

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МИРОВЫЕ КОНСТАНТЫ. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация

Возможности ученых и инженеров ограничены конструкцией и свойствами атомов и молекул. В работе показано, что объем информации в атомах, аминокислотах и азотистых основаниях, их дифференциальная информационная емкость, масса атома водорода, структура и разность энергий его базисных состояний накладывают фундаментальные ограничения на память и быстродействие вычислительных устройств и информационных систем. Определены информационные мировые константы: информационная граница I_B , постоянная памяти I_M , постоянные быстродействия I_S , постоянная информационных затрат I_C . Обобщены и частично уточнены ранее полученные автором результаты. Эти константы определяют и ограничивают процессы формирования и развития естественных и искусственных объектов, в том числе, определяют срок действия закона Мура и его аналогов.

Ключевые слова: физические константы, информационные мировые константы, фундаментальные ограничения, объем информации, память, быстродействие

1. ВВЕДЕНИЕ

Физические мировые константы [1]: постоянная Планка h , гравитационная постоянная G , скорость света c , постоянная Больцмана k , ... - определяют характеристики и свойства Вселенной и всех физических систем, их формирование, развитие, взаимодействие и взаимопревращения, ... Они также определили возможность возникновения жизни.

Развитие производства запоминающих устройств и микрочипов связано с увеличением плотности записи информации на эти носители. Может создаться впечатление, что изобретение новых технологий увеличения плотности записи процесс постоянный.

«Человек всегда стремился к большему, желая не просто повторить изобретения природы но и превзойти их. До сих пор это ему не удавалось и, лишь с освоением нанотехнологий он может получить реальные шансы на воплощение своей давней «бредовой» мечты – присвоение функции Творца Вселенной, связанной с возможностью по своей воле создавать новый мир на основе биоорганомики, соединившей физику и молекулярную биологию» [2].

Однако, существуют фундаментальные ограничения, которые неминуемо остановят этот процесс и поставят земную цивилизацию перед выбором: либо

прекратить запоминать новую информацию, либо «стирать» накопленную ранее. Экспоненциальный рост объемов хранимой на нашей планете информации может привести к такому моменту неожиданно скоро. Возможности технологии ограничены конструкцией и свойствами атомов и молекул и информационными константами. В работах автора [3-8] показано, что объем информации во Вселенной ограничен, объем информации в атомах, аминокислотах и азотистых основаниях, их дифференциальная информационная емкость, масса атома водорода, структура и разность энергий его базисных состояний накладывают ограничения на память и быстродействие вычислительных устройств, информационных систем и затраты, необходимые для записи и передачи информации. Информационные ограничения определяют процессы формирования и развития естественных и искусственных объектов, в том числе, срок действия закона Мура и его аналогов.

2. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НА ОБЪЕМ ИНФОРМАЦИИ В ЕСТЕСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ

Впервые оценка объема информации в нашей Вселенной 10^{90} бит была дана в 1989 году в работе автора [3]. Данное ограничение является фундаментальным ограничением на сложность естественных и искусственных систем и является информационной мировой константой – *информационной границей* $I_B = 10^{90}$ бит. Эта же оценка была получена Lloyd Seth в 2001 году [9]. В работах [4-8] представлены оценки объема информации в элементарных частицах, атомах, молекулах, звездах, галактиках, ...и сделаны следующие выводы:

- 1) Причина и источник формирования информации – расширение Вселенной и ее исходная неоднородность. При расширении Вселенной изменяется ее фазовое состояние (симметрия) и кривизна пространства; формируются различные типы неоднородностей массы и энергии, в частности, возникают фундаментальные и элементарные частицы, галактические, звездные, планетные системы; формируются аминокислоты, азотистые основания, белки, ДНК, организмы, цивилизации.
- 2) Наиболее подходящими для формирования и хранения информации структурными единицами материи являются фермионы, а для передачи информации – бозоны.
- 3) При нарушении симметрии между слабым и электромагнитным взаимодействиями во Вселенной формируется 10^{90} бит информации.
- 4) «Информационный» механизм формирования частиц в инфляционной Вселенной порождает количество частиц, сравнимое с общепринятой оценкой числа частиц во Вселенной, порядка $10^{80} - 10^{90}$.
- 5) Степенное расширение Вселенной порождает неоднородности в объеме $\approx 10^{99} - 10^{107}$ бит, из них в обычном веществе $\approx 10^{90}$ бит.
- 6) Во Вселенной, в звездах содержится около 10^{80} бит информации.

