

О НЕСКОЛЬКИХ ПОКОЛЕНИЯХ БОЛЬШИХ ЭВМ В СССР И РФ В КОНЦЕ ПРОШЛОГО ВЕКА: С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Михаил Борисович Кузьминский

ИОХ им. Н.Д. Зелинского РАН, Москва, Россия, kus@free.net

Аннотация – Анализируются большие ЭВМ, разрабатываемые и производимые с 70-х по 90-е годы прошлого века в СССР и странах СЭВ, в основном в период активного применения БЭСМ-6 и ЕС ЭВМ. Приводятся данные об их применении, производительности и надежности в сопоставлении с альтернативными ЭВМ зарубежного производства. Кратко рассмотрен переходный период завершения развития линий БЭСМ и ЕС ЭВМ с переходом на применение зарубежной вычислительной техники.

Ключевые слова – ЕС ЭВМ, БЭСМ, надежность, производительность.

I. ВВЕДЕНИЕ

Разработчики и производители средств вычислительной техники во всем мире всегда стараются говорить прежде всего о преимуществах и умалчивать/нивелировать недостатки своей новой продукции. История чаще предполагает определенную широту изложения, а не углубленный анализ узкой области, и историческая оценка может оказываться неточной или даже ошибочной. В отечественных СМИ (имеются в виду сайты) очень часто появляются содержащие ошибки публикации об истории развития вычислительной техники в СССР.

Здесь важно и определенное сопоставление с ЭВМ, производимых и доступных в соответствующие времена в США, Японии и Западной Европе. Кроме того, важны не только знания и ощущения разработчиков, но и актуальность и оценка качества используемых ими средств вычислительной техники (они нужны именно потребителям). Строго говоря, это требует аккуратной статистической оценки, что в РФ стало реально возможным скорее только в нынешнем тысячелетии.

Наконец, важно отслеживать, как из прошлого порождается современность, и использовать знания истории для решения задач современности – например, чтобы не повторять ошибки прошлого. Ярким проявлением в историческом плане развития производства ЭВМ в СССР стала раздуваемая в СМИ в виде публикаций на сайтах «борьба» между БЭСМ и ЕС ЭВМ, что для СМИ естественно из-за потенциального внимания читателей. Но решение о начале производства ЕС ЭВМ действительно было очень не простым, и дало реальные поводы для публикаций на сайтах.

II. КРАТКАЯ СОПОСТАВИТЕЛЬНАЯ ИСТОРИЯ БОЛЬШИХ ЭВМ СССР, СТРАН СЭВ И ЗАРУБЕЖНЫХ ЭВМ КОНЦА ПРОШЛОГО ВЕКА

История ЕС ЭВМ и БЭСМ-6 достаточно широко рассматривается (см., например, [1, 2]). С точки зрения автора, наиболее интересными, взвешенными и подробными в оценках ЕС ЭВМ и их операционных систем можно считать работы [3] и [4] (близкая история про НИЦЭВТ имеется в [5]). Но все равно некоторые важные вещи остаются малоизвестными.

Теперь необходимо вкратце сказать собственно о БЭСМ-6 и ЕС ЭВМ. БЭСМ-6 сопоставляется нередко с CDC 1604 и 3600 фирмы *Control Data* (см., например, [6-8]), но имела собственную аппаратную и программную реализацию. ЕС ЭВМ базировались на *IBM System 360/System 370*, ставшей в 70-е годы фактически неким международным стандартом архитектуры [9]. ЕС ЭВМ также имела собственную аппаратную и программную реализацию, но ОС ЕС ЭВМ были функционально идентичны соответствующим ОС IBM.

В [3] указано на отсутствие поддержки со стороны ИТМиВТ АН СССР планов проектирования линии ЭВМ «Ряд» (будущих ЕС ЭВМ) на соответствующий запрос правительства. С точки зрения автора это выглядит вполне объяснимым, поскольку будущие ЕС ЭВМ первоначально уступали по производительности уже действующей БЭСМ-6 и не ориентировались на применение именно в научных расчетах. Например, старшая модель семейства ЕС ЭВМ-1, ЕС-1052 (1978 года выпуска) имела производительность 700 тысяч операций в секунду [3].

