Алексей Стахов
International Club of the Golden Section (Canada)

Микропроцессоры Фибоначчи - как одна из базисных инноваций будущего технологического уклада, изменяющих уровень информационной безопасности систем

По мнению выдающегося российского ученого академика Я.А. Хетагурова, применение микропроцессоров иностранного производства в российских разработках таит в себе большие проблемы для национальной безопасности России. Это своего рода «троянский конь», роль которого только начинает проявляться. Причина состоит в отсутствии в таких микропроцессорах контроля преобразований информации. Современные микропроцессоры ненадежны с информационной точки зрения. В статье излагаются теоретические основы «микропроцессоров Фибоначчи» как нового направления в повышении информационной надежности микропроцессоров. «Троянским конем» двоичной системы, используемой в микропроцессорах, является ее ***НУЛЕВАЯ ИЗБЫТОЧНОСТЬ,*** *что не позволяет осуществлять контроль преобразований информации в микропроцессоре. Настало время заменить «двоичное отношение» и двоичную систему, используемую в микропроцессорах, на «золотое отношение», фибоначчиеву и «золотую» систему счисления. Микропроцессоры Фибоначчи открывают новую эру в развитии высоконадежных микропроцессоров и, в перспективе, нанопроцессоров! Они являются одной из базисных инноваций будущего технологического уклада, которые могут изменить уровень информационной безопасности систем.*

Ключевые слова*: микропроцессоры, код Фибоначчи, код золотой пропорции, арифметика Фибоначчи, «золотая» арифметика, компьютеры Фибоначчи, микропроцессоры Фибоначчи*

На думку видатного російського вченого академіка Я.А. Хетагурова, застосування мікропроцесорів іноземного виробництва в російських розробках таїть у собі великі проблеми для національної безпеки Росії. Це свого роду «троянський кінь», роль якого тільки починає проявлятися. Причина полягає у відсутності в таких мікропроцесорах контролю перетворень інформації. Сучасні мікропроцесори ненадійні з інформаційної точки зору. У статті викладаються теоретичні основи «мікропроцесорів Фібоначчі» як нового напряму в підвищенні інформаційної надійності мікропроцесорів. «Троянським конем» двійкової системи, використовуваної в мікропроцесорах, є її НУЛЬОВА НАДЛИШКОВІСТЬ, що не дозволяє здійснювати контроль перетворень інформації в мікропроцесорі. Настав час замінити «бінарне відношення» і двійкову систему, використовувану в мікропроцесорах, на «золоте відношення», фібоначчійову і «золоту» систему числення. Мікропроцесори Фібоначчі відкривають нову еру в розвитку високонадійних мікропроцесорів і, в перспективі, нанопроцесоров! Вони є однією з базисних інновацій майбутнього технологічного укладу, які можуть змінити рівень інформаційної безпеки систем.

Ключові слова: мікропроцесори, код Фібоначчі, код золотої пропорції, арифметика Фібоначчі, «золота» арифметика, комп'ютер Фібоначчі, мікропроцесор Фібоначчі

According to the prominent Russian scientist Academician JA Khetagurov, the use of foreign-made microprocessors is fraught with serious problems for Russia's national security. This is a kind of "Trojan horse", whose role is only beginning to emerge. The reason is in the absence of a check of information in such a microprocessor . Modern microprocessors are unreliable from informational point of view. The article presents the theoretical foundations "of microprocessors Fibonacci" as a new direction in improving the informational reliability of the microprocessors. "Trojan horse" of the binary system, used in microprocessors, a ZERO REDUNDANCY, what does not allow to check the informational transformations in the microprocessor. It's time to replace the "binary ratio" and the binary system, used in microprocessors, on the "golden ratio", Fibonacci and "golden" system. Fibonacci microprocessors are opening a new era in the development of highly reliable microprocessors and, potentially, nanoprotsessorov! They are one of the basic innovations of the future technological system that can improve the level of informational reliability of systems.

Keywords: *microprocessors, Fibonacci code, Fibonacci arithmetic, "golden" arithmetic, Fibonacci computer, Fibonacci microprocessor*

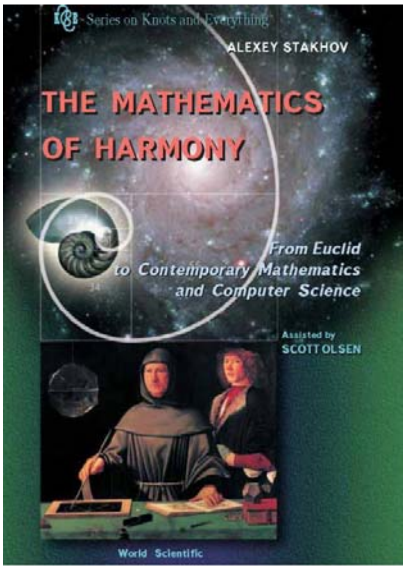
1. Введение

Настоящая статья основывается на огромном научном заделе, который отражен в многочисленных статьях, книгах, авторских свидетельствах, патентах, диссертациях автора и его учеников (около 500 публикаций, среди которых 15 книг и брошюр, 130 авторских свидетельств, 65 зарубежных патентов, 30 диссертационных работ, выполненных под руководством автора и др.). В списке литературы приведены важнейшие публикации, касающиеся темы статьи [1-21].

Автор разработал компьютерную арифметику Фибоначчи и выдвинул концепцию «компьютеров Фибоначчи» в середине 70-х годов прошлого века [5,6,8].

Уникальное по своим масштабам патентование советских изобретений в этой области за рубежом (США, Япония, Англия, Франция, Германия, Канада и др. страны) показало, что западная наука ничего не смогла противопоставить концепции «компьютеров Фибоначчи», то есть, концепция «компьютеров Фибоначчи» является достижением советской науки. Весьма успешные результаты патентования (свыше 60 патентов в компьютерной области) заставили задуматься как академические, так и промышленные круги над тем фактом, что в советской компьютерной науке возникло новое научное направление, которое может стать основой революционных преобразований в области компьютеров.

На данном этапе интерес к этому направлению существенно возрос в западной науке в связи с публикацией книги автора **“The Mathematics of Harmony. From Euclid to Contemporary Mathematics and Computer Science”** в одном из наиболее престижных научных издательств мира “World Scientific” [4].



11 ноября 2011 г. автор выступил с докладом «Математика гармонии и компьютеры Фибоначчи» на научном семинаре кафедры компьютерной техники университета Ryerson, который считается одним из ведущих инженерных университетов Канады.

Настоящая статья написана в развитие этого доклада. Ее главной целью является обсуждение возможностей использования арифметики Фибоначчи и «золотой» арифметики для повышения информационной надежности микропроцессоров.

В современном мире трудно найти область техники, где не применялись бы микропроцессоры. Они применяются при вычислениях, для выполнения функций управления, а также при обработке звука и изображения. В зависимости от **области применения** микропроцессора меняются требования к нему. Это накладывает отпечаток на внутреннюю структуру микропроцессора. В настоящее время определилось три направления развития микропроцессоров:

- универсальные микропроцессоры
- микроконтроллеры
- сигнальные микропроцессоры

Универсальные микропроцессоры используются для построения вычислительных машин. В них используются самые передовые решения по повышению быстродействия, не обращая особого внимания на габариты, стоимость и потребляемую энергию.

Микроконтроллеры используются для управления малогабаритными и дешёвыми устройствами связи; они раньше назывались однокристальными микроЭВМ. В микроконтроллерах, в отличие от универсальных микропроцессоров, максимальное внимание уделяется именно габаритам, стоимости и потребляемой энергии.

Сигнальные процессоры используются для решения задач, которые традиционно решала аналоговая схемотехника. К сигнальным процессорам предъявляются специфические требования. От них требуются максимальное быстродействие, малые габариты, легкая стыковка с аналого-цифровыми и цифро-аналоговыми преобразователями, большая разрядность обрабатываемых данных и небольшой набор математических операций, обязательно включающий операцию умножения-накопления и аппаратную организацию циклов. В этих процессорах тоже важны такие параметры как стоимость габариты и потребляемая мощность, но здесь приходится мириться с большими значениями этих характеристик по сравнению с микроконтроллерами.