7) Если в ядрах галактик находятся черные дыры массой $\approx 10^6 - 10^{10}$ солнечных масс, то объем информации во Вселенной составляет $\approx 10^{99} - 10^{107}$ бит.

8) Минимально возможный объем информации во Вселенной с преобладанием вещества $\approx 1,7 \cdot 10^{79}$ бит, а с преобладанием излучения $\approx 10^{91}$ бит.

9) Максимально возможный объем информации во Вселенной $\approx 10^{120}$ бит.

10) Рост объема информации при степенном расширении Вселенной $\propto \log_2 t$.
Уменьшение плотности информации при степенном расширении Вселенной $\propto \frac{\log_2 t}{t^2}$.

11) Рост объема информации при экспоненциальном расширении Вселенной $\propto \alpha t$.

12) Уменьшение плотности информации при экспоненциальном расширении Вселенной $\propto \frac{t}{e^{3\alpha t}}$.

Панов А.Д. в статье «Квантовая реальность, вычисления и искусственный интеллект» (в печати) использует информационную мировую константу – *информационную границу* $I_B = 10^{90}$ бит в качестве ограничения на возможности искусственного интеллекта. Он отмечает: «Фактически, для вычисления поведения некоторых практически важных квантовых систем требуются такие мощности классического компьютера или такие объемы вычислений, которые нельзя реализовать не только практически, но и принципиально, так как для вычислений будет необходимо время, превышающее возраст Вселенной, или размер компьютера будет таков, что его нельзя будет уместить внутри космологического горизонта событий. Например, для того, чтобы с использованием квантового алгоритма Шора разложить на простые множители 1000-значное двоичное число (обычная задача для перспективных квантовых компьютеров), квантовому компьютеру требуется память всего в несколько тысяч квантовых ячеек памяти – кубитов, в то время как классическому компьютеру для представления состояния такого квантового компьютера потребуется память порядка 21000 комплексных чисел – а это уже на много порядков больше объема информации, которая может быть записана во всем обычном веществе видимой части Вселенной (10^{90} бит). Поэтому реальные классические компьютерные симуляторы квантовых вычислений могут работать только с очень малоразмерными системами».

3. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НА ИНФОРМАЦИОННУЮ ЕМКОСТЬ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ СИСТЕМ

Существует несколько типов материи с разной зависимостью объема информации (информационной емкости) от массы [5-8]. Для обычного вещества $I = \beta M$, $f'(M) = \beta$. Дифференциальная информационная емкость обычного вещества не зависит от его массы. В настоящее время системы

строятся из обычного вещества. Для обычного вещества, содержащего в атоме, молекуле $I_{at, mol}$ бит информации на 1 бит информации необходима масса

$$\beta = \frac{I_{at, mol}}{m_{at, mol}}. \quad \text{Поэтому} \quad I = \frac{I_{at, mol}}{m_{at, mol}} M, \quad f'(M) = \frac{I_{at, mol}}{m_{at, mol}}.$$

Дифференциальная информационная емкость атомов разных элементов и, соответственно молекул, примерно одинакова.

Дифференциальная информационная емкость атомов, аминокислот, азотистых оснований определяют фундаментальные ограничения на информационную емкость устройств хранения данных [4-8, 10-11].

3.1. Ограничение, накладываемое дифференциальной информационной емкостью неживой материи.