На заседании Государственной комиссии (руководитель – ак. А.А. Дородницын) в августе-сентябре 1969 г. было предложение и о другой ориентации – на компьютеры другой архитектуры английской

фирмы ICL [3]. А.А. Дородницын в конце 1969 года выступал против решения о копировании IBM S/360 [10]. Но потом, после принятого решения о развертывании ЕС ЭВМ, нужно было достигать прогресса в этой области, и он возглавлял межведомственные комиссии по приемке ЕС ЭВМ [10].

Хотя S/360 было далеко не единственным семейством ЭВМ, производимых разными фирмами, и обеспечивающим в том числе различные диапазоны производительности, ориентация на программную совместимость с мейнфреймами IBM соответствовала целям применения в самых разных областях, а не только в научных расчетах.

Базирование на поддержку ISA от IBM использовалось и другими известными фирмами – например, американской *Amdahl* (серии 470 и 580) [11]. В качестве европейских аналогов можно указать разработки ICL [12] (история этой фирмы представлена, например, в [13] и *Siemens*, мейнфреймы которой активно использовались в Европе (см., например, [14]), и в которых применялась операционная система BS2000 с единым пользовательским и программным интерфейсом для пакетной и интерактивной обработки. Правда, заключить лицензионное соглашение с IBM насчет ее ОС советским предприятиям в 1967 г. не удалось – хотя это сделали позднее *Amdahl*, *Fujitsu* и *Hitachi* [3].

В интервью знаменитый нидерландский ученый в области информационных технологий Дейкстра (*Edsger W. Dijkstra*) [15] заявил, что на конференции НАТО по программному обеспечению в 1969 году [16] он отметил, что копирование в СССР IBM 360 было великой победой США в холодной войне. Конечно, к этому надо относиться с учетом определенной предвзятости, характерной для ученого – по мнению автора, точнее было бы сказать, что замедление или остановка развития по линии БЭСМ принесла в СССР определенный существенный недостаток для научных расчетов, возможно, и в аэрокосмической отрасли (некоторое обоснование этого в смысле производительности имеется далее в обсуждении БЭСМ-6). А в СМИ появляются, естественно, публикации, где высказывание Дейкстры сочетается с другими необоснованными выводами [17].

С учетом сказанного выше, далее следует рассмотреть, что получилось благодаря появлению ЕС ЭВМ, сопоставляя это и с БЭСМ-6, включая производительность и надежность. ЕС ЭВМ в СССР отличались долгое время пониженной надежностью, в том числе по отношению к более старым М222, выпущенной в 1970 году (среднее время между сбоями для нее указано в [18] 500 часов); обычно так считается и по сравнению с БЭСМ-6 тоже [10].

Что касается надежности БЭСМ-6, нужно указать на оригинальную особенность работы этой ЭВМ с ОС Диспак, дающей возможность восстановления (продолжения) вычислений выполнявшейся программы после временного останова работы ЭВМ. Этим пользовались в ВЦ АН СССР при выполнении заданий, требующих несколько суток расчета. Через определенное время БЭСМ-6 можно было остановить для выполнения регламентной работы с аппаратурой, а потом продолжить расчет.

Но нужно иметь в виду, что количество выпускаемых ЭВМ разных моделей ЕС ЭВМ было кардинально больше, чем у ЭВМ их «предшественников», а сами модели выпускались в разных местах СССР и разных странах, и соответственно имели разную надежность. Причина пониженной надежности ЕС ЭВМ указана в [3] как относящаяся к изготовлению некачественной пластмассы для герметизации содержащих микросхемы корпусов (внешние накопители здесь не обсуждаются). Учитывая повышенные требования к проектируемым ЭВМ со стороны министерства обороны [3], жалко, что разработчики ЕС ЭВМ не смогли достаточно «надавить» на химических производителей путем задействования министерства обороны. Что касается производительности, укажем на [19], где представлены данные о сравнении производительности БЭСМ-6 и ЕС-1050. Модели от ЕС-1060 [3] и старше по производительности превзошли базовую БЭСМ-6.