Традиционно основное внимание при создании микропроцессоров и микроконтроллеров уделялось повышению быстродействия, уменьшению стоимости и потребляемой мощности. К сожалению, меньшее внимание уделялось проблеме повышения информационной надежности, помехоустойчивости, контролеспособности, достоверности данных на выходе микропроцессоров и микроконтроллеров. Это обстоятельство вызывает тревогу многих известных специалистов в области микропроцессорной техники. В статье академика Я.А. Хетагурова «Обеспечение национальной безопасности систем реального времени» (BC/NW 2009; №2 (15):11.1) высказаны интересные соображения, касающиеся использования микропроцессоров и микроконтроллеров иностранного производства:

«Применение микропроцессоров, контроллеров и программного обеспечения вычислительных средств (ВС) иностранного производства для решения задач в системах реального времени (СРВ) военного, административного и финансового назначения таит в себе большие проблемы. Это своего рода «троянский конь», роль которого только стала проявляться. Потери и вред от их использования могут существенно повлиять на национальную безопасность России... Отсутствие в иностранных вычислительных средствах широкого профиля контроля, необходимого для обеспечения требуемой достоверности выдаваемых данных в СРВ, приводит либо к использованию программных методов контроля, которые увеличивают быстродействие в 1,5-2,5 раза и потребление электроэнергии либо применению мажоритарного метода контроля, использующего 3 вычислительных устройства ШП, что повышает требования к быстродействию на 10-15%, однако увеличивает объём аппаратуры ВС в среднем в 3,3 раза и потребление электроэнергии в 3,4 раза».

Хетагуров Ярослав Афанасьевич

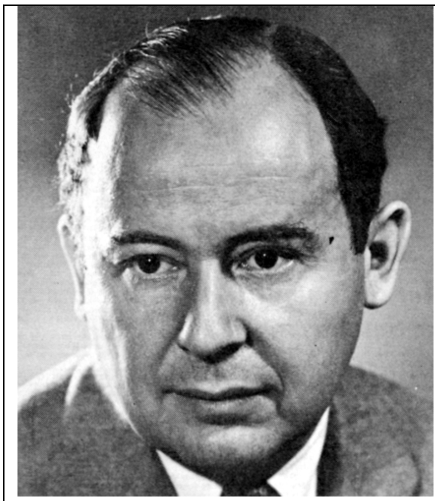
- Доктор технических наук, профессор
- Главный научный сотрудник, Моринформсистема – АГАТ, МИФИ, НПФ "СКИБР".
- 1960 г. -Ленинская премия в области науки и техники
- 1982 г. – премия Совета Министров СССР
- 1986 г. – премия Минвуза СССР за проектирование аппаратно-программных средств видеотерминальных комплексов

Таким образом, микропроцессоры иностранного производства, широко используемые в современных российских и украинских разработках, по мнению академика Хетагурова, являются «троянским конем», который угрожает национальной безопасности систем реального времени военного, административного и финансового назначения.

Цель настоящей статьи – изложить теоретические основы **микропроцессоров Фибоначчи** как нового пути повышения информационной надежности средств микропроцессорной техники [1-243].

2. «Троянский конь» двоичной системы счисления

Как известно, двоичная система была введена в компьютерную технику Джоном фон Нейманом в 1946 г. Одним из «неймановских принципов» было обоснование использования в электронных компьютерах **двоичной системы счисления**. На тот период это было абсолютно правильное и взвешенное решение, так как двоичная система в наибольшей степени отвечала двоичному характеру электронных элементов и требованиям булевой логики. Кроме того, следует учитывать то обстоятельство, что в тот период других, альтернативных систем счисления в науке просто не существовало. Выбор был очень небольшой: *десятичная система* или *двоичная система*. Предпочтение было отдано двоичной системе. Однако вместе с двоичной системой в компьютерную технику был введен «троянский конь» в виде **«нулевой избыточности»** двоичной системы. Отсутствие избыточности означает, что все двоичные кодовые комбинации в рамках двоичной системы являются «разрешенными», что делает невозможным обнаружение каких-либо ошибок, которые неизбежно (с большей или меньшей вероятностью) могут возникнуть в элементах электронных систем под влиянием различных внешних и внутренних факторов (радиация, электромагнитные воздействия, помехи в шинах питания и т.д.).



Джон фон Не́йман (1903-1957)— венгро-американский математик, сделавший важный вклад в квантовую физику, квантовую логику, функциональный анализ, теорию множеств, информатику, экономику и другие отрасли науки. В июле 1954 г., совместно с Моучли и Эккерта Джон фон Нейман подготовил отчет на 101 странице, в котором обобщил планы работы над машиной EDVAC. Этот отчет, озаглавленный *"Предварительный доклад о машине EDVAC"*. Этот доклад стал первой работой по цифровым электронным компьютерам, с которым познакомились широкие круги научной общественности. И по сей день ученые иногда называют компьютер, описанный в докладе, *"машиной фон Неймана"*.

Отсюда следует, что двоичная система в «чистом виде» не может служить информационной и арифметической основой микропроцессоров, предназначенных для использования в специализированных управляющих и измерительных системах (космические системы, управление транспортом и сложными технологическими объектами, робототехника, медицинские системы и др.), где особые требования предъявляются к надежности, отказоустойчивости, достоверности данных, живучести и стабильности измерительных и управляющих систем, функционирующих в реальном масштабе времени. К сожалению, микроэлектроника вынуждена была взять на вооружение все технические решения классической компьютерной техники вместе с двоичной системой. Вместе с ней «троянский конь» переселился в микропроцессоры и микроконтроллеры. В настоящее время двоичная система начинает постепенно завоевывать свои позиции и в наноэлектронике. Это означает, что «троянский конь» двоичной системы («нулевая избыточность») беспрепятственно может переселиться в наноэлекторнику, что может привести к непредсказуемым последствиям для дальнейшего развития информационных технологий (статья академика Хетагурова являются первым серьезным предупреждением для современного информационного общества).

Таким образом, человечество становится заложником классической двоичной системы счисления, которая лежит в основе современных микропроцессоров и информационных технологий. Поэтому дальнейшее развитие микропроцессорной техники и основанной на ней информационной технологии на основе классической двоичной системы счисления следует признать тупиковым направлением. Двоичная система не может служить информационной и арифметической основой специализированных компьютерных и измерительных систем (космос, управление транспортом и сложными технологическими объектами, нанотехнологии), а также наноэлектронннных систем, где проблемы надежности, помехоустойчивости, контролеспособности, стабильности, живучести систем выходят на передний план.

Необходимо отказаться от классической двоичной системы счисления как информационной и арифметической основы специализированных компьютерных систем и наноэлектронных систем и перейти при их проектировании на новые избыточные системы счисления, сохраняющие все известные преимущества классической двоичной системы счисления (позиционность представления чисел, простота арифметических правил, использование двух $\{0,1\}$ цифр для представления чисел, простые правила сравнения и округления чисел и др.) и позволяющие улучшить надежность, контролеспособность, помехоустойчивость компьютерных систем и тем самым повысить информационную надежность компьютеров

3. Особенности применения классических избыточных кодов в «компьютерных каналах»

Среди некоторых специалистов бытует мнение, что проблемы повышения информационной надежности микропроцессоров можно решить с помощью современных корректирующих кодов (коды Хэмминга, циклические, турбо-коды и пр.). Необходимо их разочаровать. Если бы это было возможным, то это давно было бы сделано. Предложение использовать классические корректирующие коды для повышения надежности компьютеров и процессоров, в частности, нанокомпьютеров и нанопроцессоров, вызывает большие сомнения в силу следующих особенностей «вычислительных каналов» [7]. Основной особенностью «компьютерных каналов» по сравнению с «каналами связи», где широко используются корректирующие коды, является **ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ** характер хранения, передачи и обработки информации. Это приводит к следующим ограничениям на применение классических избыточных кодов в компьютерных структурах:

- Для компьютерных структур (счетчиков, регистров, сумматоров, памяти) модель ошибок, основанная на модели «симметричного канала», принятая в теории связи, не соответствует реальным экспериментальным данным.
- Экспериментальные данные показывают, что типичный вероятностный закон распределения ошибок в «компьютерных каналах» отличается от модели «симметричного канала» и приближается к **равномерному распределению**; при этом ошибки, как правило, являются **асимметричными**.
- Это означает, что понятие «минимального кодового расстояния» применительно к компьютерным каналам теряет практический смысл в качестве критерия эффективности кода. **В «компьютерных каналах» на передний план выдвигается только один критерий – ошибкообнаруживающая способность кода, зависящая от количества избыточных разрядов.**
- При использовании классических избыточных кодов мы используем два кода – исходный неизбыточный код (представление информации в двоичной системе) и избыточный код. Это создает так называемую **проблему кодировния-декодирования.** Ее суть состоит в том, что кодеры и декодеры для параллельных компьютерных структур являются довольно сложными с аппаратурной точки зрения. В большинстве случаев их сложность превышает сложность компьютерных структур, которые они контролируют. В качестве примера вспомним кодер и декодер для простейшего избыточного кода – кода с проверкой на четность.

