

Евгений Германович Воробьёв,  
к.т.н., доцент, заместитель начальника кафедры  
математического и программного обеспечения  
Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского  
(г. Санкт-Петербург)  
[vrbyug@mail.ru](mailto:vrbyug@mail.ru)

## **КВАНТОВОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ**

Доклад на 12-м заседании семинара

«Методологические проблемы наук об информации»

(Москва, ИНИОН РАН, 18 апреля 2013 г.)

### **Аннотация.**

Рассмотрены методологические проблемы представления информации и предложена научно обоснованная модель квантового представления информации, не зависящая от её реализации в микро- или макромире. Проанализирован вопрос о возможности достижения сохранности информации глобального масштаба в условиях воздействия антропогенных, техногенных и стихийных факторов. Определены возможности использования квантовой теории информации в прикладных целях.

## **Введение.**

В связи с растущей компьютеризацией общества в центре внимания разработчиков вычислительной техники постоянно находятся вопросы представления информации. До сих пор не решены вопросы оптимизации хранения, обработки и передачи данных, а также разработка методов обеспечения надежного восстановления информации в случае её потери.

В настоящее время возникла уникальная ситуация, когда объёмы хранимой информации значительно превышают объёмы обрабатываемой информации, что приводит к её повсеместному долговременному хранению. Способы хранения информации в ЭВМ сводятся к записи её на носители каждым пользователем в соответствии с выбранным им способом и с необходимой степенью подробности. В результате возникают проблемы поиска нужной информации отдельным пользователем на своей собственной ЭВМ, а также поиска информации в базах данных, локальных и глобальных сетях. Эти проблемы до конца не решены до сих пор.

Что же мешает быстрому, простому и надёжному доступу к информации?

Рассмотрим основные необходимые человеку виды информации, исходя из способа их представления в ЭВМ. Это графическая информация, доступная для восприятия через органы зрения человека, и звуковая, воспринимаемая через органы слуха. Основные виды графической информации – тексты, изображения (фотографии) и видеофильмы. Казалось бы, представление информации в ЭВМ в универсальном двоичном машинном коде должно было повлечь за собой разработку таких же уникальных, принятых во всем мире прикладных программ для обработки и хранения символьной (текстовой) информации, фотографий и видео различного качества. Подчеркну – **по одной на каждый вид представления**

**информации.** Тем не менее, число разработчиков уникальных форматов представления информации и специальных, несовместимых друг с другом программ для её обработки, хранения, сжатия и т.д., растёт год от года. Растёт количество копий зачастую одной и той же информации у огромного количества пользователей. Поэтому требуются всё бóльшие объёмы носителей информации и их количество. Ограниченное время работоспособности носителей информации приводит к необходимости иметь две-три копии особо ценной информации. Но сохранить всю информацию, собранную человечеством, сейчас уже невозможно.

В то же время угрозы доступности информации, связанные с воздействием антропогенных, техногенных и стихийных факторов, в особенности последних, способны привести к невосполнимым потерям огромных объёмов информации, зачастую критически важной для развития и даже существования человеческого общества. Таким образом, представление информации в виде записи на существующих носителях приводит к значительным затратам и не решает задачи надёжного восстановления информации в случае её потери (3).

Применение двоичной логики (за исключением элемента NOT) при построении современного парка вычислительных машин привело к использованию необратимых элементарных операций и вычислительных процессов в целом, разрушающих информацию, что заставляет сохранять каждый промежуточный результат работы с ней. Это не позволяет полностью задействовать функциональные возможности современных вычислительных систем, а также их подсистем резервного копирования.

В существующей системе телекоммуникации каждый «приёмник» стремится стать локальным хранилищем и обработчиком информации, или же, как минимум ретранслятором её, что приводит к массовому

копированию одной и той же информации. Из-за этого неэффективны все существующие системы файлового обмена, электронного документооборота и системы связи. К тому же ошибки К. Шеннона привели к созданию и массовому применению алгоритмов сжатия *с потерей информации*, что является прямым следствием неудачных технологий работы с файлами большого объёма. И, наконец, хотя сами вычислительные средства, а также действующие в них программы созданы и отлажены человеком, т.е. все шаги *процесса predeterminedены им заранее*, результат работы ЭВМ, по разным причинам, может быть достигнут или нет!

Конечно, для такого вывода существуют объективные предпосылки в лице упомянутых влияющих на информацию факторов. Но зададимся вопросом, настолько ли человечество в древние века было недалёководно, чтобы допускать потерю информации в условиях известных нам глобальных катаклизмов?

### **Пространственное представление информации.**

Появление квантовой теории информации, квантовых элементов и схем, в частности, обратимых вычислений, развитие нанотехнологий дают надежду на изменение привычного образа информационного мира. Но если не вернуть человеку понимание, какую информацию и где он уже имеет и имел всегда, нет смысла совершенствовать инструмент её измерения и отображения. Ограничимся кратким рассмотрением проблемы представления информации и её отражением в квантовой теории информации.