Самая старшая модель ЕС-1068 для научно-технических задач имела производительность (смесь *Gibson-3*) 10 миллионов операций в секунду и включала два процессора с емкостью памяти по 16 МБ в каждом [20]. Планы по выпуску ЕС-1081 и далее уже не реализовались, так как в 1990-е годы развитие ЕС ЭВМ остановилось.

Важным расширением для НРС в ЕС ЭВМ могли служить матричные процессоры (МП) для ЕС ЭВМ, обеспечивающие выполнение векторных команд «умножить-и-сложить», работающие параллельно с ЦП. Это – ЕС-2345 (для ЕС-1045, производился в Ереване), ЕС-2335 (для ЕС-1035, НРБ), ЕС-2655 (интегрирован с ЦП в ЕС-1055, ГДР) [21]. Недостатком МП можно считать возможность работы только с одной моделью ЕС ЭВМ, а у некоторых МП – отсутствие работы с двойной точностью.

Наиболее интересным оказался более поздний МП ЕС-2706 (НРБ) [22]. Им пользовались, например, совместно с ЕС-1061 в ОИЯИ (Дубна), с ЕС-1068 в ВЦ СО АН СССР (с 8 ЕС-2706), а в ИКИ АН СССР к ЕС-1037 были подключены десять ЕС-2706 с общей пиковой производительностью 120 MFLOPS. В направлении векторизации тогда начали развиваться суперкомпьютеры [23], в том числе в Китае сделали

Galaxy YH-1 (определенный аналог *Cray-1* [23]). *IBM* выпускала мэйнфреймы *3090/VF* с векторными расширениями [23], но для ЕС ЭВМ были собственные разработки – например, ЕС-2706 можно считать аналогом *FPS AP-190L*. В отличие от «линии БЭСМ-6», в работе над созданием ЕС ЭВМ в соответствии с их широкой ориентацией академические научные организации так активно не участвовали, что видно из [3-5]. Но для работы с ЕС ЭВМ было разработано много оригинального программного обеспечения, из которых автору самым распространенным кажется телемонитор *PRIMUS*. Но для ЕС ЭВМ был еще получен уникальный опыт совместных разработок целым рядом стран.

Использование семейства ЕС ЭВМ в СССР не исключительно в научной области принесло огромные плюсы – как в областях «ненаучного плана» (массово – например, расчет зарплат), так и благодаря возможности использования созданного в разных странах продвинутого программного обеспечения, работающего на *IBM S/360* в самых разных областях применения. Учитывая, что производство ЕС ЭВМ охватило страны СЭВ [3], оптимальным автору представлялось бы (в те времена) продолжение работ по обоим направлениям; вопросы финансовых возможностей здесь не обсуждаются.

Как бы то ни было, старшие (и более поздние по времени выпуска) модели ЕС ЭВМ превосходили по производительности БЭСМ-6, а ставшая старшей модель ЕС-1066 достигла среднего времени безотказной работы 500 часов [24]. Но надо также отметить, что, например, *IBM 4381-R14* (мэйнфрейм *IBM*), используемый в ИОХ АН СССР в 90-е годы (приобретен как б/у), за весь период эксплуатации вообще не дал ни одного сбоя. В отличие от семейства ЕС ЭВМ, БЭСМ-6 отличалась полной оригинальностью в аппаратном и программном плане. Что касается аппаратных средств, в БЭСМ-6 от *CDC 3600* [25] отличалась даже разрядность слова.