4. История научного направления

Впервые исследования по избыточным способам позиционного представления чисел были предприняты в начале 70-х годов 20 в. в Таганрогском радиотехническом институте (ТРТИ) в работах [5,6] автора настоящей статьи, который возглавлял кафедру информационно-измерительной техники ТРТИ в период с 1971 по 1977 гг. В докторской диссертации автора (1972) были синтезированы так называемые *фибоначчиевые алгоритмы измерения,* которые привели к двум нетрадиционным способам позиционного представления чисел: *p-кодам Фибоначчи* и *кодам золотой p-пропорции.* Основы теории этих кодов изложены в книгах автора [1,2].

Под *p-кодами Фибоначчи* понимаются следующие способы двоичного позиционного представления натуральных чисел [3]:

$$N = a_n F_p(n) + a_{n-1} F_p(n-1) + ... + a_i F_p(i) + ... + a_1 F_p(1), \tag{1}$$

где $a_i \in \{0,1\}$ - двоичная цифра, $F_p(i)$ - вес *i*-го разряда, который при заданном целом $p = 0,1,2,3,...$ связан с весами предыдущих разрядов следующим рекуррентным соотношением:

$$F_p(i) = F_p(i-1) + F_p(i-p-1);\quad F_p(1) = F_p(2) = F_p(p+1) = 1 \tag{2}$$

Заметим, что при *p*=0 *p-код Фибоначчи* (1) сводится к классическому двоичному коду. При *p*=1 рекуррентное соотношение (2) превращается в рекуррентное соотношение для *чисел Фибоначчи*:

$$F_i = F_{i-1} + F_{i-2};\quad F_1 = F_2 = 1, \tag{3}$$

а сам *p-код Фибоначчи* (1) сводится к классическому *коду Фибоначчи,* называемому также *представлением Цекендорфа*:

$$N = a_n F_n + a_{n-1} F_{n-1} + ... + a_i F_i + ... + a_1 F_1, \tag{4}$$

в котором весами разрядов являются числа Фибоначчи: 1,1,2,3,5,8,13, 21, ...

Под *кодами золотой p-пропорции* понимаются следующие способы двоичного позиционного представления действительных чисел [2]:

$$A = \sum_i a_i \Phi_p^i, \tag{5}$$

где $a_i \in \{0,1\}$ - двоичная цифра *i*-го разряда, Φ_p^i - вес *i*-го разряда, связанный с весами предыдущих разрядов соотношением:

$$\Phi_p^i = \Phi_p^{i-1} + \Phi_p^{i-p-1} = \Phi_p \times \Phi_p^{i-1};\quad i = 0, \pm1, \pm2, \pm3, ... \tag{6}$$

Φ_p - основание системы счисления (5), которое при заданном целом $p = 0,1,2,3,...$ является положительным корнем следующего алгебраического уравнения:

$$x^{p+1} - x^p - 1 = 0 \tag{7}$$

Корень Φ_p является иррациональным числом для всех $p > 0$ и был назван *золотой p-пропорцией* на том основании, что при *p*=1 он совпадает с классической золотой пропорцией $\Phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$.

Выражение (5) задает бесконечное количество двоичных (по числу используемых цифр 0 и 1) позиционных систем счисления с основаниями Φ_p. Каждому значению *p*=0,1,2,3, ... соответствует свое позиционное представление (5). При *p*=0 *код золотой p-пропорции* сводится к двоичной системе – основе современных компьютеров.

При *p*=1 получаем неожиданный результат. Для этого случая позиционное представление (5) сводится к системе счисления, предложенной в 1957 г. американским математиком Джорджем Бергманом [22]:

$$A = \sum_i a_i \Phi^i. \tag{8}$$

Бергман назвал свою систему *системой счисления с иррациональным основанием,* поскольку ее основанием является знаменитое иррациональное число – «золотая пропорция» $\Phi=\frac{1+\sqrt{5}}{2}$.

Отсюда следует, что *код золотой p-пропорции* (5) является обобщением двух известных систем счисления – *двоичной системы* (p=0), которая получила широчайшее распространение в современной информатике, и *системы Бергмана* (p=1) – первой в истории науки позиционной системы счисления с иррациональным основанием.

Заметим, что КЗП (8) и ее обобщение (5) являются необычными математическими результатами, которые еще до конца не осознаны в современной математике и информатике. Они переворачивают наши представления о позиционных системах счисления, более того, наши взгляды на соотношение между иррациональными и рациональными числами. До системы Бергмана (8) считалось, что основанием системы счисления могут быть некоторые натуральные числа (2, 10, 12, 60 и т.д.). В КЗП (8) и кодах золотой p-пропорции (5) основаниями системы счисления являются некоторые иррациональные числа – «золотая пропорция» Ф и «золотые p-пропорции Φ_p, с помощью которых могут быть представлены любые действительные числа в виде (5) или (8). Единственным исключением является классическая двоичная система, основанием которой является натуральное число 2.

Как известно, теория чисел, описанная в «Началах» Евклида, начинается с очень простого определения натурального числа: N=1+1+1+…+1. При этом все математические проблемы теории чисел (простые числа, теория делимости и т.д.), в конечном итоге, в своих истоках восходят к «евклидовому» определению натурального числа.

Выражения (5) и (8) можно рассматривать, как новые определения действительного числа A. Поэтому позиционные представления (5) и (8) можно рассматривать как начало новой теории чисел. Эту идею с большим интересом воспринял академик Ю.А. Митропольский. По его рекомендации «Украинский математический журнал» опубликовал в 2004 году статью автора [14], в которой изложены основы новой теории чисел, названной *«золотой» теорией чисел.*

Первые статьи автора по арифметике Фибоначчи были написаны в Таганрогском радиотехническом институте [5,6]. Теория *p-кодов Фибоначчи* (1) изложена в книге [1]. Понятие *кодов золотой p-пропорции* введено в статье [8], а основы *«золотой» арифметики* изложены в книге [2].

Однако, наибольший интерес при практической реализации микропроцессоров Фибоначчи представляют два позиционных представленеия – *код Фибоначчи* (4) и *код золотой пропорции* (8), соответствующие значению p=1, *p-коды Фибоначчи* (1) и *коды золотой p-пропорции* (5), соответствующие большим значениям p>1, представляют, прежде всего, теоретический интерес как широкое обобщение двоичной системы.

Основным итогом исследований Джорджа Бергмана [22] и автора настоящей статьи [2, 8] является введение в современную науку новых позиционных представлений, названных системами счисления с иррациональным

основанием. Основная заслуга автора состоит в том, что он впервые выдвинул концепцию «компьютеров Фибоначчи» и приступил к их практической реализации [3].

По этому поводу хорошо написал проф. **Сергей Абачиев** (Москва), один из лучших российских специалистов по логике и методологии науки [23]:

«Открытие 12-летним вундеркиндом Дж. Бергманом «золотой» иррациональной системы счисления никак не предопределялось такими законами. Оно могло быть сделано и на много десятилетий раньше, а могло и не быть сделано по сей день. Но уже в 1957 г., когда оно реально было сделано, раскручивался маховик индустрии цифровых информационных технологий на основе статистической теории информации К. Шеннона и двоичного кода Дж. фон Неймана. И уж в полной мере этот маховик был раскручен к началу 70-х гг., когда А. П. Стахов впервые по достоинству оценил «золотую» систему счисления в роли арифметической первоосновы цифровых информационных технологий.

Выбор фон Нейманом двоичного кода со всеми его недостатками по сравнению с избыточными кодами золотой пропорции не должен расцениваться как исторически неудачный и ошибочный. В конце 40-х гг. ему просто не было никаких альтернатив. В принципе, любительское открытие Бергмана, датируемое 1957-м годом, могло быть сделано кем-то другим на полвека раньше. Попади тогда первая «золотая» система счисления в поле зрения Хартли, Шеннона и фон Неймана, история цифровых информационных технологий могла бы начаться сразу же с кодов золотой пропорции. Но реальная история Мировой науки и техники распорядилась по-иному. Первым восприемником и профессиональным разработчиком этого любительского открытия стал А. П. Стахов в условиях раскрученного маховика информационных технологий на основе двоичного кода ...