Информационная система и её состояния могут быть представлены положением во времени и пространстве, а энергетическое состояние определяется типом взаимодействия с внешними источниками (для них

рассматриваемая система может быть отражателем, накопителем, ретранслятором, или быть нечувствительной к данному виду энергии) или внутренним состоянием самой системы в том случае, если она сама является источником энергии. В информационных системах, созданных человеком, действуют сигналы, основанные на модуляции параметров энергетических потоков (по амплитуде, частоте, фазе, времени, четырём параметрам поляризации и т. д.). По сути, те же сигналы создаёт и окружающая человека среда. В технике они называются шумами и считаются помехой, хотя изначально предполагалось, что органы чувств человека и, возможно, его более тонкие субстанции воспринимают эти сигналы именно для информирования человека о состоянии окружающей среды и происходящих вокруг него процессах.

Представим себе процесс, описываемый обыкновенной синусоидой. Условимся считать все точки, находящиеся на положительных полуволнах, информационной «единицей», а на отрицательных – информационным «нулём». Представим, что произвольно взятая точка на оси времени определяет текущее состояние некоей, системы – 0 или 1. Почему это возможно? Потому, что существует математический закон  $y = \sin x$  и человек, построивший график этой функции. Человек ставит точку на этом графике, т. е. производит выбор. Относительно этой точки у системы есть прошлое и будущее, заранее определённое человеком в любой момент времени. Если бы созданная система знала о существовании человека и о законе своего существования, (т.е. обладала собственной волей и интеллектом) она бы могла определить очень много своих параметров, например, амплитуду в каждой точке, фазу, период и т.д. Если же нет, она имеет прошлое, записанное в виде истории, за время *собственных* наблюдений и неизвестное будущее даже в следующий ближайший момент времени, при этом она

должна создать для себя вероятностный прогноз будущего. Но даже если бы система знала своё будущее по старому закону, человеку достаточно было бы поменять, например, частоту графика и в той же точке состояние могло бы измениться на противоположное.

В известном нам мире состояние в каждой точке пространства-времени описывается **суперпозицией взаимодействующих друг с другом законов** – гласит принцип запутанности (quantum entanglement – *англ.*) квантовой теории информации. При этом состояние системы никак не отражает ни один из воздействующих на нее законов. Оно *определяется* соотношением состояний внешних законов, *не всегда наблюдаемых* системой.

Определим для себя как термин и **суперпозицию операций**.

А. Чёрч разработал подход, при котором изображение формулы является всего лишь единым символом, т.е. суперпозицией операций, пока мы не соберёмся ее применять для вычислений. Этот подход, в частности, активно используется в функциональном программировании при работе со списками.

В рамках нашего примера это означает следующее:

$$\text{Предмет в руке весит} = x + a \sqrt[4]{(x+a)^n} * \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x^k a^{n-k} = 6 \text{ кг.}$$

Описываемая система может реально измерить вес предмета и ничего не знать о формуле до тех пор, пока не заинтересуется вопросом: «А почему, собственно 6 кг?», или захочет поменять характеристики предмета ( $x$ ,  $a$ ,  $n$ ,  $k$  и т.д.).

Важное замечание: закон (формула) может быть записан системой или быть ей просто известен. Он существует вне системы, так как не ею создан. Для системы важно, что она может не тратить ресурсы на анализ и хранение

«трёхэтажной» формулы и результатов расчётов, если возможно их получение *в результате прямых измерений* и самое главное – *хотя бы один раз полученный результат нет необходимости пересчитывать заново*, его необходимо только зафиксировать. Неопределённость возможна, только когда задача решается в первый раз – есть исходные данные, есть закон, но неизвестен результат.

Рассмотрим в этом аспекте работу фон-неймановской ЭВМ. При нажатии на объект «Ярлык программы» мы должны получить на экране монитора *заранее определённое* программистом изображение с информацией (содержание информации в ней зависит от типа операции). На самом деле, чтобы это состоялось, в ЭВМ аппаратным и программным обеспечением, операционной системой производятся сотни промежуточных операций (прежде всего вычислительных) с неопределённым результатом, так как программа отработывает каждый раз все операции заново, как бы в первый раз.

На основании изучения квантовой теории информации и результатов разработки квантовых технологий у автора пришло понимание, что промежуточные операции можно убрать и рассматривать только начальное и конечное состояние системы – например, *всю* информацию в памяти компьютера до и после обработки информации, а также способ обратимого перехода, или преобразования, аналогичного симметричным отображениям итерации Гровера.

Состояние системы есть точка на некоторой сфере, т. е. отображается вектором в пространстве, проведенным из центра сферы и пересекающим ее поверхность. Поворот этого вектора и есть переход системы из некоего начального в конечное состояние.