Атомы - простейшие средства хранения информации. На основе оценки дифференциальной информационной емкости атомов – $\approx 10^{-28}$ бит/кг определяется нижняя граница G дифференциальной информационной емкости V искусственных устройств хранения данных $G \approx 10^{-28}$ бит/кг. Следовательно, информационная емкость I устройств хранения данных, построенных на базе атомов, не превосходит $10^{28} M$ бит, где M - масса устройства хранения данных. Т.к. в настоящее время дифференциальная информационная емкость устройств хранения данных $\approx 10^{14}$ бит/кг, то для устройств, построенных на базе атомов, она может быть повышена не более, чем в $\approx 10^{14}$ раз.

Ограничение (10^{28} бит/кг) является фундаментальным ограничением, накладываемым природой на информационную емкость естественных и искусственных систем и определяется как информационная мировая константа – *постоянная памяти* $IM = 10^{28}$ бит/кг.

3.2. Ограничение, накладываемое характеристиками атома водорода.

На один бит в атоме водорода, рассматриваемого как q-бит, природа тратит $m_H = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг. Следовательно, информационная емкость I устройств хранения данных, построенных на базе атомов водорода, используемых как q-биты, не превосходит $6 \cdot 10^{26} M$ бит, где M - масса устройства хранения данных масса водорода.

3.3. Ограничение, накладываемое дифференциальной информационной емкостью живой материи.

Белки, ДНК – простейшие естественные средства хранения информации. На основе оценки дифференциальной информационной емкости белков, ДНК –

$\approx 10^{-25}$ кг/бит определяется нижняя граница IM дифференциальной информационной емкости устройств хранения данных – и устройств построенных на базе комбинаций атомов, $IM \approx 10^{25}$ бит/кг. Следовательно, информационная емкость устройств хранения данных, построенных на базе комбинаций атомов, не превосходит $10^{25}m$ бит, где m - масса устройства хранения данных. Т.к. в настоящее время дифференциальная информационная емкость устройств хранения данных $\approx 10^{14}$ бит/кг, то для устройств, построенных на базе комбинаций атомов, она может быть повышена не более, чем в $\approx 10^{11}$ раз.

4. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ СИСТЕМ

4.1. Ограничения на производительность накладываемые энергией базисных состояний атома водорода

Разность энергий базисных состояний атома водорода [12], рассматриваемого как q-бит, накладывают фундаментальные ограничения на быстродействие вычислительных устройств. Согласно теореме Н. Марголиса и Л. Левитина [13] общее количество элементарных действий, которые система может выполнить в секунду, ограничено энергией: $k_{op/s} = 2E / \hbar$, где E – превышение средней энергии системы над энергией нижнего состояния или энергия активации $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,0545 \cdot 10^{-34}$ сДж – уменьшенная постоянная Планка.

Число операций, выполняемых атомом водорода как q-битом, ограничено $k_{op/s} = 2\Delta E / \hbar \approx 1,9 \cdot 10^{10}$ операций в секунду.

Ограничение $IS_H = 1,9 \cdot 10^{10}$ оп/с является фундаментальным ограничением, на быстродействие вычислений естественных и искусственных систем и определяется как *постоянная быстродействия базисных состояний атома водорода*.

Производительность компьютера массой один килограмм, построенного на базисных состояний атома водорода атомов водорода, не превышает $1,14 \cdot 10^{37}$ оп/с. Данное ограничение также является фундаментальным ограничением, на быстродействие вычислений естественных и искусственных систем.

4.2. Ограничения на производительность накладываемые энергией ионизации атомов

Энергия ионизация атома водорода также накладывает фундаментальные ограничения на быстродействие вычислительных устройств. Энергия

ионизация атома водорода равна $13,6 \text{ эВ} = 13,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{19} \text{ Дж} = 2,176 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$. Согласно теореме Н. Марголиса и Л. Левитина [13] общее количество элементарных действий, которые система может выполнить в секунду, ограничено энергией: $k_{on/c} = 2E/\hbar$, где E – превышение средней энергии системы над энергией нижнего состояния, $\hbar = \hbar / 2\pi \approx 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ сДж}$ – уменьшенная постоянная Планка. Число операций ограниченное энергией ионизация атома водорода равно $IS_{\text{H}} = 3,81 \cdot 10^{16}$ операций в секунду.