Проученное горьким опытом былых гонений на генетику и кибернетику, Советское государство на этот раз быстро осознало, что отечественная наука обретает стратегически прорывные позиции на всеопределяющем направлении научно-технического прогресса. Свидетельством тому стало беспрецедентное патентование первых информационных технологий А. П. Стахова на качественно новой арифметической первооснове в СССР, на Западе и в Японии ... Тем не менее, такие технологии объективно не могли тогда быстро вытеснить безраздельно господствовавшие технологии на основе двоичного кода. В любом случае их экспансия была бы процессом сугубо поэтапным, длительностью во много десятилетий.

И в 80-х гг. этот естественный процесс в нашей тогда ещё единой стране начал осуществляться со сравнительно узкой области бортовой электроники военных самолётов и космических аппаратов, в которой экономические критерии эффективности техники отходят на задние планы по сравнению с функциональными .... При нормальном развитии к настоящему времени он позволил бы России и Украине быть Мировыми «законодателями» и производителями, по крайней мере, уникально надёжной авионики. Но катастрофический финал «перестройки» 1985–1991 гг. пресёк в начальной фазе этот процесс поэтапного отвоёвывания нашей страной ведущих Мировых позиций в области технической кибернетики и информационных технологий».

Абачиев
Сергей Константнович

Кандидат философских наук, профессор кафедры философии и мировоззренческой безопасности в Институте государственного управления, права и инновационных технологий (Москва). Области исследовательских интересов – традиционная формальная логика и эволюционная теория познания, гносеологические аспекты труда и техники, современное научно-методологическое и духовное самопознание философии, православно ориентированные религиоведение и историософия.

5. Математические и информационные основы микропроцессоров Фибоначчи

5.1. Золотое сечение (ЗС) – знаменитое иррациональное число $\Phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$, которое является положительным корнем простейшего алгебраического уравнения $x^2 - x - 1 = 0$. Задача о «золотом сечении» пришла к нам из *Начал* Евклида. ЗС обладает следующими замечательными свойствами [5]:

$$\Phi^n = \Phi^{n-1} + \Phi^{n-2} = \Phi \times \Phi^{n-1}; \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots \tag{9}$$

5.2. Числа Фибоначчи F_n**:** 1,1,2,3,5,8,13,21,34, ... – это числовая последовательность, порождаемая рекуррентным соотношением (3). Эта последовательность может быть продолжена в сторону отрицательных значений *n*. При этом возникает следующая числовая последовательность, задаваемая в бесконечных пределах (от $-\infty$ до $+\infty$):

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8
F_n	0	1	1	2	3	5	8	13	21
F_{-n}	0	1	−1	2	−3	5	−8	13	−21

5.3. Код Фибоначчи – это позиционное представление натуральных чисел, задаваемое (4). Сокращенная запись кода Фибоначчи (4) имеет вид:

$$N = a_n a_{n-1} \ldots a_i \ldots a_2 a_1 . \tag{10}$$

Подчеркнем, что сокращенная запись кода Фибоначчи (10) по своей сути является **двоичной,** то есть, «принцип двоичности» (использование двоичных цифр 0 и 1) в коде Фибоначчи (4) сохраняется, откуда вытекает, что «микропроцессоры Фибоначчи» используют *двоичную элементную базу* и *двоичную логику,* что важно для микроэлектронной и наноэлектронной технологий.

5.4. Диапазон представления чисел

Заметим, что код Фибоначчи (4) предназначен для представления натуральных чисел. С помощью *n*-разрядного кода Фибоначчи (4) можно представить все целые числа в диапазоне от

$$N_{\min} = 0 = \underbrace{00...0}_{n} \text{ до } N_{\max} = \underbrace{11...1}_{n}, \tag{11}$$

где число $N_{\max}$ имеет следующую алгебраическую интерпретацию:

$$N_{\max} = F_n + F_{n-1} + ... + F_2 + F_1 = F_{n+2} - 1 \tag{12}$$

Таким образом, если в классическом двоичном коде с помощью *n* разрядов можно представить 2^n чисел в диапазоне от 0 до $2^n - 1$, то с помощью *n*-разрядного кода Фибоначчи (4) можно представить F_{n+2} чисел в диапазоне от 0 до $F_{n+2} - 1$. В отличие от классической двоичной системы *код Фибоначчи* (4) является **избыточным** кодом. При этом его избыточность кода проявляет себя в свойстве *многозначности представления натуральных чисел*. Это свойство лежит в основе контроля всех арифметических операций и обеспечивает другие важные технические преимущества данного кода.

5.5. Многозначность представления чисел

Представление чисел в коде Фибоначчи (4) является *многозначным,* то есть, каждая двоичная комбинация (10) в коде Фибоначчи (4) представляет некоторое натуральное число, в то время как одному и тому же натуральном числу соответствует некоторое множество двоичных комбинаций. Это демонстрируется с помощью таблиц 1 и 2.

В Табл. 1 представлено отображение множества 5-разрядных двоичных комбинаций $A_i\left(i = 0,1,2,3,...,31\right)$ на множество целых чисел: 0,1,2,3, ..., 12. В таблице 2 представлено отображение множества целых чисел 0,1,2,3, ..., 12 на множество 5-разрядных двоичных «фибоначчиевых» комбинаций $A_i\left(i = 0,1,2,3,...,31\right)$.

Как вытекает Табл. 1, с помощью 5-разрядных двоичных комбинаций $A_i\left(i = 0,1,2,3,...,31\right)$ в коде Фибоначчи (4) можно представить 13 целых чисел от минимального числа 0 до максимального числа 12. При этом, как следует из Табл.2, все числа (за исключением минимального числа 0=00000 и максимального числа 12=11111) имеют многозначное представление.

Таблица 1

A_i	5	3	2	1	1	N	A_i	5	3	2	1	1	N
A_0	0	0	0	0	0	0	A_{16}	1	0	0	0	0	5
A_1	0	0	0	0	1	1	A_{17}	1	0	0	0	1	6
A_2	0	0	0	1	0	1	A_{18}	1	0	0	1	0	6
A_3	0	0	0	1	1	2	A_{19}	1	0	0	1	1	7
A_4	0	0	1	0	0	2	A_{20}	1	0	1	0	0	7
A_5	0	0	1	0	1	3	A_{21}	1	0	1	0	1	8
A_6	0	0	1	1	0	3	A_{22}	1	0	1	1	0	8
A_7	0	0	1	1	1	4	A_{23}	1	0	1	1	1	9
A_8	0	1	0	0	0	3	A_{24}	1	1	0	0	0	8
A_9	0	1	0	0	1	4	A_{25}	1	1	0	0	1	9
A_{10}	0	1	0	1	0	4	A_{26}	1	1	0	1	0	9
A_{11}	0	1	0	1	1	5	A_{27}	1	1	0	1	1	10
A_{12}	0	1	1	0	0	5	A_{28}	1	1	1	0	0	10
A_{13}	0	1	1	0	1	6	A_{29}	1	1	1	0	1	11
A_{14}	0	1	1	1	0	6	A_{30}	1	1	1	1	0	11
A_{15}	0	1	1	1	1	7	A_{31}	1	1	1	1	1	12

Таблица 2

$$0=\{A_0\}$$
$$1=\{A_1,A_2\}$$
$$2=\{A_3,A_4\}$$
$$3=\{A_3,A_4,A_8\}$$
$$4=\{A_7,A_9,A_{10}\}$$
$$5=\{A_{11},A_{12},A_{16}\}$$
$$6=\{A_{13},A_{14},A_{17},A_{18}\}$$
$$7=\{A_{15},A_{19},A_{20}\}$$
$$8=\{A_{21},A_{22},A_{24}\}$$
$$9=\{A_{23},A_{25},A_{26}\}$$
$$10=\{A_{27},A_{28}\}$$
$$11=\{A_{29},A_{30}\}$$
$$12=\{A_{31}\}$$

5.6. Свертка и развертка двоичных разрядов

Различные кодовые представления одного и того же числа могут быть получены друг из друга с помощью двух «фибоначчиевых» микроопераций, основанных на основном рекуррентном соотношении (3), связывающем веса разрядов в коде (4). Эти операции называются соответственно *сверткой* $(011 \to 100)$ и *разверткой* $(100 \to 011)$ двоичных разрядов. Заметим, что выполнение этих операций в фибоначчиевой кодовой комбинации (10) не изменяет числа, изображаемого этой кодовой комбинацией.