Количество описываемых данной моделью состояний системы

определяется размером дискрета (расстояния между отсчётами) на воображаемой окружности в данной сфере. Если рассматривать количество отсчетов от некоторой точки до точки на конце вектора как натуральное число в двоичном виде отображающее информацию, то чем большее количество дискретов мы разместим в измеряемом отрезке, тем большую информацию можем отобразить. Это хорошо описывает современные нанотехнологические подходы к созданию ЭВМ. Квантовые технологии отражают пока лишь тенденцию продолжения микроминиатюризации, т.е. уменьшения размера компьютера и носителей до «невидимого» состояния. При этом забывается, что даже при нынешних размерах этих устройств в отсутствие компьютера информацию с электронного носителя «вручную» извлечь невозможно.

Наконец, важным шагом вперёд стало понимание того факта, что информацию можно «создавать», а не хранить постоянно, или находить во внешнем мире, опираясь на некоторые постоянные во времени процессы и явления. Тем самым был подтверждён ещё один факт, согласно которому информация может возникнуть при одномоментном измерении текущего состояния нужного количества динамических, упорядоченных во времени и пространстве процессов.

Приведём пример. Пусть датчик ЭВМ (например, видеокамера) следит за окнами жилого дома в вечернее и ночное время. Освещенное окно – «1», неосвещенное – «0». Окна в любом доме выстроены в столбцы и строки классической матрицы. Все окна меняют с течением времени свою освещённость. Стоит в нужный момент сделать «снимок», а затем проанализировать матрицу, и нужная информация получена. Универсальность машинного кода позволяет получить «назад» и текст, и изображение, и видеосюжет. Другой пример – спутник, летящий по орбите и

измеряющий текущую высоту над поверхностью Земли. Если все высоты вдоль линии пролёта измерены заранее, то всю информацию не надо хранить в бортовой ЭВМ. Достаточно в нужный, заранее известный момент сделать измерение, провести аналого-цифровое преобразование и внести в ЭВМ нужную информацию.

При использовании специальных технологий нужны конструкции для считывания информации возникают за счёт использования рекурсивных операций, аналогичных математическим операциям с фракталами. Запустив процесс один раз, необходимо чётко знать время измерения состояния системы и обработать полученную информацию.

### **Ёмкость пространственных состояний системы и их связь с квантовой теорией информации.**

Выше мы рассмотрели понятие точки, отображающей состояние системы. Теперь ответим на вопрос, сколько информации она может содержать. Это может кардинально изменить взгляд на представление информации. Дело в том, что из поля зрения современной науки выпали многие «подсказки» древних народов. Вспомним об афоризме «Что в малом, то и в большом», а также об обширном математическом наследии нашей цивилизации.

Представим отрезок в пространстве, имеющий фиксированные начальную и конечную точки  $A$  и  $B$  на некоторой поверхности, например, поверхности Земли и точку  $C$  внутри отрезка, отображающую необходимую информацию. До тех пор, пока не определён размер дискрета и не произведён расчёт их количества от точки  $A$  до точки  $C$ , последняя может отображаться в любой системе координат, например географических. Кроме того, в структурированном пространстве точка определяет направление

прямой, вектора или отрезка через неё проведенного. Если совместить центр такой сферы и центр Земли, можно, проведя вектор через точку  $C$ , зафиксировать в пространстве конкретное двоичное число произвольной длины.

Если поместить друг в друга несколько сфер и на каждой из них разместить и фиксировать точки прохождения векторов, отражающих переходы системы из состояния в состояние, или создавать конкатенацию двоичных кодов, можно получить суперпозицию в виде длинного натурального десятичного числа (числа отсчётов в каждой сфере в выбранной системе координат). Эта суперпозиция имеет обратимую математическую операцию перевода числа в двоичный вид, позволяющего получить состояние каждого бита. У древних народов часто встречается изображение лабиринта, в котором направление перемычек в «дорожках» и являлось точками, задающими направления необходимых линий в пространстве в каждой сфере.

В информатике существует понятие машины Тьюринга, в которой информация записана на бесконечной ленте, но имеет «окно» фиксированного размера для работы с информацией. Модель в предлагаемой системе отличается тем, что действительная часть комплексного числа – это реально существующая в памяти компьютера информация, а мнимая часть – это вся остальная информация, не имеющая такого физического воплощения. Тем не менее, её аналогом является отрезок на бесконечной прямой в пространстве.