Производительность компьютера массой один килограмм, построенного из атомов водорода, не превышает $2,28 \cdot 10^{43}$ оп/с.

Энергии ионизация других атомов также накладывают фундаментальные ограничения на быстродействие вычислительных устройств. Максимальную энергию ионизация имеет атом гелия – $24,59 \text{ эВ} = 24,59 \cdot 1,6 \cdot 10^{19} \text{ Дж} = 3,934 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$. Поэтому число операций выполняемых атомами (не водорода), ограничено числом $IS_{\text{Al}} = 7,4 \cdot 10^{16}$ операций в секунду, а производительность компьютера массой один килограмм, построенного из атомов (не водорода), не превышает $1,12 \cdot 10^{43}$ оп/с.

4.3. Фундаментальное ограничение на производительность Бремерманна

Наиболее сильным ограничением является Фундаментальное ограничение на производительность Бремерманна [14]. Любые вычислительные системы массы M , ограничены максимумом энергии, которую они могут использовать. Это следует из того, что масса и энергия связаны уравнением Эйнштейна $E = mc^2$, где c скорость света в вакууме. Таким образом, $E_{\text{max}} = mc^2 = m \times 9 \times 10^{21} \text{ см}^2 \text{сек}^{-2} \approx m \times 10^{17} \text{ м}^2 \text{сек}^{-2}$.

Принцип неопределенности Гейзенберга, с другой стороны, дает предел точности, с которой энергия может быть измерена. Он утверждает $\Delta E \times \Delta T \geq \hbar$, где ΔE неопределенность энергии. ΔE определяется как отклонение от среднего значения E , ΔT – продолжительность измерения, \hbar – постоянная Планка. Таким образом, компьютер массы m с превышение средней энергии системы над энергией нижнего состояния или энергией активации ΔE_{max} в течение интервала времени ΔT может измерить не более

$$(E_{\text{max}}/\hbar) \cdot \Delta T = (mc^2/\hbar) \cdot \Delta T = (m \cdot 10^{17} / 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ м}^2 \text{сек}^{-2}) \cdot \Delta T \approx m \cdot 10^{50} \text{ бит.}$$

$(E_{\text{max}}/\hbar) \cdot \Delta T$ является безразмерной величиной).

Таким образом, любая машина массой m кг, обрабатывает в единицу времени не более $m \cdot 10^{50}$ бит/сек [14]. Иначе говоря, производительность компьютера массой 1 кг не превышает 10^{50} бит/сек.

Постоянная быстродействия Бремерманна IS_{B} (constant speed, performance Bremermann), определяемая законами физики, на частице массой равной массе атома водорода, не превышает $1,67 \cdot 10^{23}$ оп/с. $IS_{\text{B}} = 1,67 \cdot 10^{23}$ оп/с.

5. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПЬЮТЕРОВ

Память компьютера массой один килограмм, построенного из атомов водорода, не превышает $0,6 \cdot 10^{27}$ бит, а его производительность не превышает $2,28 \cdot 10^{43}$ оп/с.

В 1986 году американский инженер Эрик Дрекслер предложил использовать для производства нанороботов механические машины соответствующих (100—200 нм) размеров – нанороботы [2, 15-16]. Эти роботы должны были собирать устройство непосредственно из атомов, и были названы ассемблерами – сборщиками. Сборщик оснащен манипуляторами длиной в несколько десятков нанометров, двигателем для перемещения манипуляторов и робота, а также автономным источником энергии. Наноробот должен состоять из нескольких десятков тысяч деталей, а каждая деталь – из одной-двух сотен атомов. Важнейший узел наноробота – бортовой компьютер, который управляет работой всех механизмов, определяя какой атом или какую молекулу следовало захватить манипулятором и в какое место будущего устройства их поставить. Линейные размеры этого компьютера не должны были превышать 40—50 нм, а его объем равен $V_C \approx 10^{-22} \text{ м}^3$. В компьютере можно разместить 10^8 атомов водорода, следовательно, память компьютера наноробота, построенного из атомов водорода, не превышает 10^8 бит, а его производительность $\leq 10^{18}$ оп/с.

6. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НА ЭНЕРГИЮ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

«К фундаментальным понятиям теории информации относится термодинамический предел для энергии переключения классического логического элемента $(P \cdot \tau)_{\min}$, определяемый как предельное значение минимальной работы $W_{\min} = \Delta F$, которую необходимо сообщить логическому элементу для того, чтобы термодинамически обратимым образом перевести его в состояние, отличающегося от исходного только на один бит информационной энтропии. $(P \cdot \tau)_{\min} = \Delta F_{\min} = kT \cdot \ln 2 \approx 3 \cdot 10^{-21}$ Дж/бит. Информационный процесс в логическом элементе можно охарактеризовать также энергией, называемой энергетической ценой одного бита. Для случая наличия шумов предельное значение энергетической цены равно $kT \ln 2 \approx 3 \cdot 10^{-21}$ Дж/бит. $k = 1,3806489 \cdot 10^{-23}$ Дж/К» [17-18].

Поскольку $E = mc^2$, то к фундаментальным понятиям теории информации следует также отнести термодинамический предел для массы переключения классического логического элемента M_{\min} , определяемый как предельное

значение минимальной массы $M_{\min} = \Delta m$, которую необходимо передать логическому элементу для того, чтобы термодинамически обратимым образом перевести его в состояние, отличающегося от исходного только на один бит информационной энтропии.

В единицах массы термодинамический предел равен

$$M_{\min} = \frac{E_{\min}}{c^2} = \frac{(P \cdot \tau)_{\min}}{c^2} = \frac{k \cdot \ln 2}{c^2} T \text{ кг/бит.}$$

$$\text{При } T = 300\text{К } M_{\min} = \frac{k \ln 2}{c^2} \cdot T \approx 3 \cdot 10^{-38} \text{ кг/бит.}$$

Данное ограничение является наиболее сильным фундаментальным ограничением, накладываемым природой на затраты на запись и передачу информации в естественных и искусственных системах и является информационной мировой константой – постоянной *информационных затрат* $IC = 3 \cdot 10^{-38}$ кг/бит.

Закон Мура – эмпирическое наблюдение, изначально сделанное Гордоном Муром, согласно которому (в современной формулировке) количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, удваивается каждые 24 месяца. Часто цитируемый интервал в 18 месяцев связан с прогнозом Давида Хауса из Intel, по мнению которого *производительность* процессоров должна удваиваться каждые 18 месяцев из-за сочетания роста количества транзисторов и быстродействия каждого из них. В 2007 году Мур заявил, что закон, очевидно, скоро перестанет действовать из-за атомарной природы вещества и ограничения скорости света.

Поскольку информационная емкость I искусственных устройств хранения данных, построенных на базе атомов, не превосходит $10^{28} M$ бит, где M - масса устройства хранения данных, непосредственно используемая для хранения. Т.к. в настоящее время дифференциальная информационная емкость устройств хранения данных $\approx 10^{14}$ бит/кг, то для устройств, построенных на базе атомов, она может быть повышена не более, чем в $\approx 10^{14}$ раз. Для оценки принимаем, что емкость памяти удваивается каждые 24 месяца, каждые два года. Тогда предельное значение емкости памяти $10^{28} M$ бит, будет достигнута через 46,5 лет.

Оценка затрат на запись и передачу информации в Интернет.

