

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА РАЗВИТИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ И ПЕРСПЕКТИВЫ НАНОКОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ

А.Я. Аноприенко

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет» (Донецк)

Представлены в виде периодической системы основные закономерности развития компьютерных систем. Кратко рассмотрены вытекающие из анализа периодической системы перспективы предстоящей наноконьютеризации.

Необходимость понимания и прогнозирования динамики развития компьютерных систем позволяет обеспечить максимальную эффективность исследовательских, проектных и эксплуатационных работ в области компьютерных наук и технологий.

На основе ряда авторских [1-12] и зарубежных [13-33] работ на текущий момент может быть предложена своеобразная периодическая таблица развития компьютерных систем, отражающая основные закономерности развития средств и методов компьютеринга (рис. 1).

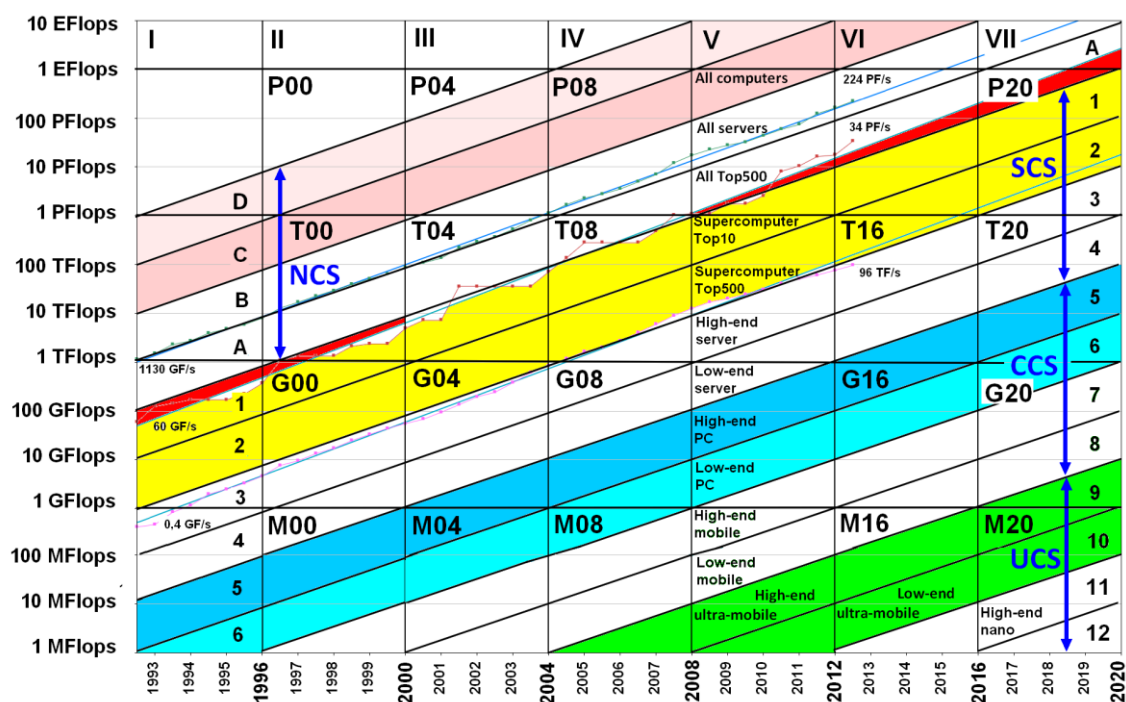


Рис. 1. Периодическая система роста производительности различных классов компьютерных систем