Представим структурированное пространство ЭВМ, работающей с двоичным кодом, как последовательное изображение всех натуральных чисел от всех «0» до всех «1» в двоичном виде, выстроенное в столбец друг над другом в естественном порядке. На рис. 1 представлено поле байта,

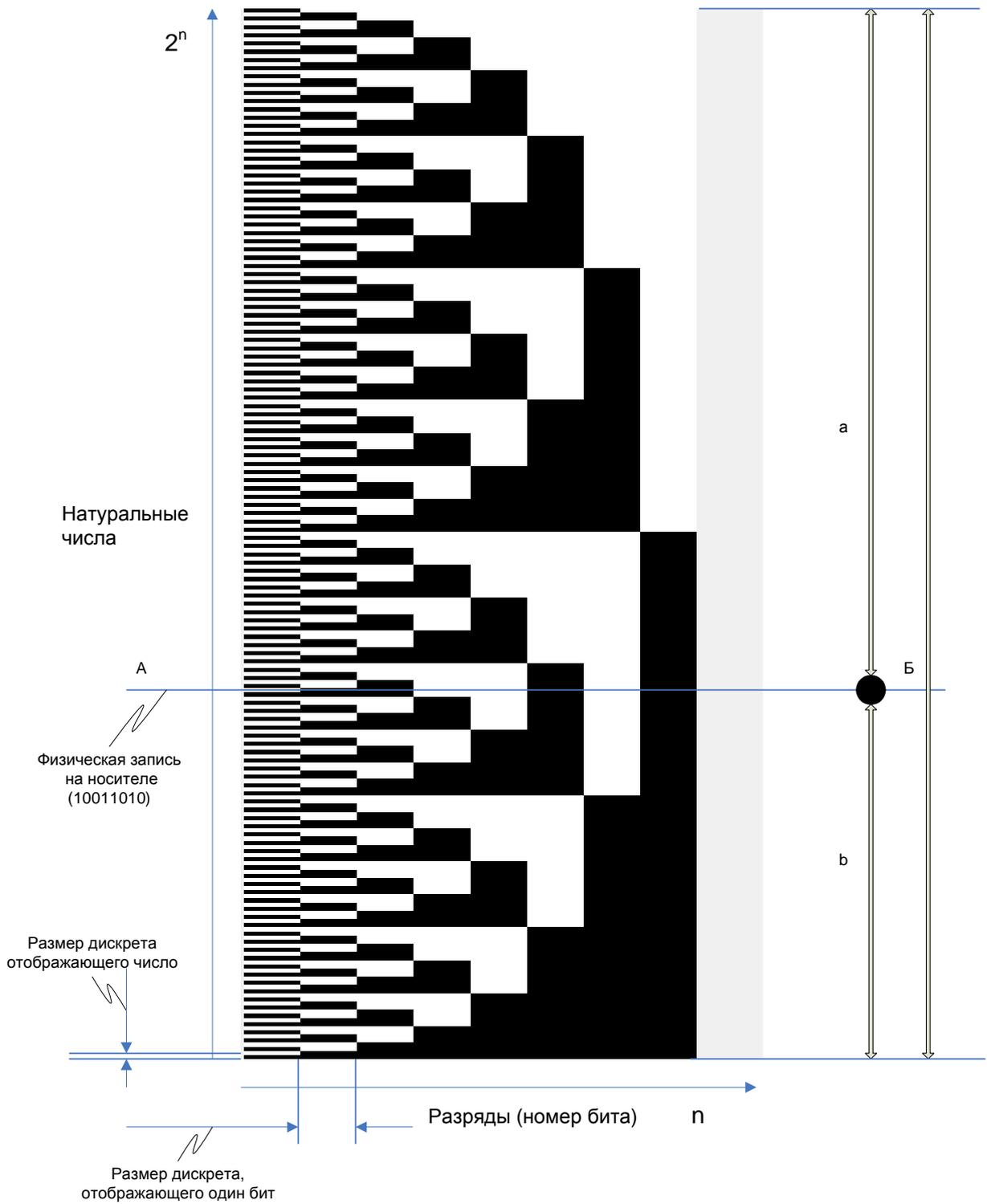
отражающее все его возможные состояния. Горизонтальная линия, проведенная в данном поле, позволяет считать вдоль неё все биты двоичной записи. Такие системы считывания применяются в настоящее время в преобразователях угол-код.

Получение произвольного состояния компьютера, означает переход от одной (исходной) линии двоичного поля к другой – требуемой (т. е. от числа к числу).

Нетрудно заметить, что наращивание количества разрядов не приводит к изменению фрактальной структуры поля. При этом имеют значение только значащие разряды числа. С другой стороны число «0» имеет произвольное число разрядов, в зависимости от длины действительной части записи на носителе информации.

На основании приведенных рассуждений можно описать текущее состояние записанной информации во всей памяти компьютера или в группе компьютеров как одно длинное двоичное число, которое имеет чёткое соответствие в десятичном виде, а при преобразовании в ASCII-код или другие форматы информации и в файловой системе.

Переход от кода любой произвольной длины к короткому коду аналогичен процедуре сжатия информации. Поэтому такое представление информации базируется на симметричных отображениях относительно осей, проведенных в пространстве, образуемом возможными реализациями двоичного кода длины  $n$ . Проблемой остаётся отображение в ЭВМ оси симметрии, так как она является числом по разрядности не уступающим уменьшаемому числу. В связи с этим потребовались поиск подходящих чисел в двоичном поле и разработка алгоритмов генерации таких чисел.



**Рис. 1. Поле двоичного кода байта**

(соотв. числам от 0 до 256, на рисунке темные области – 0, светлые – 1).