Ниже приведены примеры применения операций *свертки* и *развертки* для получения различных «фибоначчиевых» представлений чисел 7 и 5:

$$\text{Свертка}:\ 7=\begin{cases}0\ 1\ 1\ 1\ 1\\1\ 0\ 0\ 1\ 1\\1\ 0\ 1\ 0\ 0\end{cases}\qquad \text{Развертка}:\ 5=\begin{cases}1\ 0\ 0\ 0\ 0\\0\ 1\ 1\ 0\ 0\\0\ 1\ 0\ 1\ 1\end{cases}\qquad(13)$$

5.7. Минимальная и максимальная формы

Если в «фибоначчиевом» представлении (10) выполнить все возможные *свертки,* то мы придем к характерному «фибоначчиевому» представлению, в котором две единицы рядом не встречаются (см. нижнее «фибоначчиевое» представление числа 7). Такое «фибоначчиевое» представление будем называть *минимальной формой числа.* Заметим, что младший разряд «фибоначииевого» представления в минимальной форме всегда равен 0.

Если в «фибоначчиевом» представлении (10) выполнить все возможные *развертки,* то мы придем еще к одному характерному «фибоначчиевому» представлению, в котором два нуля рядом справа от старшего значащего разряда не встречаются (см. нижнее «фибоначчиевое» представление числа 5). Такое «фибоначчиевое» представление будем называть *максимальной формой числа.* Заметим, что младший разряд «фибоначииевого» представления в максимальной форме всегда равен 1.

5.8. Избыточность и ошибкообнаруживающая способность кода Фибоначчи

Доказано [3], что относительная кодовая избыточность кода Фибоначчи (4) не зависит от длины разрядной сетки и в пределе равна **0,44 (44%).** Это означает, что длина разрядной сетки кода Фибоначчи по сравнению с классическим двоичным кодом должна быть увеличена примерно в **1,5** раза.

При этом, если представлять информацию в минимальной или максимальной форме, то ошибкообнаруживающую способность m-разрядного кода Фибоначчи можно вычислить по формуле:

$$S_d = 1 - \frac{N}{N_0} = 1 - \frac{F_m}{2^m}$$

m	F_m	$S_d\%$
10	89	91.32
$\boxed{20}$	10946	$\boxed{98.95}$
$\boxed{30}$	1346269	$\boxed{99.87}$

Как следует из таблицы, ошибкообнаруживающая способность 20- и 30-разрядного кода Фибоначчи соответственно равна **99% и 99,9%.**

5.9. Преобразование классического двоичного кода в код Фибоначчи и наоборот

Примеры такого преобразования представлены в Табл. 3. Слева представлено преобразование двоичного кода в код Фибоначчи (*ДК→КФ*), справа – обратное преобразование (*КФ→ДК*). Суть такого преобразования очень проста. В таблице слева веса разрядов двоичного кода (ДК) представляются в коде Фибоначчи (КФ), после чего все КФ, соответствующие единичным весам разрядов исходного ДК, суммируются и сумма приводится к минимальной форме (МФ). В таблице справа эта же идея используется для преобразования кода Фибоначчи в двоичный код: КФ→ДК.

Таблица 3

ДК → КФ

ДК	2^i				8	5	3	2	1	1
1	2^3	→	8	=	1	0	0	0	0	0
0	2^2	→	0	=	0	0	0	0	0	0
1	2^1	→	2	=	0	0	0	1	0	0
1	2^0	→	1	=	0	0	0	0	1	0
			11	=	1	0	0	1	1	0
			МФ	=	1	0	1	0	0	0

КФ → ДК

КФ	F_i				2^3	2^2	2^1	2^0
1	8	→	8	=	1	0	0	0
0	5	→	0	=	0	0	0	0
1	3	→	3	=	0	0	1	1
0	2	→	0	=	0	0	0	0
0	1	→	0	=	0	0	0	0
0	1	→	0	=	0	0	0	0
			11	=	1	0	1	1

5.11. Код золотой пропорции (КЗП) – это позиционное представление любого действительного числа *A* в виде суммы степеней золотой пропорции с двоичными коэффициентами, задаваемой (8). Как упоминалось, это – первая в истории науки система счисления с иррациональным основанием, в качестве которого используется «золотая пропорция» $\Phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$. С одной стороны, КЗП (8) является обобщением кода Фибоначчи (4) на область действительных чисел и поэтому сохраняет все технические и арифметические преимущества кода Фибоначчи (в частности, контроль всех преобразований информации, основанный на понятиях *свертки, развертки, минимальной и максимальной формы*). При этом «золотой» код имеет «генетическую избыточность» в 44%. С другой стороны, он позволяет представить в виде (8) любое действительное число *A* и сохраняет при этом все математические и технические преимущества классической двоичной системы счисления, лежащей в основе современных информационных технологий, а именно, позиционность представления чисел, использование двух цифр $\{0,1\}$ для представления чисел, «наглядность» кода и простота сравнения чисел по величине, представление чисел с плавающей запятой, возможность округления чисел и др.

Дальнейшее развитие кодов золотой пропорции в направлении их практического использования в компьютерной и измерительной технике дано в книге [5].

6. Основные преимущества кода Фибоначчи и «золотого» кода

Арифметические и схемотехнические основы «компьютеров Фибоначчи» изложены в книгах [1,2]. В этих работах показано, что в коде Фибоначчи (4) и коде золотой пропорции (8) можно выполнять все логические и арифметические операции, необходимые для реализации «компьютера Фибоначчи». Таблица 4 дает представление о преимуществах КФ и КЗП в сравнении с классическим двоичным кодом.

Из табл. 4 вытекает, что «золотой» код сохраняет все качественные характеристики классического двоичного кода: *двоичный характер представления информации, простота правил выполнения арифметических операций, сдвиг кода, представление с плавающей запятой* и др. При этом «золотой» код обладает такой же избыточностью, как и код Фибоначчи (44%), и при этом «золотой» код сохраняет все свойства кода Фибоначчи (свертка и развертка двоичных разрядов, приведение кода к минимальной и максимальной форме и др.) и обладает свойством контроля всех преобразований информации в микропроцессоре.

Таблица 4

Тип кода	**Двоичный код**	$\Leftarrow$ **"Золотой"** $\Rightarrow$ **код**	**Код Фибоначчи**
Формула	$A=\sum_i a_i 2^i$	$\Leftarrow A=\sum_i a_i \Phi^i \Rightarrow$	$N=\sum_{i=1}^{n} a_i F_i$
Связь между разрядами: *мультипликат.* *аддитивная*	$\boxed{2^i=2\times 2^{i-1}}$ $2^i=2^{i-1}+2^{i-1}$	$\leftarrow \boxed{\Phi^i=\Phi\times\Phi^{i-1}}$ $\boxed{\Phi^i=\Phi^{i-1}+\Phi^{i-2}} \rightarrow$	$\boxed{F_i=F_{i-1}+F_{i-2}}$
Сдвиг кода	+	+	–
Представление с плавающей запятой	+	+	–
Округление чисел	+	+	–
Избыточность	0	0.44	0.44

Важно еще раз подчеркнуть, что КФ и КЗП являются позиционными двоичными системами счисления, которые сохраняют все известные преимущества классической двоичной системы счисления. С другой стороны, они являются избыточными кодами, сохраняющими все свойства классических избыточных кодов и обладающих достаточно высокой ошибкообнаруживающей способностью (99,9%). Но в качественном отношении коды Фибоначчи и «золотой пропорции» превосходят как другие избыточные коды, так и все известные позиционные системы счисления, прежде всего потому, что они совмещают в себе свойства позиционных систем счисления и избыточных кодов одновременно

Применение этих кодов в компьютерах не приводит к необходимости преобразования исходного кода в избыточный, что **автоматически решает проблему кодирования-декодирования** и приводит к упрощению вычислительных структур.