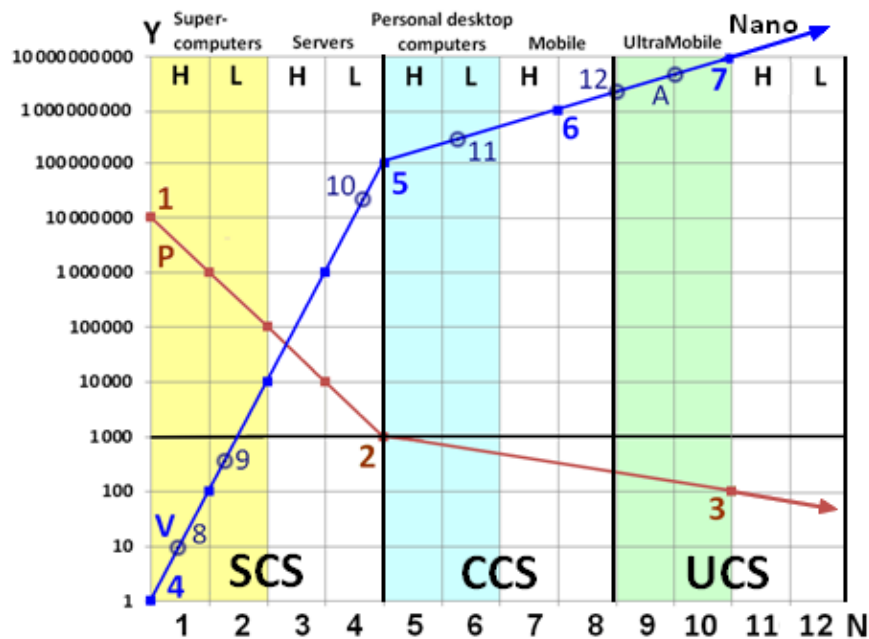
Основой для периодизации и классификации компьютерных систем является такой ключевой показатель как производительность. При этом могут быть выделены характерные группы классов: SCS (Server Computer Systems) – серверные компьютерные системы, к которым отнесены и суперкомпьютерные классы, включающие в себя наиболее производительные вычислительные серверы; CCS (Client's Computer Systems) – клиентские компьютерные системы; UCS (Ultra-mobile Computer Systems) – ультрамобильные и ультракомпактные компьютерные системы, включающие устройства «карманных» и более компактных форм-факторов. Все классы пронумерованы от 1 (наиболее мощные, как правило, единичные системы) до 12 (наиболее массовые наносистемы, появление которых прогнозируется ориентировочно в 2016-м году). По мере развития регулярно появляются новые классы – более компактные и массовые.

Добавлена также группа «сетевых классов» NCS (Network Computer Systems), представляющая собой потенциальное сетевое объединение ресурсов различных классов компьютерных систем: от Top500 суперкомпьютеров (класс А) до гипотетического суперкласса, объединяющего ресурсы всех существующих компьютерных систем и разного рода контроллеров (класс D).

С учетом того, что появление новых классов происходит примерно раз в 4 года, за которые производительность компьютеров в рамках одного класса увеличивается на порядок, целесообразно выделение характерных ячеек, ограниченных 4-летним диапазоном развития и производительностью в диапазоне трех порядков, объединяющих в каждом 4-летнем интервале 4 класса компьютерных систем. Структура каждой такой ячейки включает один класс, который за 4-летний период развития производительности выходит за пределы данной ячейки, 2 класса, развивающихся исключительно в пределах данной ячейки, и один класс, постепенно входящий в диапазон производительности, охватываемый данным классом. Обозначение таких ячеек целесообразно принять как состоящее из соответствующего буквенного символа (М – мегафлопсные системы, G – гигафлопсные системы, T – терафлопсные системы, P – петафлопсные системы) и двух цифр привязки к временной шкале, соответствующих двум последним цифрам завершающего года ячейки (при необходимости этот элемент обозначения может быть состоящим и из 4-х цифр обозначения года).

К данной периодической системе могут быть привязаны и различные прочие закономерности, описывающие изменение других характеристик компьютерных систем, в частности, закономерности

изменения стоимости и объемов производства компьютерных систем различных классов, представленные на рис. 2. В качестве примера на рисунке обозначены объемы производства различных классов компьютерных систем в 2010 г. [20, с. 5]: 8 – Top10 суперкомпьютеров, 9 – Top500 суперкомпьютеров, 10 – 20 миллионов серверов, 11 – 350 миллионов настольных персональных компьютеров, 12 – 1,8 миллиарда мобильных устройств (90 % которых могут быть отнесены к ультрамобильным в виде смартфонов и других устройств). Символом А обозначены 6 миллиардов ARM-процессоров, что в 20 раз больше общего количества произведенных в 2010 г. 80×86-процессоров, большинство из 300 миллионов которых были использованы в серверных и настольных персональных системах. Большинство ARM-процессоров (со сложностью порядка 100 тысяч транзисторов против миллиарда в 80×86-процессорах) использованы во встроенных компьютерных системах, объем производства которых приблизился в 2010 г. к 20 миллиардам. Графики на рис.2 представляют преимущественно усредненные значения соответствующих величин, реальный разброс которых может составлять плюс/минус порядок соответствующего значения