Все натуральные числа от нуля до бесконечности в упорядоченном виде могут быть представлены в виде матрицы, где количество столбцов – это число разрядов двоичного представления числа  $n$ , а число строк –  $2^n$ . Такой подход представляется правильным, поскольку в прикладных задачах рассматриваются носители информации с чётко ограниченными размерами памяти.

Изображение данного двоичного поля часто используют разработчики преобразователей «угол-код». Тем не менее, их разрядность обычно не превышает 32, что не позволяет отчётливо увидеть внутреннюю структуру двоичного поля. В то же время фрактальная структура такого поля позволяет судить, по крайней мере, о повторяемости двоичных структур в кодах при каждом увеличении  $n$  на единицу. О дополнительных свойствах такого поля и пойдёт речь далее. Обычно подчёркивается «случайность» внутренней структуры произвольных двоичных чисел. Тем не менее, при указанном представлении можно выявить числа, имеющие псевдерегулярную структуру.

В ходе исследований автором были выявлены псевдерегулярные структуры, которые по аналогии с псевдослучайными числами предлагается именовать псевдерегулярными числами (ПРЧ).

В качестве требований к ПРЧ были предложены следующие положения:

- 1) ПРЧ должно быть вычислимо;
- 2) количество операций для генерации ПРЧ, независимо от его длины, не должно превышать числа основания кода.

Для генерации и визуализации двоичных полей, а также исследования свойств ПРЧ (их двоичных кодов), был разработан специальный моделирующий комплекс (рис. 2).

Генерация двоичного поля производится для чисел размерности  $n$  (на

рисунке  $n=16$ , время визуализации поля на ПЭВМ с характеристиками: Pentium(R) 4 – 3ГГц, 2 Гб ОЗУ – 1 минута 57 секунд). Для изучения взаимосвязи величины числа и его двоичной структуры применена визуализация поля и проверка двоичных чисел.

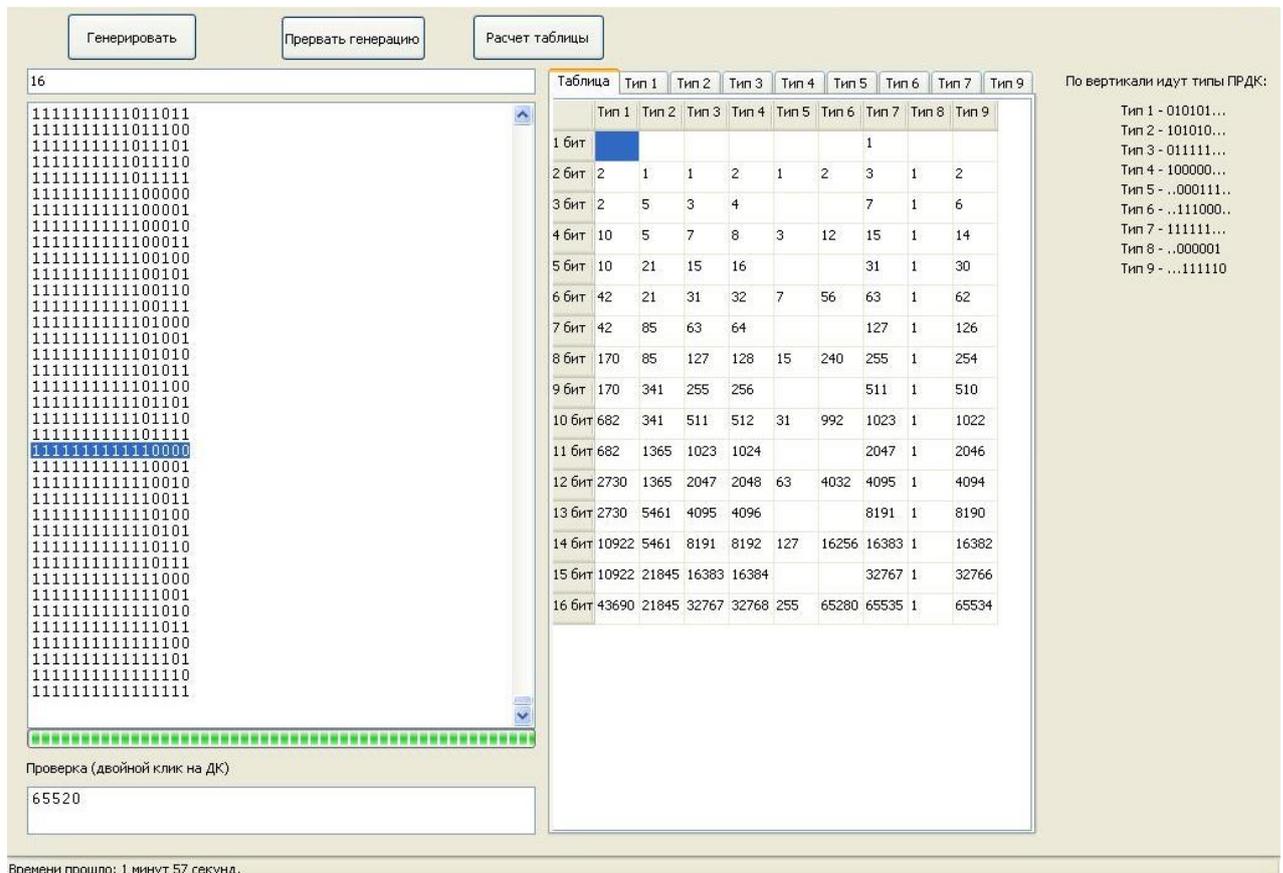


Рис. 2. Моделирующий комплекс

Основные исследования проводились на поле байта и двойного байта.