Объем информации τ^i , проходящей через узел сети i равен $\tau^i = l^i \lambda^i$, где l^i - длина сообщений (в битах). Объем информации, проходящей через сеть в целом, равен

$$\tau = \sum_{i=1}^n \tau^i = \sum_{i=1}^n l^i \lambda^i.$$

Память компьютера массой один килограмм, построенного из атомов обычного вещества, не превышает 10^{28} бит, поэтому масса сети, в которой хранится τ бит информации должна быть не менее

$$m_{\text{хранения}} = \frac{\sum_{i=1}^n l^i \lambda^i}{10^{28}} \text{ кг.}$$

Производительность компьютера массой один килограмм, определяемая базисными состояниями атома водорода, не превышает $2,28 \cdot 10^{43}$ оп/с, поэтому масса сети, в которой обрабатывается в единицу времени τ бит информации должна быть не менее

$$m_{\text{обработки}} = \frac{\sum_{i=1}^n l^i \lambda^i}{2,28 \cdot 10^{43}} \text{ кг.}$$

Поскольку $m_{\text{хранения}} \gg m_{\text{обработки}}$, масса сети классических и квантовых компьютеров определяется объемом хранимой в сети информации τ и не

может быть менее $m_{\text{хранения}} = \frac{\sum_{i=1}^n l^i \lambda^i}{10^{28}}$ кг, а при современных технологиях хранения данных устройство массой 1 кг может хранить не более 10^{14} бит, то масса сети классических и квантовых компьютеров определяется объемом хранимой в

сети информации τ $m_{\text{хранения}} = \frac{\sum_{i=1}^n l^i \lambda^i}{10^{14}}$ кг.

Электронная почта передает 204 166 667 писем за одну минуту или 3402778 писем в секунду. При средней длине письма 1000 бит объем передаваемой информации составляет 3,4 Гбит/с. При средней длине письма 10000 бит 34 Гбит/с.

Объем хранящейся в Интернете информации удваивается приблизительно каждые полтора года. По оценкам IDC [19], в 2012 году суммарный объем контента Всемирной сети формируемой за год составил 2 500 экзбайтов ($2 \cdot 10^{22}$ бит). При этом в 2006 году в сети хранилось всего 161 млрд Гб данных ($1,3 \cdot 10^{12}$ бит).

При современных технологиях масса хранимой информации, формируемой за год, в сети классических компьютеров (интернет), не менее $2,5 \cdot 10^{22}$ бит / 10^{14} (бит/кг) = $2,5 \cdot 10^8$ кг = $2,5 \cdot 10^5$ тонн.

Абсолютный нижний предел массы хранимой информации, формируемой за год, в 2012 году при суммарном объеме контента Всемирной сети 2 500 экзбайтов ($2 \cdot 10^{22}$ бит) не менее $2 \cdot 10^{22}$ бит / 10^{28} (бит/кг) = $2,5 \cdot 10^{-6}$ кг = 2,5 миллиграмм.

Энергия необходимая для записи и/или передачи $2,5 \cdot 10^{22}$ бит равна $\approx 3 \cdot 10^{-21}$ Дж/бит $\times 2,5 \cdot 10^{22}$ бит $\approx 7,5 \cdot 10^{13}$ Дж.

Оценки сети Интернет приведены в таблице 1.

Таблица 1. Оценки сети Интернет

	Оценка сверху	Средняя оценка	Оценка снизу
Объем информации, формируемой за год	3,00E+23	3,00E+21	6,90E+20
Абсолютный нижний предел массы хранимой информации (кг)	3,00E-05	3,00E-07	6,90E-08

Масса хранимой информации при современных технологиях (кг)	3,00E+09	3,00E+07	6,90E+06
Энергия необходимая для записи и/или передачи информации (термодинамическая оценка)	9,00E+02	9,00E+00	2,07E+00
Энергия необходимая для записи и/или передачи информации (информационная оценка)	9,00E+15	9,00E+13	2,07E+13

7. СРОК ДЕЙСТВИЯ ЗАКОНА МУРА, ...

Закон Мура [20-21] — результат эмпирического наблюдения Гордона Мура, согласно которому (в современной формулировке) количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, удваивается каждые 24 месяца. Интервал в 18 месяцев связан с прогнозом Давида Хауса из Intel, по мнению которого *производительность* процессоров должна удваиваться каждые 18 месяцев из-за роста количества и быстродействия транзисторов. В 2007 году Мур заявил, что закон, очевидно, скоро перестанет действовать из-за атомарной природы вещества и ограничения скорости света. Поскольку информационная емкость I искусственных устройств хранения данных, построенных на базе атомов, не превосходит $10^{28}M$ бит, где M - масса устройства хранения данных, а в настоящее время дифференциальная информационная емкость устройств $\approx 10^{14}$ бит/кг, то для устройств, построенных на базе атомов, она может быть повышена не более, чем в $\approx 10^{14}$ раз. Полагая, что емкость памяти удваивается каждые 24 месяца, предельное значение емкости памяти $10^{28}M$ бит, будет достигнуто через 46,5 лет.