*Рис. 2. Графики изменения стоимости
(нисходящая ломаная P 1-2-3, для которой значения оси Y
соответствуют стоимости в долларовом эквиваленте)
и примерных объемов ежегодного производства
(восходящая ломаная V 4-5-6-7, для которой значения оси Y
соответствуют объемам производства в шт.)
для различных классов (N) компьютерных систем*

Для классов компьютерных систем 5-12 действует правило массового производства: удвоение общего производства приводит к снижению стоимости на 10-15 %.

Выпуск фирмой Intel в 2012 г. системы NUC (Next Unit of Computer) можно считать началом развития 11-го класса – класса нанокomпьютеров (рис. 3). На рис. 3 для сравнения рядом с типичным нанокomпьютером (1) представлен корпус классического персонального компьютера (2). В ближайшем будущем ожидается появление «разумной пыли» – десятков и сотен миллиардов беспроводных сенсорных нанокomпьютерных систем классов 12 и далее.

В 2015-2016 гг. технологические нормы при производстве процессоров преодолевают рубеж в 10 нм (рис. 4), что является основным признаком вступления в эпоху нанокomпьютеров и появления 12-го класса компьютерных систем.

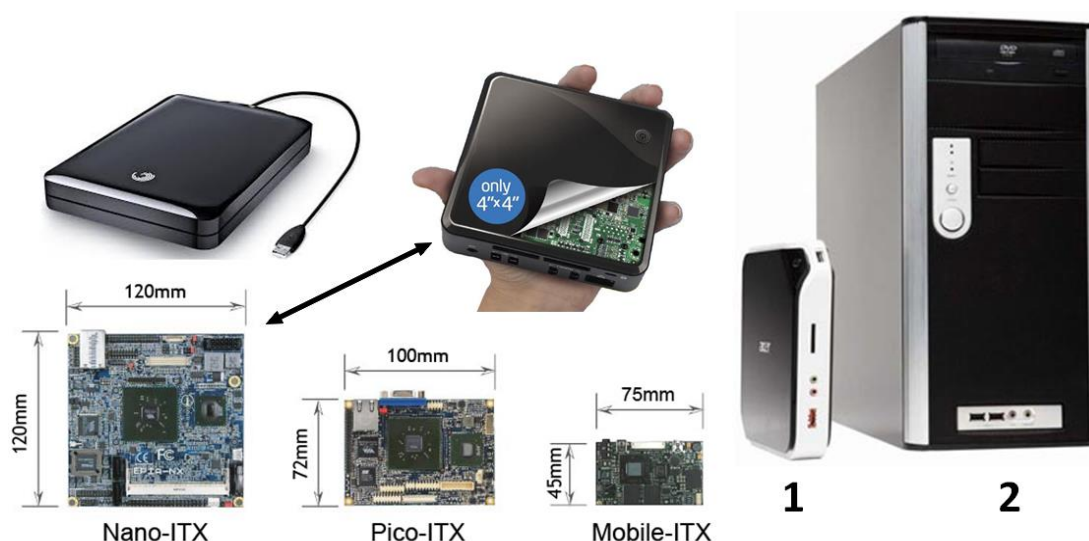


Рис. 3. Основные признаки поколения нанокomпьютеров: формфакторы Nano-ITX, Pico-ITX, Mobile-ITX и внешняя память на базе компактных мобильных носителей (слева вверху)

Если действие закона Мура продлится примерно до 2050 г., то пределом технологического развития при производстве нанопроцессоров станут размеры транзистора примерно в 0,1 нм, что соизмеримо с размером атома (рис. 5). Считается, что минимальный программируемый процессор должен содержать не менее 1 тысячи транзисторов (активных элементов), а, следовательно, его размеры будут порядка 1 нм, что соизмеримо с молекулами органических

веществ, например, глюкозы – основного продукта фотосинтеза, а также основного и наиболее универсального источника энергии для обеспечения метаболических процессов в организме человека и животных.