В табл. 1 приведены предлагаемые тип, вид и структура двоичных кодов чисел, предлагаемых рассматривать как псевдорегулярные. Две операции присваивания и их условия, характерные для ПРЧ показаны в графе «Структура». Таблица ПРЧ для поля двойного байта приведена ниже.

В ходе исследования были выявлены следующие результаты:

- Выведены формулы генерации ПРЧ всех типов для любой длины двоичного кода (представлены в табл. 1).

Таблица 1.

### Свойства псевдрегулярных чисел (ПРЧ)

№ п/п	Тип ПРЧ	Вид (младший разряд справа)	Структура (где $i$ - номер бита)	Формула генерации
1.	Тип 1	10101010	0 для нечётных $i$ 1 для чётных $i$	$N = \sum_1^{n-2} 2^n$ , для нечётных $n$ , $N = \sum_1^{((n+1)-2)} 2^n$ , для чётных $n$ , $n > 0$
2.	Тип 2	01010101	1 для чётных $i$ 0 для нечётных $i$	$N = \sum_0^{n-2} 2^n$ , для чётных $n$ , $N = \sum_0^{((n+1)-2)} 2^n$ , для нечётных $n$ , $n > 1$
3.	Тип 3	01111111	1 для $i \in [1, n-1]$ 0 для $i = n$	$N = 2^{n-1} - 1$ для всех $n$ , $n > 1$
4.	Тип 4	10000000	0 для $i \in [1, n-1]$ 1 для $i = n$	$N = 2^{n-1}$ для всех $n$ , $n > 1$
5.	Тип 5	00001111	1 для $i \in [1, n/2]$ 0 для $i \in [n/2+1, n]$	$N = 2^{n-2} - 1$ для чётных $n$ , $n > 1$
6.	Тип 6	11110000	0 для $i \in [1, n/2]$ 1 для $i \in [n/2+1, n]$	$N = 2^n - 2^{n/2}$ для чётных $n$ , $n > 1$
7.	Тип 7	11111111	1 для $i \in [1, n]$	$N = 2^n - 1$ для всех $n$
8.	Тип 8	00000001	1 для $i = 1$ 0 для $i \in [2, n]$	$N = 1$ для всех $n$
9.	Тип 9	11111110	0 для $i = 1$ 1 для $i \in [2, n]$	$N = 2^n - 2$ для чётных $n$ , $n > 1$
10.	Тип 10	00000000	0 для $i \in [1, n]$	$N = 0$ для всех $n$

- Тип 1 имеет повторяемость в смежных представлениях с чётным и нечётным количеством бит (например, число 10 является типом 1 ПРЧ для 4 и 5-битового представления).

- Тип 2 имеет повторяемость в смежных представлениях с четным и нечетным количеством бит со смещением в четную сторону (например, число 21 является типом 2 ПРЧ для 5 и 6-битового представления).
- Типы ПРЧ 5 и 6 существуют только для чисел с четным количеством бит.
- ПРЧ создают внутренние «линии» в поле, которые делят все поле на зоны, создавая тем самым его дополнительную внутреннюю структуру.
- Одни и те же числа могут иметь разный тип ПРЧ в зависимости от разрядности.
- Для всех  $n$  деление поля «линиями» ПРЧ имеет единые пропорции и расположение типов ПРЧ, в частности для числа с длиной 8 бит (рис. 3).

Тип	тип 8	тип 5	тип 2	тип 3	тип 4	тип 1	тип 6	тип 9	тип 7
Число	1	15	85	127	128	170	240	254	255