При этом эти коды позволяют создавать компьютерные устройства и структуры, обладающие следующими свойствами:

1. Свойство самоконтроля всех компьютерных структур (счетчиков, регистров, таймеров АЛУ и др.)
2. Свойство самосинхронизации двоичных сигналов при их последовательной передаче по каналам связи
3. Уменьшение числа единиц для хранения одного и того же диапазона чисел, которое вместе со свойством минимальной формы позволяют уменьшить рассеиваемую мощность в наноэлектронной памяти.
4. КЗП (8) обладает исключительными преимуществами при реализации АЦП и ЦАП и позволяет создавать на его основе самоконтролирующиеся АЦП и

ЦАП для сигнальных микропроцессоров и самокорректирующиеся АЦП и ЦАП для метрологических систем, нечувствительные к погрешностям изготовления аналоговых элементов АЦП и ЦАП, их старению и влияниям температуры («вечные» АЦП и ЦАП)

7. Патентование

В 1976 г. автор в течение двух месяцев стажировался в Венском техническом университете (Австрия). На заключительной стадии пребывания в Австрии автор выступил с обширным докладом «Алгоритмическая теория измерения и основания компьютерной арифметики» на объединенном заседании Компьютерного и Кибернетического обществ Австрии. Доклад вызвал огромный интерес австрийских ученых. В связи с этим посол СССР в Австрии Ефремов написал письмо в Государственный комитет СССР по науке и технике письмо, которое содержало следующее предложение:

С учетом выраженного интереса у австрийских ученых к изобретению проф. Стахова А.П. по вопросу создания новой системы исчисления на основе "фибоначчиевых" чисел (создание само контролирующихся ЦВМ) считали бы целесообразным ускорить процесс оформления его заявок на изобретение, что позволит также сохранить приоритет советской науки и, возможно, получить экономический эффект.

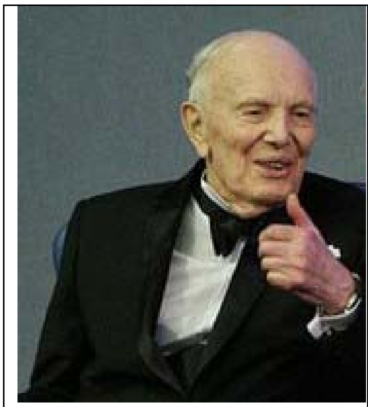
Предложение Посла в Австрии было вынесено на государственный уровень и начиная с 1976 г., во всех ведущих странах-продуцентах компьютерной техники (США, Япония. Англия, Франция, Германия, Канада и др. страны) было начато широкое патентование изобретений по направлению «компьютеры Фибоначчи». 65 патентов защищают приоритет советской науки (и автора настоящей статьи) в этом важном компьютерном направлении. Большинство из технических решений, защищаемых этими патентами, были признаны изобретениями пионерного характера.

Таким образом, уникальность этого патентования состояла в том, что, возможно впервые в истории науки удалось защитить 65 зарубежными патентами целое научное направление в области компьютеров («компьютеры Фибоначчи»), то есть, в 80-е годы 20-го столетия советская наука получила реальный шанс стать лидером в определенной области компьютерной и измерительной техники.

8. Трудная судьба «компьютеров Фибоначчи»

В 1977 г. автор был избран на должность зав. кафедрой вычислительной техники Винницкого политехнического института, а в 1986 г. был назначен директором Специального конструкторско-технологического бюро «Модуль» при Винницком политехническом институте. Именно в этом институте были выполнены инженерные разработки, основанные на кодах Фибоначчи и «золотой пропорции», которые в тот период превышали по своим техническим параметрам мировой уровень [3]. Разработки велись в интересах Министерства общего машиностроения, которое и финансировало проект «компьютеры Фибоначчи».

В июне 1989 г. по инициативе направление было обсуждено на специальном заседании Президиума Академии наук Украины. Инициатором этого обсуждения стал Президент АНУ **Борис Евгеньевич Патон**, который оказал огромную помощь в развитии этого направления.



Бори́с Евге́ньевич Пато́н (род. 27 ноября 1918, Киев) — учёный в области металлургии и технологии металлов, профессор, доктор технических наук, Дважды Герой Социалистического Труда, первый в истории Герой Украины.

Президент Национальной академии наук Украины, академик Национальной Академии Наук Украины (с 1958 года), академик АН СССР — ныне РАН (с 1962 года), президент Международной ассоциации академий наук, почётный член Римского клуба.

В своем отзыве на это научное направление он написал:

Научные достижения ученых Украины широко известны во всем мире. Одним из ярких представителей украинской науки является профессор Винницкого государственного технического университета доктор технических наук Алексей Стахов. Его научные достижения в области чисел Фибоначчи, золотого сечения и их приложений, в частности, в теории гармонии систем, компьютерной и измерительной технике, могут стать основой для революционных преобразований современной науки, создания новых математических теорий естествознания, принципиально новых средств компьютерной и измерительной техники. Исследования, проведенные в руководимой профессором Стаховым Лаборатории отказоустойчивых систем Национальной академии наук Украины, показали, что на основе так называемых кодов Фибоначчи и золотой пропорции могут быть созданы конкурентно-способные средства измерительной и компьютерной техники, значительно превышающие по своим надежностным параметрам современный уровень, которые могут найти широкое применение в тех областях, где требования к их надежности являются определяющими (системы управления технологическими, энергетическими, транспортными и другими объектами).

К сожалению, «горбачевская перестройка» и последовавший за этим развал Советского Союза нанесли непоправимый удар по развитию этого направлению. Начиная с 1989 г., финансирование этих разработок резко сократилось, а затем и полностью прекратилось. Научный коллектив, созданный в СКТБ «Модуль» распался, а само КБ было расформировано.

9. Заключение

Для каждого научного открытия наступает «момент истины», кода оно становится востребованным. Когда в середине 70-х годов прошлого столетия автор создал новую компьютерную арифметику, основанную на числах Фибоначчи [5,6], и на этой основе выдвинул концепцию «компьютеров Фибоначчи», многим специалистам эта идея показалась слишком революционной для того, чтобы быть реализованной. Однако, успешное патентование советских изобретений в этой области за рубежом (США, Япония, Англия, Франция, Германия, Канада и др. страны) показало, что западная наука ничего не может противопоставить концепции «компьютеров Фибоначчи», то есть, эта концепция является научным достижением советской науки. Результаты патентования (65 патентов в компьютерной области) заставили задуматься как академические круги (Академия наук Украины), так и промышленные круги (Министерство общего машиностроения СССР) над тем фактом, что в советской компьютерной науке возникло новое научное направление, которое может стать основой революционных преобразований в области компьютеров. Благодаря поддержке Академии наук Украины и Министерства общего машиностроения на развитие этого направления в 1986 г. были выделены значительные госбюджетные средства (эквивалентные 15 млн. долларов) и в Специальном конструкторско-технологическом бюро «Модуль» Винницкого политехнического института начали выполняться инженерные проекты по созданию фибоначчиевых систем измерения, обработки, сбора и преобразования информации (1986-1989). Некоторые из этих разработок превышали мировой уровень по техническим параметрам и были даже включены в Государственный План социального и экономического развития СССР на 1986-1990 гг. К сожалению, «горбачевская перестройка», которая привела к развалу Советского Союза, привела к прекращению финансирования этих разработок и приостановлению инженерных работ в этой области.

Но это не означает, что концепция «компьютеров Фибоначчи» устарела. Наоборот, на современном этапе развития компьютерной технологии эта концепция стала еще более актуальной в новейшей области компьютерной техники – *микропроцессорной технике.*

Основываясь на своем 40-летнем опыте работы в этой области, полученных научных и инженерных результатах [1-21], автор берет на себя смелость утверждать следующее:

1. В течение многих десятилетий в микроэлектронике, компьютерных технологиях и цифровой метрологии доминировало «двоичное отношение» и «двоичная система». Это привело к беспрецедентным по своим масштабам темпам развития информационной технологии. К сожалению, двоичная система обладает **НУЛЕВОЙ ИЗБЫТОЧНОСТЬЮ,** и в ней отсутствует механизмы для обнаружения и исправления ошибок**,** которые неизбежно (с большей или меньшей вероятностью) могут возникнуть в элементах электронных систем под влиянием различных внешних и внутренних факторов (радиация, электромагнитные воздействия, помехи в шинах

питания и т.д.). Поэтому дальнейшее развитие микропроцессорной техники и компьютерной технологии на основе классической двоичной системы счисления следует признать **тупиковым направлением**. Двоичная система не может служить информационной и арифметической основой специализированных компьютерных и измерительных систем (космос, управление транспортом и сложными технологическими объектами), включая наноэлектронные системы, где проблемы надежности, помехоустойчивости, контролеспособности, стабильности, живучести систем выходят на передний план.