Аналогичные оценки сроков действия законов могут быть получены, например, для закона Крайдера [22], определяющего изменение стоимости хранения единицы информации на жестком диске; закона Баттерса [23] определяющего изменение пропускной способности сети и закона Нильсена [24], определяющего изменение полосы пропускания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) В работе показано, что наряду с физическими мировыми константами существуют информационные мировые константы:

- информационная граница (information border, limit) $IB = 10^{90}$ бит,
- постоянная памяти (constant memory) $M = 10^{28}$ бит/кг,
- постоянная быстродействия IS_H (constant speed, performance), определяемая базисными состояний атома водорода $IS_H = 1,9 \cdot 10^{10}$ оп/с.
- Постоянная быстродействия (constant speed, performance), определяемая энергией ионизации атомов водорода IS_{IH} , не превышает $3,81 \cdot 10^{16}$ оп/с.
- Постоянная быстродействия (constant speed, performance), определяемая энергией ионизации атомов (не водорода) IS_{IA} , не превышает $7,4 \cdot 10^{16}$ оп/с.

- Постоянная быстродействия Бренерманна IS_B (constant speed, performance Bremermann), определяемая законами физики на частице массы атома водорода, не превышает $1,67 \cdot 10^{23}$ оп/с.
 - Производительность компьютера массой один килограмм, построенного из атомов водорода, не превышает $2,28 \cdot 10^{43}$ оп/с.
 - Производительность компьютера массой один килограмм, построенного из атомов (не водорода), не превышает $1,12 \cdot 10^{43}$ оп/с.
 - Постоянная Бренерманна: производительность компьютера массой один килограмм не превышает 10^{50} оп/с.
 - Постоянная информационных затрат (information costs) $IC = 3 \cdot 10^{-38}$ кг/бит.
- 2) Данные константы следует добавить в ряд мировых констант: постоянная Планка h , гравитационная постоянная G , скорость света c , постоянная Больцмана k , ...
 - 3) Информационные мировые константы определяют процессы формирования и развития естественных и искусственных объектов, в том числе, определяют перспективы развития наномехатроники.
 - 4) Достичь данных мировых констант при исследовании и создании информационных систем невозможно – это ограничения, которые необходимо учитывать, это пределы к которым необходимо стремиться.
 - 5) На основе информационной мировой константы – *постоянной памяти* $IM = 10^{28}$ бит/кг определен срок действия закона Мура – 46,5 лет. Аналогичные оценки сроков действия законов могут быть получены для закона Крайдера, закона Баттерса, закона Нильсена.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Физические константы. Физический энциклопедический словарь. Том 5. Москва. «Советская энциклопедия». 1966. Стр. 315-316.
2. Теряев Е.Д., Филимонов Н.Б. Наномехатроника: состояние, проблемы, перспективы. Мехатроника, автоматизация, управление. 2010. № 1. С. 2-14.
3. Гуревич И.М. Законы информатики – основа исследований и проектирования сложных систем связи и управления. Методическое пособие. ЦООНТИ «Экос». М. 1989. 60 с.
4. Гуревич И.М. «Законы информатики – основа строения и познания сложных систем». Издание второе уточненное и дополненное. М. «Торус Пресс». 2007. 400 с.
5. Гуревич И.М. Информационные характеристики физических систем. Издание второе уточненное и дополненное. «Кипарис». Севастополь. 2010. 260 с.
6. Гуревич И.М., Урсул А.Д. Информация – всеобщее свойство материи: Характеристики, оценки, ограничения, следствия. ЛИБРОКОМ. Серия: Relata Refero. 2011. 312 с. ISBN 978-5-397-02634-5.
7. Гуревич Игорь. ФИЗИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИКА. LAP Lambert Academic