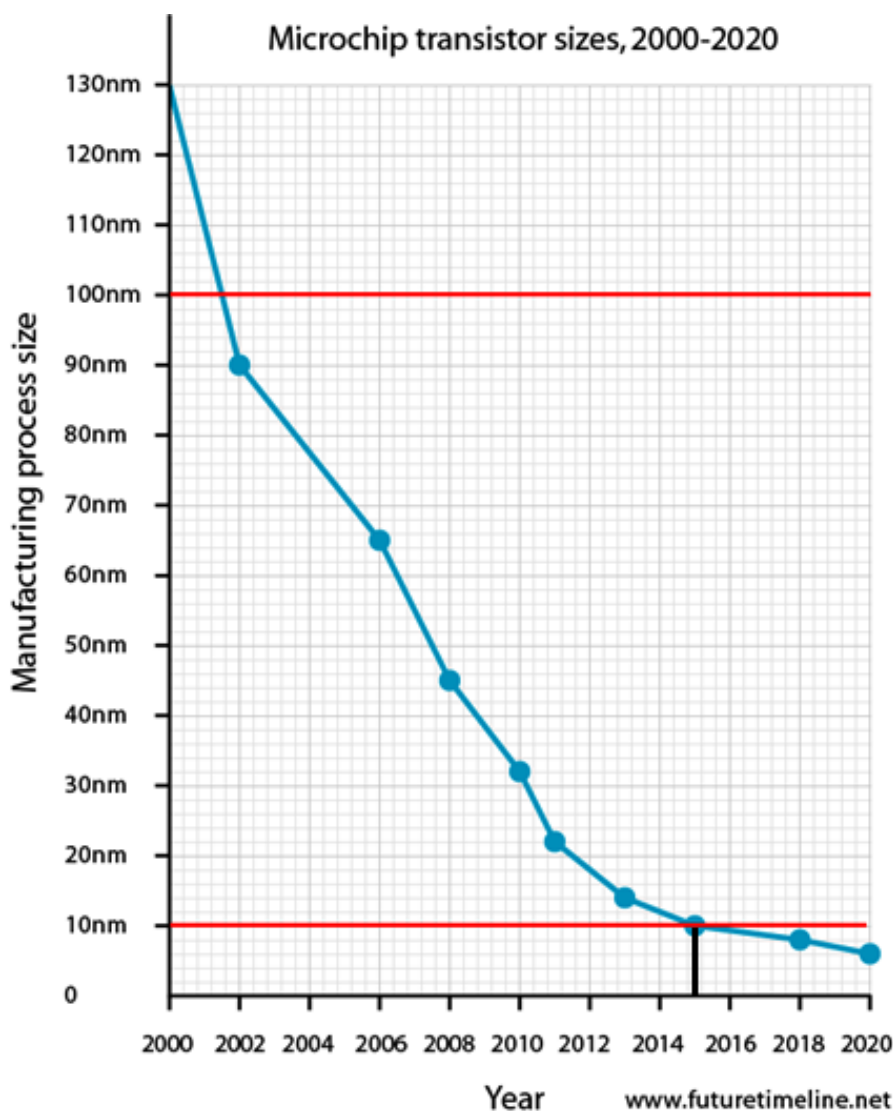


Рис. 4. Уменьшение размеров активных элементов (транзисторов) в процессорах с 2000 по 2020 г.

В целом, с учетом работ [1-12], можно сделать вывод, что достаточно полная периодическая система развития компьютерных систем может быть сформирована на основе известных ранее и выявленных автором эмпирических закономерностей развития как компьютерных систем в целом, так и отдельных их компонентов. Такая периодическая система позволяет достаточно хорошо объяснять динамику развития средств и методов компьютеринга в прошлом и уверенно прогнозировать их развитие в будущем. В частности, на

основе периодической системы можно достаточно ясно представить динамику предстоящего развития зарождающегося сегодня класса нанокomпьютеров.