2. Настало время заменить «двоичное отношение» и двоичную систему на «золотое отношение», фибоначчиеву и «золотую» системы счисления. **Альтернативы для кодов Фибоначчи и «золотых» кодов среди существующих позиционных систем счисления и избыточных кодов при создании высоконадежных микропроцессоров и специализированных компьютерных и измерительных систем, включая наноэлектронные системы, не существует!** Микропроцессоры Фибоначчи открывают новую эру в развитии микропроцессоров и, в перспективе, нанопроцессоров!
3. Фибоначчиевая и «золотая» арифметика, микропроцессоры Фибоначчи, «золотые» аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразователи [9], «золотая» троичная зеркально-симметричная арифметика [18], новая теория корректирующих кодов, основанная на «матицах Фибоначчи» [21] и другие идеи и концепции, возникшие в рамках «математики гармонии» [4], могут стать началом «золотой» компьютерной технологии.
4. Использование "золотого сечения" в современных информационных технологиях означает возврат к Пифагору, Платону и Евклиду. Это означает использование «естественных законов природы» для улучшения информационных технологий.
5. Важно подчеркнуть, что это направление родилось в Советском Союзе (Таганрогский радиотехнический институт и Винницкий политехнический институт). 65 зарубежных патентов США, Японии, Великобритании, Франции, Германии, Канады и других стран в области "компьютеров Фибоначчи" являются свидетельством мирового приоритета советской науки (и автора настоящей статьи) в этой важной области информатики.

Послесловие.
Математизация гармонии и гармонизация математики

Так называется статья, написанная автором в развитие книги [4] и опубликованная на сайте «Академия Тринитаризма [24]. Суть этой статьи очень проста. Главной идеей древнегреческой науки была идея Гармонии, которая повлияла на развитие математики в Древней Греции. Согласно "гипотезе Прокла», древнегреческого комментатора «Начал» Евклида, под влиянием идеи Гармонии и были написаны "Начала" Евклида. Процесс создания древнегреческой математики, который развивался под влиянием идеи Гармонии, был назван в статье [24] **"Математизацией Гармонии".** Этот процесс привел древних греков к созданию

Математического учения о Природе, основанного на «Платоновых телах» и «золотом сечении». Это учение и изложено в «Началах» Евклида.

Начиная с брошюры Николая Воробьева (1961) [26], первое издание которой вышло в 1961 г., и особенно после создания в США Фибоначчи Ассоциации (1963), которая с этого же года начала издавать журнал "The Fibonacci Quarterly", в современной математике начался процесс **"Гармонизации Математики"**, который продолжается и до сих пор [27], что подтверждается и публикацией англоязычной книги автора **"The Mathematics of Harmony" (2009)** [4]**.** Этот процесс затронул не только математику, но и все теоретическое естествознание, что подтверждается **двумя Нобелевскими Премиями по химии за открытие "фуллеренов" (1996) и "квазикристаллов" (2011), основанных на Платоновых телах и Золотом Сечении.** Таким образом, параллельно с **"Гармонизацией Математики"** развивается процесс **"Гармонизации современной науки", -** и это, с моей точки зрения, **главная тенденция в развитии современной науки и математики**.

И подобно тому, как процесс «Математизации Гармонии» закончился в Древней Греции созданием грандиозного математического учения о природе, которое было изложено Евклидом в своих «Началах», процесс «Гармонизации Математики» [4] может повлиять на развитие не только математики, но и всей науки и образования в целом. Это приведет к преодолению современного кризиса в математике, ее сближению с теоретическим естествознанием, информатикой, технологией и другими сферами человеческой деятельности и завершится «Золотой» Научной Революцией, что приведет к созданию «гармоничной науки», в которой будет гармонично сосуществовать математика, теоретическое естествознание, образование, информатика, технология и другие сферы. Вот почему так важно введение курса «Математика Гармонии» в современное образование.

Ну а если учесть, что современная математика находится в состоянии перманентного кризиса, вызванного обнаружением противоречий в «Канторовской теории множеств», и выхода из этого кризиса не видно [28], то отсюда вытекает огромный интерес современной науки к «Математике Гармонии» [4], которая может привести к созданию новой математики, лишенной противоречий. Эти идеи изложены автором еще в одной статье **«Не стоит ли современная математика на «лженаучном» фундаменте? (В порядке обсуждения статьи Дениса Клещева «Лженаука: болезнь, которую некому лечить»)»,** опубликованной на сайте «Академия Тринитаризма» [25]. В этой статье сделано ряд «парадоксальных выводов», которые заслуживают пристального внимания:

«*1. Понятие «актуальной бесконечности» противоречит тезису Аристотеля* ***"Infinitum Actu Non Datur".*** *Но тогда, с точки зрения Аристотеля, это понятие является* ***ЛЖЕНАУЧНЫМ ПОНЯТИЕМ****, поскольку «актуально бесконечное не существует» (Аристотель). В этой связи уместно вспомнить еще раз А.А. Маркова:* ***«Мыслить себе бесконечный, т.е. никогда не завершаемый процесс как завершенный не удается без грубого насилия над разумом, отвергающим такие противоречивые фантазии».***

2. Но тогда из пункта 1 вытекает еще одно парадоксальное утверждение: ***КАНТОРОВСКАЯ ТЕОРИЯ МНОЖЕСТВ ЯВЛЯЕТСЯ «ЛЖЕНАУЧНОЙ ТЕОРИЕЙ», ИЛИ, ПО СЛОВАМ ПУАНКАРЕ, «ТЯЖЕЛОЙ БОЛЕЗНЬЮ» И «МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИЕЙ»***

3. *Поскольку «Канторовская теория множеств» провозглашена «фундаментом математики» в речи Хадамара на 1-м Международном конгрессе математиков в Цюрихе (1897), то из п.1 и 2 вытекает следующий вопрос:*

«НЕ СТОИТ ЛИ СОВРЕМЕННАЯ МАТЕМАТИКА НА «ЛЖЕНАУЧНОМ» ФУНДАМЕНТЕ?»»

Из этих рассуждений вытекает еще один вопрос, касающийся развития современной математики, информатики, математического образования и всей науки в целом. Автор понимает, что с его переездом в Канаду в 2004 г. Украина потеряла необычное научное направление в области не только информатики, но и всей науки в целом. Оценка этого направления приведена в отзыве академика Юрия Миттропольского [29].

В связи с вышеизложенным вытекает еще один интересный аспект. Англоязычная книга **A.P. Stakhov "The Mathematics of Harmony. From Euclid to Contemporary Mathematics and Computer Science"** (748 с.) [4], в которой изложены основы «Математики Гармонии» как нового междисциплинарного направления современной науки, вызвала большой интерес за рубежом и изучается западными специалистами и студентами. При этом возникла парадоксальная ситуация.

Новая научная теория («Математика Гармонии»), созданная украинским ученым и признанная во всем мире, недоступна украинским специалистам и студентам. Поэтому первый шаг в возрождении этого научного направления в Украине состоит в том, чтобы срочно опубликовать эту книгу на украинском и русском языках.

Следующее предложение в развитие концепции «гармоничного образования» состоит в том, чтобы ввести в учебные планы физико-математических и инженерных специальностей новую учебную дисциплину «Математика Гармонии».

В 2001-2002 учебном году автор прочитал курс «Математика гармонии» для студентов физико-математического факультета Винницкого педагогического университета. Главное, что интресовало студентов, почему мы об этом не знали раньше? Почему же с такой интересной информацией нас не ознакомили в средней школе или хотя бы в университете?

Своим опытом преподавания курса «Математика гармонии» автор поделился с известным математиком **Аланом Роджерсоном**, научным руководителем Международного Проекта «Математическое образование в 21-м веке». Ответ проф. Роджерсона автора вдохновил. В своем письме проф. Роджерсон написал следующее:

«Дорогой Алексей! Я восхищен Вашей статьей, наполненной интереснейшей информацией, часть из которой мне неизвестна. Ваши идеи настолько глубоки, что их внедрение в школах – это следующий шаг в математическом образовании. Имеются ли преподаватели в Украине или где-либо, которые начали использовать ваши идеи и вашу научную программу? В наибольшей степени я был бы заинтересован в информацию об их преподавательском опыте. Мы очень надеемся, что Вы сможете посетить нашу Конференцию в Сицилии. С наилучшими пожеланиями – Алан».