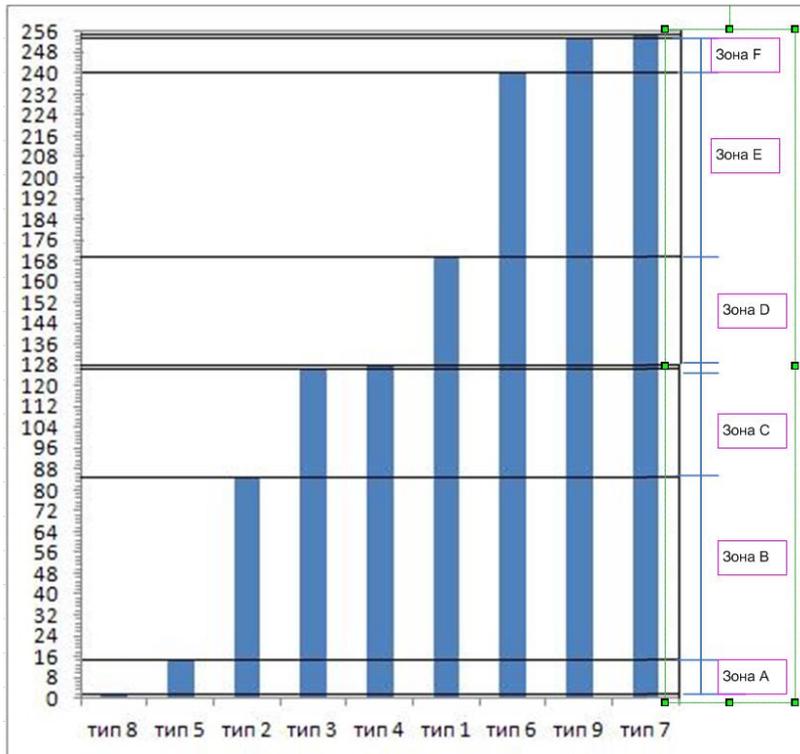
- Для сравнения приведем расположение типов ПРЧ для 16 бит:

Тип	тип 8	тип 5	тип 2	тип 3	тип 4	тип 1	тип 6	тип 9	тип 7
Число	1	255	21845	32767	32768	43690	65280	65534	65534

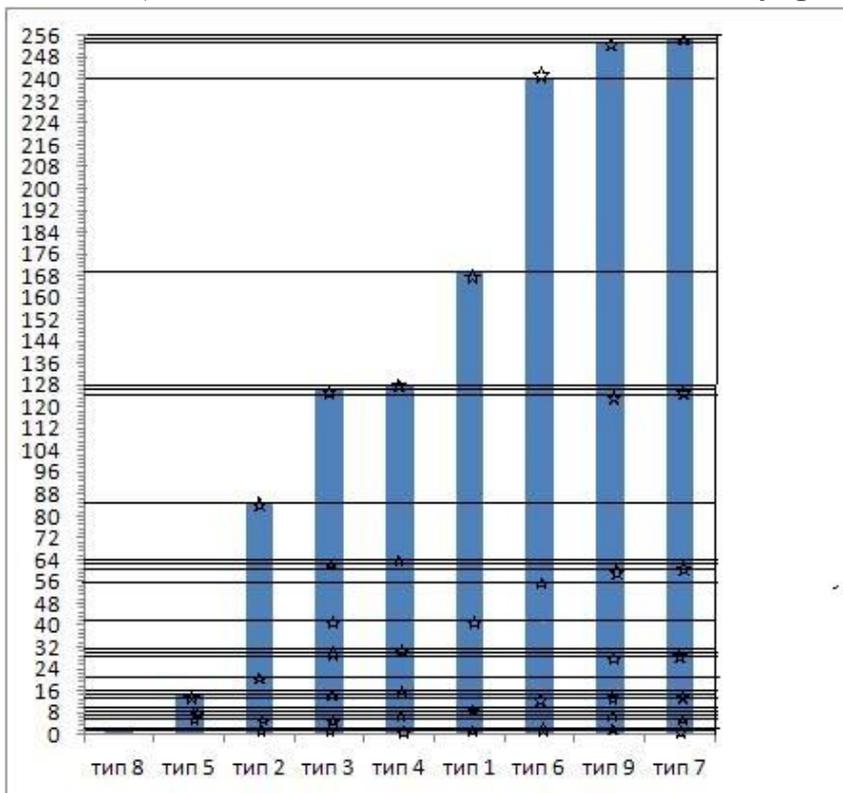
Как видно из рис. 3, зоны А и F, В и Е, С и D имеют одинаковую размерность и симметричны относительно средних линий поля (граница между зонами С и D).

Поле для чисел большей разрядности содержит все ПРЧ для полей меньшей разрядности. В связи с этим зоны А и В содержат самое большое число ПРЧ (рисунок 4).

ПРЧ 3,4,5,7 и 9 типов группируются относительно чисел кратных  $2^n$ . Типы 1,2 и 6 создают внутреннее дополнительное деление пространства между предыдущими типами.



**Рис. 3. Расположение ПРЧ для числа длиной 8 бит**  
(двоичные коды поля не показаны для упрощения)



**Рис. 4. Расположение всех ПРЧ для числа длиной 8 бит.**

ПРЧ типов 1-7 имеют разность между смежными числами типа -  $2^1, 2^3, 2^5$  и т.д., или  $2^0, 2^2, 2^4$  и т.д., что является характерным признаком ПРЧ.

При реализации алгоритма сжатия указанным выше способом появляются существенные особенности. В данном случае *нас не интересует внутренняя структура сжимаемого кода*. Речь идёт всего лишь об уменьшении числа значащих разрядов двоичного числа. Это – симметричное отображение на линию максимально близкую к линии, отображающей число «0».