Над операционными системами и компиляторами БЭСМ-6 работали сотрудники разных научных институтов, в том числе ИПМ АН СССР, ОИЯИ (Дубна) и МГУ (разработанных операционных систем было несколько *3 e b u u* – см., например, [26]). В этом участвовал и ВЦ АН СССР [27] (где ранее использовались БЭСМ-3 и БЭСМ-4). Это иллюстрирует широкое участие научных организаций СССР в данном процессе, а также и некоторых других стран (см. [26]). Кроме того, некоторые внешние устройства ЕС ЭВМ могли подключаться к БЭСМ-6 (см., например, [28]).

Складывается впечатление, что в начальный период после создания в 1967 году БЭСМ-6 с одним миллионом инструкций в секунду (*MIPS*) в СССР было небольшое отставание от соответствующих высокопроизводительных ЭВМ в США. Например, *CDC 6600*, с нацеленной при разработке производительностью 1 млн. инструкций в секунду [30] была создана в 1964 году (реально достигла большего). Интересно, что в современной *Wikipedia* о производительности в форме *MIPS* [31] не упоминается БЭСМ-6, но показано сильное отставание по *MIPS IBM System 370/158* в 1972 году от созданной 8 лет ранее *CDC 6600*.

В *google*-книге [32, р. 458, *Figure 3*] с изложением позиций США и НАТО о поставках ЭВМ американского производства приведены сравнительные данные о производительности ЭВМ в СССР и США от 1950-х до предположений США на 1970-е годы, и показано, что производительность БЭСМ-6 превышала производительность *CDC 3600* (а предположения США насчет производительности будущей, реально не созданной модели БЭСМ показывали близость с *CDC 7600* и усиление отставания производительности советских ЭВМ от американских при переходе на «Ряд»).

Но линия БЭСМ оказалась в определенном смысле прекратившей свое развитие на БЭСМ-6. Последующая история неоднократно освещалась, и здесь не рассматривается. После смерти ак. С.А. Лебедева в ИТМиВТ в 70-е годы образовалось несколько направлений. К однозначным потомкам можно отнести появившиеся Эльбрус-1К2 и Эльбрус-Б, являющегося расширением БЭСМ-6 и обеспечивающим режим совместимости с БЭСМ-6, а также АС-6 (см. [33] и на сайте ru.wikipedia.org).

В другом направлении в ИТМиВТ работали над новыми архитектурами процессоров. В многопроцессорных системах Эльбрус-1 и Эльбрус-2 [34], разработкой которых руководил ак. В.С. Бурцев, сменялась также технология производства, сильно повысилась производительность. Но этих моделей после БЭСМ-6 было выпущено совсем мало. Позднее в ИТМиВТ под руководством чл.-корр. Б.А. Бабаяна проектировался Эльбрус-3 с *VLIW*-архитектурой, а затем путем определенного слияния образовался также МЦСТ (Московский центр *SPARC*-технологий).

VLIW представлялся крайне перспективным направлением архитектуры, поддержанной *Intel* в *Itanium 2* [35], и *AMD* в *GPU* [36]. Небольшая история *VLIW*-процессоров имеется в [37]. Но большие трудности написания оптимизирующих компиляторов для *VLIW* остаются и до сегодняшнего дня; линия *Itanium 2* закрыта, а *AMD* сменила архитектуру своих *GPU* на *GCN* (без *VLIW*) [36]. В настоящее время применение *VLIW* в мире остается, в первую очередь, как возможный эффективный путь к работе во встроенных (*embedded*) системах (см., например, [38]), в первую очередь для цифровой обработки сигналов (*DSP*), в т.ч. изображений [37]. В РФ доступны современные процессоры архитектуры Эльбрус

и вычислительные системы на их базе (см. на сайте <http://www.mcst.ru/>).

Нужно также сказать, что за весь рассматриваемый в статье период средства вычислительной техники в СССР и СЭВ уступали разработанным и использованным в США. Однако до начала производства ЕС ЭВМ та же линия разработки БЭСМ для Европы была достаточно передовой; фактически в Европе можно было указать только одну знаменитую английскую фирму-разработчика *ICL* (в *Siemens* компьютерами занималась небольшая часть фирмы). Складывается впечатление, что основные проблемы для развития ЭВМ в СССР были технологические.