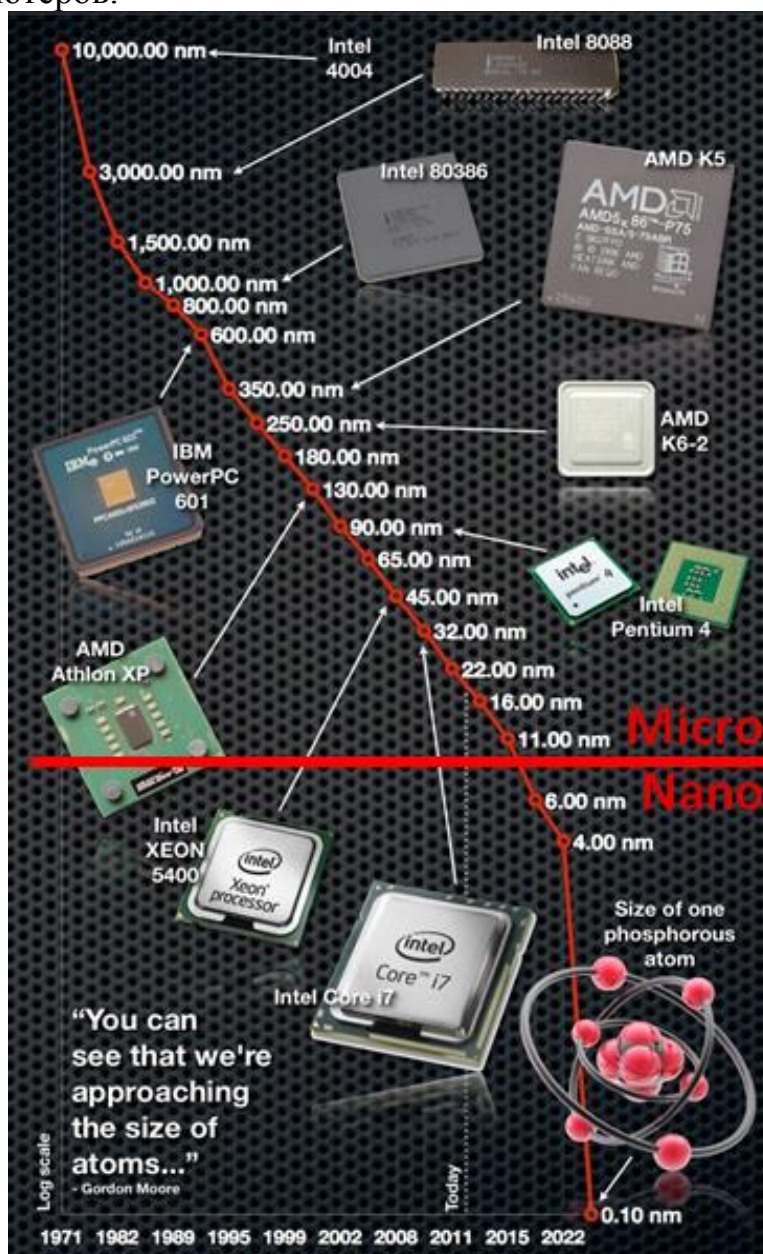


Рис. 5. Уменьшение размеров транзисторов определяет переход от эпохи микропроцессоров (выше горизонтальной красной черты) к эпохе нанопроцессоров (ниже красной черты). По данным Википедии.

Библиографический список:

1. Аноприенко, А.Я. Система закономерностей развития средств и методов компьютинга / А.Я. Аноприенко // Информационные

управляющие системы и компьютерный мониторинг (ИУС и КМ 2014): материалы V всеукр. науч.-техн. конф., 22-23 апр. 2014 г. / Донец. нац. техн. ун-т. – Донецк, 2014. - Т. 1. - С. 11-23.