Алгоритм такого сжатия был впервые предложен автором данного доклада в диссертационных исследованиях, посвящённых разработке методов применения квантовых технологий для обеспечения непрерывности функционирования вычислительных систем и сетей. Он заключается в проведении следующих операций:

- выбора требуемой линии (числа) результата,
- выбора ПРЧ числа наиболее близкого к результату деления исходного числа на 2,
- проведение вычитания из исходного числа – ПРЧ-числа,
- вычитание полученной разности из ПРЧ числа.

Такое математическое преобразование исходного двоичного кода, независимо от его длины даёт возможность получения числа максимально близкого к желаемому, в том числе и по количеству значащих разрядов. Остаётся только «убрать» лишние нули в правой части числа и оставшийся короткий значащий код записать на носитель.

Нетрудно заметить, что операция сжатия является в данной реализации обратимой операцией, что полностью согласуется с квантовой теорией информации.

### **Аналог квантовых протоколов передачи информации.**

Проведенные автором в последнее время исследования (2,3,4) показали, что эффект запутанности, описанный в квантовой теории информации и применяемый в квантовых протоколах связи, имеет аналогичную реализацию в обычных каналах передачи информации путём задания двух динамически изменяющихся двоичных кодов на приёмной и передающей стороне и задания математического или логического закона их взаимосвязи. В результате этого в канале формируется третий код, который и является структурой, переносящей информацию по аналогии с квантовыми физическими линиями передачи. В то же время состояния информационной составляющей в такой линии «развязаны» от промодулированных параметров несущего сигнала, что позволяет получить следующие дополнительные эффекты:

1) выделение информации на приёмной стороне только той станцией, которая находится в запутанном состоянии с передающей;

2) невозможность несанкционированной передачи информации троянскими программами в линию связи с эффектом запутанности;

3) возможность реализации передачи информации сигналами, содержащими только единицы или только нули;

4) при объединении с указанным выше методом сжатия информации возможна реализация телекоммуникационных систем с минимальным объёмом передаваемой информации и надёжным восстановлением или заменой любых элементов системы.

### **Заключение.**

Все объекты информационной инфраструктуры нашей планеты могут быть отображены во вложенных пространственных сферах как двоичный

код, привязанный к векторам, проходящим из центра Земли через точку на поверхности, под поверхностью, в воздухе или космическом пространстве в зависимости от того, где расположен такой объект. К этому коду можно приписать развёрнутое описание объекта и содержимое его памяти. Свёрнутая информация всех ЭВМ, включённых в такой контур, должна рассылаться на все ЭВМ централизованной системой по единому радиоканалу. Необходимые точки для отображения информации могут быть отмечены архитектурными сооружениями на поверхности Земли или опорными звёздами на небосводе.

### **Список литературы**

1. Валиев К.А., Кокин А.А. Квантовые компьютеры: надежды и реальность. – М.: РХД, 2004. – 320 с.
2. Воробьев Е.Г. Синтез квантового протокола передачи на основе модели ПМ-ПСП сигнала. //Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы/ выпуск №2. - СПб: СПбГПУ, 2008, с.71-75.
3. Воробьев Е.Г., Логвинов С.Л., Щесняк С.С. Модель ПМ-ПСП сигнала с динамическим управлением поляризационными параметрами сигнала. //Сборник алгоритмов и программ типовых задач/ выпуск №21 под ред. И.А.Кудряшова. – МО РФ, 2003.- с.211-225.
4. Воробьев Е.Г., Старобинец Д.Ю. Методика построения образа объекта на основе информационных слов фиксированной длины для организации передачи данных с использованием информационных признаков. //Сборник трудов молодых учёных академии. – МО РФ, 2007.- с.121-126.
5. Гровер Л.К. Квантовая механика помогает найти иголку в стоге сена. Пер. с англ. Под ред. В.А. Садовниченко // Квантовый компьютер & квантовые вычисления. Вып. I. – Ижевск: Ред. журн. «Регуляр. и хаотич. динамика»,

1999. – С. 101-109.

6. Кадомцев Б.Б. Динамика и информация. – 2-е изд. – М.: Изд. ред. журн. «Успехи физич. наук», 1999. – 400 с.

7. Китаев А.Ю. Квантовые вычисления: алгоритмы и исправления ошибок. // Успехи математ. наук. – 1996. – Т. 52. - Вып. 6 (318). – С. 54 –111.

8. Нильсен М., Чанг И. Квантовые вычисления и квантовая информация. – М.: Мир, 2006. – 824 с.

9. Рамбиди Н.Г. Нанотехнологии и молекулярные компьютеры. – М.: Физмалит, 2007. – 256 с.

10. Холево А.С. О пропускной способности квантового канала связи // Проблемы передачи информации. – 1979. – Т. 15. – № 4. – С. 3-11.