Что касается использования в начале 1990-х годов ЭВМ, произведенных не в СССР или странах СЭВ, то такой информации крайне мало. В качестве доступной информации можно указать на данные <https://en.topwar.ru/191202-rozhdenie-sovetskoj-pro-jel-berrouz.html>, где приведены по большей части данные об использовании в СССР ЭВМ от *Burroughs*. Но эта информация требует проверки, без которой доверять данным этого сайта, ориентированного на военные обзоры, нельзя.

Для поставок американских ЭВМ в СССР действовали ограничения СОСОМ, и из-за опасения применения этих ЭВМ в военных целях США такие поставки обычно не разрешали [32]. Ограничимся примерами из научных учреждений: в Дубне в ОИЯИ использовалась CDC 6500 [39]. В ВЦ РАН уже в двухтысячные годы применялся кластер с *Intel Itanium 2* в узлах. Насколько известно автору, эта *VLIW*-архитектура не получила здесь широкой поддержки программистов, в т.ч. поскольку достигаемая производительность после компиляции была очень сильно ниже пиковой. В ИОХ РАН после мэйнфрейма с *IBM 4381 R14* применялись серверы от *SGI* с процессорами известной *RISC*-архитектуры *MIPS* (в т.ч. *SMP*-сервер *POWER Challenge* с *R8000*). Вообще в РФ *SGI* оказалась в определенном смысле достаточно популярной – про нее читалось и студентам на лекциях [40].

Авторы указывали здесь некоторые ссылки на Википедии – но только относительно общеизвестных ситуаций. В общем случае это некорректно и для истории, поскольку может быть источником ошибок. Например, в последней мартовской версии мирового списка компьютерных фирм [34] в РФ указана только Т-платформа.

III. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе продемонстрированы преимущества и недостатки разработанных и применявшихся в СССР ЭВМ. Из изложенного следует, что в рассмотренный временной период в СССР было нужно развитие обоих направлений – ЕС ЭВМ и условной «линии БЭСМ», а в результате оба оказались закрытыми, и стала применяться в основном зарубежная вычислительная техника.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор благодарит Г.М. Михайлова, зав. отделом вычислительных систем и сетей ВЦ АН СССР, за предоставление информации об ЭВМ ВЦ АН СССР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Страницы истории отечественных ИТ / Сост. Э.М. Пройдаков. М.: Альпина Паблишер, 2017. Т. 3. 240 с.
2. Страницы истории отечественных ИТ / Сост. Э.М. Пройдаков. М.: Альпина Паблишер, 2018. Т. 4. 234 с.
3. https://www.computer-museum.ru/histussr/es_hist.htm
4. https://www.computer-museum.ru/histsoft/oper_es.htm
5. <http://www.nicevt.ru/istoriya/>
6. https://hmong.ru/wiki/Computer_systems_in_the_Soviet_Union
7. Мещеряков М.Г., Говорун Н.Н. Быстродействующие вычислительные машины в физических исследованиях // Вестник РАН. 1968. Т. 3. С. 14-23.
8. Ramanadham M., Sikka S. K., Chidambaram R. Structure determination of L s-threonine by neutron diffraction // Pramana. 1973. Vol. 1. Pp. 247-259.
9. <https://www.fujitsu.com/my/about/corporate/history/1970-1979/episode.html>
10. Дородницына В.В., Евтушенко Ю.Г., Шевченко В.В. А.А. Дородницын. Жизнь как время дерзновенное (к 105-летию со дня рождения): биография. М.: Галлея-Принт, 2015. 466 с.
11. O'Regan G. Amdahl 470 and 580 Computers // The Innovation in Computing Companion: A Compendium of Select, Pivotal Inventions. 2018. Pp. 19-21.
12. Campbell-Kelly M. ICL and the Evolution of the British Mainframe // The Computer Journal. 1995. Vol. 38. № 5. Pp. 400-412.