2. Аноприенко, А.Я. Модели эволюции компьютерных систем и средств компьютерного моделирования // Моделирование и компьютерная графика: материалы пятой междунар. науч. - техн. конф., 24-27 сент. 2013 года / Донец. нац. техн. ун - т. – Донецк, 2013. - С. 403-423.

3. Аноприенко, А.Я. Закономерности развития компьютерных систем / А.Я. Аноприенко // Научная дискуссия: инновации в современном мире: сб. ст. по материалам XVIII междунар. заоч. науч.-практ. конф./ Междунар. центр науки и образования. – М., 2013. – № 10(18). - С. 19-29.

4. Аноприенко, А.Я. Современный компьютеринг и программирование / А.Я. Аноприенко // Информационные управляющие системы и компьютерный мониторинг (ИУС и КМ 2013): материалы IV всеукр. науч.-техн. конф., 24-25 апр. 2013 г. / Донец. нац. техн. ун-т. – Донецк, 2013. - Т.1. - С. 11-17.

5. Аноприенко, А.Я. Будущее компьютерных технологий в контексте технической и кодологической эволюции / А.Я. Аноприенко // Вестник инженерной академии Украины. - 2011. - Вып. 3-4. - С. 108-113.

6. Аноприенко, А.Я. Ноокомпьютеринг и будущее информационно-компьютерной инфраструктуры / А.Я.Аноприенко // Міжнародний науковий конгрес з розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та розбудови інформаційного суспільства в Україні: тези доп. , м. Київ, 17-18 лист. 2011 р. – К., 2011. - С. 12-13.

7. Аноприенко, А.Я. Компьютерные науки и технологии: следующие 50 лет / А.Я. Аноприенко // Информационные управляющие системы и компьютерный мониторинг (ИУС и КМ 2011): материалы II всеукр. науч.-техн. конф., 12-13 апр. 2011 г. – Донецк, 2011. - Т.1. - С. 7-22.

8. Аноприенко, А.Я. Постбинарный компьютеринг и интервальные вычисления в контексте кодологической эволюции / А.Я. Аноприенко, С.В.Иваница. - Донецк: ДонНТУ, УНИТЕХ, 2011. - 248 с.

9. Аноприенко, А.Я. Вызовы времени и постбинарный компьютеринг / А.Я. Аноприенко // Информатика и компьютерные технологии: материалы VI междунар. науч.-техн. конф., 23-25 нояб. 2010 г./ Донец. нац. техн. ун – т. – Донецк, 2010.- Т.1. – С. 13-31.

10. Аноприенко, А.Я. Компьютерные науки и технологии в прошлом, настоящем и будущем / А.Я. Аноприенко // Информатика и

компьютерные технологии: материалы V междунар. науч.-техн. конф., 24-26 нояб. 2009 / Донец. нац. техн. ун-т. – Донецк, 2009. – С.15-26.

11. Аноприенко, А.Я. Обобщенный кодологический базис в вычислительном моделировании и представлении знаний: эволюция идеи и перспективы развития / А.Я.Аноприенко // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия: Информатика, кибернетика и вычислительная техника (ИКВТ-2005). – Донецк, 2005. – Вып. 93. – С. 289-316.

12. Аноприенко, А.Я. Расширенный кодологический базис компьютерного моделирования / А.Я. Аноприенко // Информатика, кибернетика и вычислительная техника (ИКВТ-97): сб. науч. тр./ Донец. гос. техн. ун-т. – Донецк, 1997. - Вып.1. – С. 59-64.

13. Dutta, S. The Global Information Technology: Report 2010-2011. Transformations 2.0. 10th Anniversary Edition: World Economic Forum / S. Dutta, I. Mia. – Geneva, 2011. – 410 p.

14. Fuller, S.H. The Future of Computing Performance: Game Over or Next Level?: D.C. The National Academies Press / S. N. Fuller, L.I. Millett. – Washington, 2011. – 200 p.

15. Gantz, J.F. The Expanding Digital Universe: A Forecast of Worldwide Information Growth Through 2010: IDC Information and Data / J. F. Gantz. – Framingham, 2007. – 24 p.

16. Graham, S.L. Getting up to Speed: The Future of Supercomputing / S. L. Graham, M. Snir, C. A. Patterso. – Washington: The National Academies Press, 2005. – 306 p.