Позже Алан Роджерсон направил автору официальное письмо-приглашение для участия в Конференции «Гуманистическое Возрождение в Математическом Образовании» и выступить на ней с научным докладом. Конференция состоялась в Италии (Сицилия, Палермо) с 20 по 25 сентября 2002 года. К сожалению, в связи с финансовыми трудностями ни мэр г. Винницы, ни ректор университета, в котором автор работал, не нашли соответствующего финансирования, и автору не удалось принять участие в работе этой Международной конференции.

К слову сказать, концепция «гармонизации школьного образования» активно развивается отдельными энтузиастами в США. Особенно интересными является исследовательская деятельность и практическая работа американского учителя математики **Michael Shneider**. Он опубликовал около 10 книг и учебных пособий о гармонии природы, предназначенных для школьников и студентов. Главная его книга **"A Beginner's Guide to Constructing the Universe: Mathematical Archetypes of Nature, Art, and Science"** ("Руководство для начинающих о конструкции Вселенной: Математическое архетипы природы, искусства и науки") http://www.amazon.com/Beginners-Guide-Constructing-Universe-Mathematical/dp/0060926716

Его книги и учебные пособия очень близки по замыслу и идеям к книге [4]. Главное состоит в том, что **Michael Shneider** давно обучает американских школьников основам гармонии Мироздания, то есть, тому, что нам завещали Пифагор, Платон и Евклид.

Таким образом, новая концепция образования и вытекающая из нее концепция «школы будущего» состоит в том, чтобы широко ввести понятие *«гармонии»* и связанные с ним понятия *Платоновых тел, "золотого сечения", чисел Фибоначчи и* в школьные курсы по математике, физике, химии, информатике, ботанике, биологии, физиологии, медицине, искусству, архитектуре, музыке, литературе и поэзии. В этом случае процесс изучения этих курсов превращается в увлекательный поиск «гармонических отношений» в математике, природе, науке, искусстве, музыке, поэзии. Школьникам и студентам необходимо рассказать об истинной истории математики, о «гипотезе Прокла» и новой трактовке «Начал» Евклида.

Если сравнить образование с могучим деревом, ветками которого являются отдельные учебные дисциплины, то стволом такого дерева для «гармоничного образования» должна быть «концепция гармонии и золотого сечения». К слову сказать, ветки на стволах деревьев располагаются по «принципу Фибоначчи» (это еще один пример филлотаксиса).

Автор предлагает украинским университетам свои услуги в этом направлении и готов поставить курс «Математика Гармонии» в тех университетах, которых заинтересованы в концепция «гармоничного образования». Если в украинских университетах еще не погасла тяга к новым знаниям, то предложение автора может быть востребовано.

Литература

1. Стахов А.П. Введение в алгоритмическую теорию измерения / А.П. Стахов. М.: Советское Радио, 1977. – 288 с.
2. Стахов А.П. Коды золотой пропорции / А.П. Стахов. М.: Радио и связь, 1984. – 152 с.
3. Помехоустойчивые коды: Компьютер Фибоначчи / отв. редактор А.П. Стахов. М.: Знание, серия «Радиоэлектроника и связь», вып.6, 1989. – 64 с.
4. Stakhov A.P. The Mathematics of Harmony. From Euclid to Contemporary Mathematics and Computer Science. New Jersey, London, Singapore, Hong Kong: World Scientific, 2009. – 748 p.
5. Стахов А.П. Избыточные двоичные позиционные системы счисления / А.П. Стахов // Однородные цифровые вычислительные и интегрирующие структуры: сб. науч. тр. Таганрогский радиотехнический институт. - Таганрог, 1974. С.5-41.
6. Стахов А.П. Использование естественной избыточности «фибоначчиевых» систем счисления для контроля вычислительных систем. / А.П. Стахов // Автоматика и вычислительная техника. – 1975. - № 6. – С.80-87.
7. Стахов А.П. Методологические аспекты введения кодовой избыточности в цифровые вычислительные машины / А.П. Стахов // Автоматика и вычислительная техника. – 1976. - , №15. С. 21-30.
8. Стахов А.П. «Золотая» пропорция в цифровой технике / А.П. Стахов // Автоматика и вычислительная техника. 1980. - №1. С. 27-33.
9. Стахов А.П. Перспективы применения систем счисления с иррациональными основаниями в технике аналого-цифрового и цифроаналогового преобразования / А.П. Стахов // «Измерения, Контроль, Автоматизация». – 1981 - №6. С. 3-40.
10. Стахов А.П. Алгоритмическая теория измерения и основания компьютерной арифметики. / А.П. Стахов // «Измерения, Контроль, Автоматизация». – 1988. - №2. С 12-23.
11. Стахов О.П. За принципом золотої пропорції: перспективний шлях розвитку обчислювальної техніки / О.П. Стахов // Вісник Академії наук Української РСР. – 1990. - №1. С. 30-36.
12. Стахов О.П. За принципом золотої пропорції: перспективний шлях розвитку обчислювальної техніки / О.П. Стахов // Вісник Академії наук Української РСР. – 1990. - №2. С. 14-25.
13. Стахов А.П. Алгоритмическая теория измерения: новый взгляд на теорию позиционных систем счисления и компьютерную арифметику/ А.П. Стахов //Управляющие системы и машины». 1994. - №4-5. С. 25-41.
14. Стахов А.П. Обобщенные золотые сечения и новый подход к геометрическому определению числа / А.П. Стахов // Украинский математический журнал. - 2004. - том. 56. С. 1143-1150.
15. Стахов А.П. Математика Гармонии как новое междисциплинарное направление современной науки и ее приложения / А.П. Стахов // Известия Международной Академии наук высшей школы. – 2006.- №2 (36). – С. 52-64.

16. Stakhov A.P. The Golden Section in the measurement theory / A.P. Stakhov // Computers & Mathematics with Applications». 1989. - Volume 17. - No 4-6. - P. 613-638.
17. Stakhov A.P. The Golden Section and Modern Harmony Mathematics / A.P. Stakhov // Applications of Fibonacci Numbers. – 1998. – Vol. 7. – P. 393-399.
18. Stakhov AP. Brousentsov's ternary principle, Bergman's number system and ternary mirror-symmetrical arithmetic / A.P. Stakhov //. The Computer Journal. - 2002. - Vol. 45. - No. 2. – P. 222-236.
19. Stakhov A. The Generalized Principle of the Golden Section and its applications in mathematics, science, and engineering / A.P. Stakhov // Chaos, Solitons & Fractals. - 2005. - 26 (2). P. 263-289.
20. Stakhov A. Fundamentals of a new kind of Mathematics based on the Golden Section / A.P. Stakhov // Chaos, Solitons & Fractals. – 2005. - 27 (5). – P. 1124-1146.
21. Stakhov A. Fibonacci matrices, a generalization of the "Cassini formula", and a new coding theory / A.P. Stakhov // Chaos, Solitons & Fractals. – 2006. 30(1). – P. 56-66.
22. Bergman G. A number system with an irrational base // G. Bergman // Mathematics Magazine. – 1957. - No 31. P. 98-119.
23. Абачиев С.К. Математика гармонии глазами историка и методолога науки / С.К. Абачиев // «Академия Тринитаризма». - 2010. - Эл № 77-6567, публ.15991.
24. А.П. Стахов, Математизация гармонии и гармонизация математики / А.П. Стахов // «Академия Тринитаризма». – 2011. Эл № 77-6567, публ.16897.
25. А.П. Стахов, Не стоит ли современная математика на «лженаучном» фундаменте? (В порядке обсуждения статьи Дениса Клещева «Лженаука: болезнь, которую некому лечить») / А.П. Стахов // «Академия Тринитаризма». 2011. - Эл № 77-6567, публ.17034.
26. Воробьев Н.Н. Числа Фибоначчи / Н.Н. Воробьев // М.: Наука. - 1978. – 144 с.
27. Hoggat V. E. Jr. Fibonacci and Lucas Numbers / V. E. Jr. Hoggat // Boston: Houghton Mifflin. – 1969. – 156 p.
28. Клайн М. Математика. Утрата определенности / М. Клайн //. М.: Мир. - 1984. – 434 с.
29. Митропольский Ю.А. Отзыв о научном направлении украинского ученого, доктора технических наук, профессора Алексея Петровича Стахова / Ю.А. Митропольский // «Академия Тринитаризма». 2005. - Эл № 77-6567, публ.12452.