13. <https://archivesit.org.uk/contributions/icl/>
14. Butscher B., Bauerfeld W.L., Popescu-Zeletin R. A remote data access system in the HMI computer network // Datenbanken in Rechnernetzen mit Kleinrechnern: GI-Fachtagung mit Unterstützung durch das German Chapter der ACM, 11/12. April 1978, Kernforschungszentrum Karlsruhe. Springer Berlin Heidelberg, 1978. Pp. 185-196.
15. Edsger D., Misa T. J. An interview with Edsger W. Dijkstra // Communications of the ACM. 2010. Vol. 53. № 8. Pp. 41-47.
16. Randell B., Buxton J. N. Software Engineering Techniques: Report of a conference sponsored by the NATO Science Committee. Rome, Italy, 27th-31st October 1969. 1970.
17. <https://habr.com/ru/post/483264/>
18. <https://uic.vsu.ru/ccmuseum/comp/es1020/index.htm>
19. Усов С.А., Чайковский М.Г. Сравнение производительности БЭСМ-6 и ЕС-1050 на некоторых простых задачах. М., 1974. Препринт ИПИМ АН СССР № 42. 12 с.
20. <https://www.computer-museum.ru/histussr/es1068.htm>
21. Семерджян М.А., Налбандян Ж.С. Матричный процессор ЕС-2345. М.: Финансы и статистика, 1984. 132 с.
22. <https://www.zitbg.com/index.php/ru/node/148>
23. Dongarra J., Duff I.S. Advanced architecture computers // Supercomputing in Engineering Analysis. CRC Press, 2020. Pp. 19-62.
24. <https://www.computer-museum.ru/histussr/24.htm>
25. Cody W.J. Double-precision square root for the CDC-3600 // Communications of the ACM. 1964. Vol. 7. № 12. Pp. 715-718.
26. Мазный Г.Л., Программирование на БЭСМ-6 в системе «Дубна». М.: Наука, 1978. 272 с.
27. Курочкин В.М. и др. Транслятор АЛГОЛ-БЭСМ-6 // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1969. Т. 9. № 5. С. 1221-1222.
28. Аниховский В.Е. и др. Общие принципы подключения и использования накопителей на магнитной ленте ЕС-5012 на ЭВМ БЭСМ-6, ОИЯИ, 11-8427, Дубна, 1974. 15 с.
29. Программное обеспечение ЭВМ БЭСМ-6. Библиографический указатель литературы за 1964-1976 гг. БЕН АН СССР, 1960. 60 с.
30. Thornton J.E. The CDC 6600 project // Annals of the History of Computing. 1980. Vol. 2. № 4. Pp. 338-348.
31. https://en.wikipedia.org/wiki/Instructions_per_second
32. Commission on the Organization of the Government FOR the conduct of FOREIGN POLICE June, 1975 Volume 4. Appendix K: Adequacy of Current Organization: Defense and Arms Control https://books.google.ru/books/about/Commission_on_the_Organization_of_the_Go.html?id=RZKGAAAAIAAJ&redir_esc=y
33. <https://monoreel.ru/БЭСМ-6>
34. http://elbrus.ru/elbrus_arch
35. Huck J. et al. Introducing the IA-64 architecture // IEEE micro. 2000. Vol. 20. № 5. Pp. 12-23.
36. Mantor M. AMD Radeon™ HD 7970 with graphics core next (GCN) architecture // 2012 IEEE Hot Chips 24 Symposium (HCS). IEEE, 2012. Pp. 1-35.
37. Wolfe A. VLIW Architecture Emerges as Embedded Alternative (2001) <https://www.embedded.com/vliw-architecture-emerges-as-embedded-alternative/>
38. Karthihaa A. et al. Design and implementation of VLIW DSP processors for high ended embedded based systems // AIP Conference Proceedings. AIP Publishing LLC, 2021. 2378, 020002.
39. <https://lit.jinr.ru/ru/About/History>
40. <https://intuit.ru/studies/courses/45/45/lecture/1362>