- Publishing.2012. 288с. ISBN: 978-3-8473-3873-4.
8. Igor Gurevich. Some works on physical informatics. LAP Lambert Academic Publishing. 2012-12-04 - ISBN-13: 978-3-659-30498-9.
 9. Lloyd Seth. Computational capacity of the universe. arXiv:quant-ph/0110141 v1 24 Oct 2001.
 10. Гуревич И.М. Фундаментальные ограничения на информационные характеристики систем. 3-я мультikonференция по проблемам управления. 7-я научно-техническая конференция. Мехатроника, автоматизация, управление». МАУ-2010. 12-14 октября 2010 г. Санкт-Петербург, Россия. Стр. 144-147.
 11. Гуревич И.М. Фундаментальные ограничения на емкость устройств хранения данных. Системы и средства информатики. Вып. 20, №2. ИПИ РАН. М. 2010. Стр. 240-254.
 12. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс Э. «Фейнмановские лекции по физике, т. 8, 9, «Мир», Москва, 1967, 1968.
 13. Margolus N., Levitin L.V. Phys. Comp. 96. T. Toffoli, M. Biafore, J. Leao, eds. NECSI, Boston. 1996. Physica. D 120, 188-195. 1998.
 14. Bremermann, H.J. Optimization through evolution and recombination In: Self-Organizing systems. 1962. Edited M.C. Yovitts et al., Spartan Books, Washington, D.C. pp. 93–106.
 15. Дрекслер К.Э. Машины создания. Грядущая эра нанотехнологии.
<http://filosof.historic.ru/books/item/f00/s00/z00000328>
 16. Эрлих Г. В. Мифы нанотехнологий. 4 июня 2010,
http://www.nanometer.ru/2010/06/04/12756380321857_214259.html
 17. Валиев К.А., Кокин А.А. Квантовые компьютеры: Надежда и реальность. Научно-издательский центр «Регулярная и хаотическая динамика». - Москва-Ижевск: 2001.
 18. Валиев К.А. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. УФН. Том 175. № 1, 2005.
 19. Объем информации в интернете удваивается каждые полтора года
<http://www.securitylab.ru/news/379852.php>
 20. Gordon E. Moore. Cramming more components onto integrated circuits. Electronics. Volume 38. Number 8. 1965.
 21. Закон Мура.
http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%9C%D1%83%D1%80%D0%B0
 22. Walter, Chip. "Kryder's Law". 2005. Scientific American. Verlagsgruppe Georg von Holtzbrinck GmbH.
<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=kryders-law&ref=sciam>
 23. "Gerald Butters is a communications industry veteran". Forbes.com. Archived from the original on 2007.
<http://web.archive.org/web/20071217231420/http://www.forbes.com/finance/mktg/uideapps/personinfo/FromPersonIdPersonTearsheet.jhtml?passedPersonId=922126>
 24. Jakob Nielsen. "Nielsen's Law of Internet Bandwidth". 1998.
<http://www.nngroup.com/articles/niensens-law-of-internet-bandwidth/>

Gurevich I. M. Information World Constants. Information limitations on the formation and development of natural and man-made objects

Abstract

The possibility of scientists and engineers are limited by nature — the structure and properties of atoms and molecules. It is shown that the volume of information in the universe is limited. The volume of information in the atoms, amino acids and nitrogenous bases, differential data capacity, the mass of the hydrogen atom, the structure and the energy difference between its basis states impose fundamental limits on memory and performance of computing devices and information systems. The article presents the information world constants: Information border IB , constant memory IM , constants speed IS , constant information cost IC . Summarized and partially modified by the author previously obtained results. These constants should be added to a number of fundamental physical constants. They define and limit the formation and development of natural and man-made objects, including, determine the validity of Moore's Law and its analogues.

Keywords: physical world constants, information universal constants, the fundamental information limitations memory, processing speed