17. Gray, J. What Next? A Few Remaining Problems in Information Technology [Электронный ресурс]: Turing Lecture / J.Gray. – 1998.

Режим доступа:

<http://research.microsoft.com/apps/pubs/default.aspx?id=68743>. – Загл. с экрана. – Яз. англ.

18. Gray, J. What Next? A Dozen Information-Technology Research Goals / J. Gray // Microsoft Research Technical Report: MS-TR-99-50, June, 1999. – 1999. – 25 p.

19. Gray, J. Transaction Processing: Concepts and Techniques: Morgan Kaufmann Publishers / J. Gray, A. Reuter. – San Francisco, 1993. - 1070 p.

20. Hennessy, J.L. Computer Architecture: A Quantitative Approach. Fifth Edition / J. L. Hennessy, D.A. Patterson. – Elsevier, 2012. – 852 p.

21. Hilbert, M. Mapping the dimensions and characteristics of the world's technological communication capacity during the period of digitization (1986-2007/2010): Information document of 9-th World Telecom-

munication, Mauritius, 7-9, December, 2011/ / M. Hilbert; ICT Indicators Meeting (WTIM-11). – Mauritius, 2011. – 29 p.

22. Hilbert, M. The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information / M. Hilbert, P. López . // Science, APRIL. – 2011. – Vol. 332, issue 60. – P. 60-65.

23. López, P. Methodological and Statistical Background on The World's Technological Capacity to Store, Communicate, and Compute Information / P. López, M. Hilbert; United Nations ECLAC, Annenberg School of Communication. – 2012. – 302 p.

24. Moore, G. E. Cramming more components onto integrated circuits / G. E. Moore // Electronics. – 1965. – Vol. 38, issue 8. – P. 114-117.

25. Moore, G. E. Progress in digital integrated electronics / G. E. Moore // Proc. of the International Electron Devices Meeting (IEDM'75). - 1975. – Vol.21. – P. 11-13.

26. Schaller, R. Technological Innovation in the Semiconductor Industry: A Case Study of the International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS) / R. Schaller / George Mason University. – Fairfax, 2004. – 836 p.

27. Sharov, A.A., Gordon R. Life Before Earth / A.A. Sharov, R. Gordon; Cornell University Library's online archives arXiv.org. Submitted on 28 Mar 2013. – Режим доступа: <http://arxiv.org/pdf/1304.3381v1>.

28. Short, J.E. How Much Information? 2010. Report on Enterprise Server Information / J. E. Short, R. E. Bohn, C. Baru ; Global Information Industry Center. – San Diego, 2011. – 36 p.

29. Solomon, R. Electronic Part Life Cycle Concepts and Obsolescence Forecasting / R. Solomon, P. Sandborn , M. Pecht // IEEE Trans. on Components and Packaging Technologies, Dec. 2000. – P. 707-717.

30. Predicting the Path of Technological Innovation: SAW Versus Moore, Bass, Gompertz, and Kryder / A. Sood , G. M. James, G. L. Tellis, J. Zhu; Emory University, 2012. – 54 p.

31. Victor, N. M. RAMs as model organisms for study of technological evolution / N. M. Victor, J.H. Ausubel // Technological Forecasting and Social Change. – 2002. – Vol. 69, issue 3. – P. 243-262.

32. Nanotechnology Enhancement to Moore's Law / J. Wu, Y. Shen, K. Kitt Reinhardt, H. Szu // Applied Computational Intelligence and Soft Computing. – 2013. – 13 p.

33. Dean T. Scalable Neuroscience and the Brain Activity Mapping Project // Helen Wills Neuroscience Institute, April 19. – 2013.

Как правильно ссылаться на данный доклад:

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ
«ИННОВАЦИОННЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ДОНБАССА»**

Аноприенко А.Я. Периодическая система развития компьютерных систем и перспективы нанокompьютеризации // Инновационные перспективы Донбасса: Материалы международной научно-практической конференции. Донецк, 20-22 мая 2015 г. Том 5. Компьютерные науки и технологии. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2015. С. 5-13.