно аргументированную статью, а всех наших коллег мы приглашаем в мир Его Величества Эксперимента. Всем, кто готов развивать в глубоком единстве теорию и эксперименты в сфере повышения достоверности «цифры» даже при

экстремально большом уровне шума, мы всегда готовы помочь и реально помогаем в создании новых методов и технологий ОТ. Мы уверены, что это приведёт к новым крупным успехам в простом высокодостоверном хранении, передаче, контроле и восстановлении дискретных данных нашей информационной цивилизации.

Профессор, д.т.н.,  
ИКИ РАН,  
лауреат премии Правительства РФ по науке и технике  
и Золотой медали ЕС «За исключительные достижения/For Exceptional Achievements»

В.В. Золотарёв