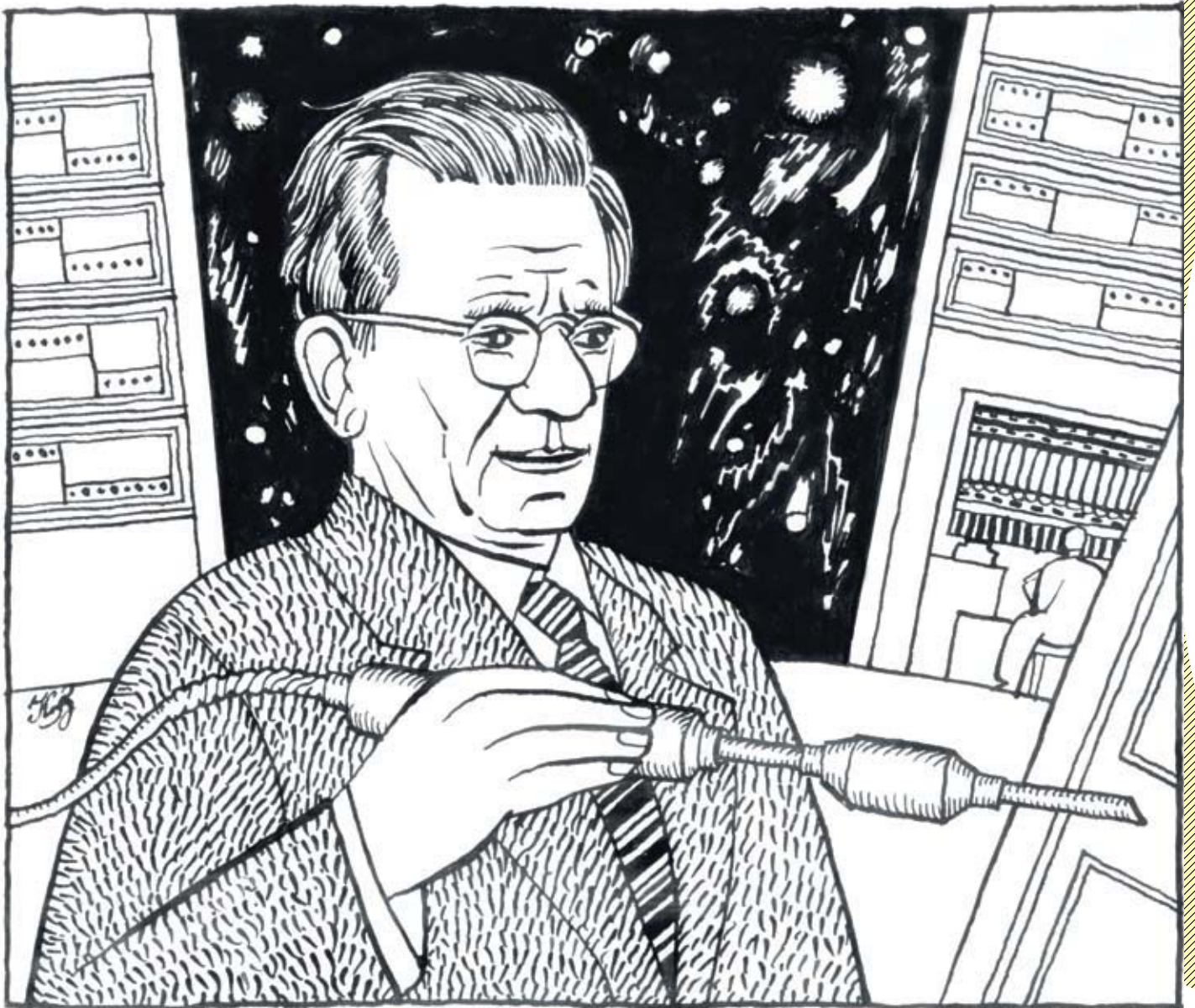


# Покоритель диджитального космоса

Текст Владимир Тучков  
Иллюстрации Виктор Коваль



Сейчас в это непросто поверить, но в отечественной истории существовал период, когда мы были впереди планеты всей не только в области балета и покорения космоса. В 60-е годы прошлого века советское компьютеростроение, соперничая с американским, порой выпускало самые мощные в мире машины. И основная заслуга в этом принадлежит академику Сергею Алексеевичу Лебедеву, создателю легендарных ЭВМ семейства БЭСМ

### Энергия для диктатуры пролетариата

Он родился 2 ноября 1902 года в Нижнем Новгороде в семье учителя-народовольца Алексея Ивановича Лебедева. В 1928 году Сергей Алексеевич Лебедев окончил МВТУ им. Баумана и остался преподавать в училище на кафедре электротехники. Параллельно с этим его принял младшим научным сотрудником во Всесоюзный электротехнический институт им. Ленина (ВЭИ). Однако до компьютеров дело дошло лишь почти 20 лет спустя.

Советская Россия, затеявшая грандиозную индустриализацию, остро нуждалась в электроэнергии, а не в эфемерных машинах, необходимость которых опровергалась армией счетоводов, лихо щелкавших костяшками счетов и крутивших ручки арифмометров «Феликс». Через два года после получения диплома Лебедев вступил в должность заведующего лабораторией электрических сетей в ВЭИ. В 33 года стал профессором. В 1938 году был назначен научным руководителем грандиозного проекта по созданию рекордной по мощности и

дальности ЛЭП Куйбышев-Москва. Лебедев демонстрировал не только научную одаренность, но и человеческое мужество. В 1937 году он принял к себе в лабораторию уволенного из соседнего отдела «на всякий случай» талантливого ученого Андроника Гевондовича Иосифьяна, который был «опасен» в связи с тем, что его отец был армянским священником и дашнаком; бесстрашно отбил у ретивых кадровиков и молодого вузовского выпускника Анатолия Владимировича Негушила, написавшего в анкете, что он поддерживает связь с отцом, числившимся «врагом народа». С началом войны Лебедев переключился на военную проблематику. В эвакуированном в Свердловск ВЭИ он занимался созданием механизма стабилизации танкового орудия во время движения машины, а также авиационными торпедами, самонаводящимися на излучающие или отражающие надводные цели. Помимо основной работы необходимо было еще и выезжать на лесозаготовки, где за 11-часовой рабочий день профессор со своим коллегой Дмитрием Вениаминовичем Све-

чарником при помощи двуручной пилы валили по сотне деревьев.

### Первые шаги на ощупь

Советские ученые занялись разработкой ЭВМ почти на 10 лет позже своих западных коллег. В Великобритании в 1943 году был запущен первый в мире ламповый компьютер Colossus, предназначенный для дешифровки перехваченных германских радиোগрамм. В Пенсильванском университете США в 1946 году был запущен 30-тонный монстр ENIAC с 18 тысяч ламп внутри, пожиравший 150 кВт электроэнергии. Вслед за этим пенсильванцы приступили к созданию более совершенной модели UNIVAC, появившейся на свет в 1951 году. Западное компьютеростроение развивалось стремительно: одна за другой рождались британские ЭВМ EDSAC (1949) и Ferranti Mark (1951) и американские Whirlwind-1 (1951) и IBM 701 (1952).

Лебедев, занявшись разработкой цифровых вычислителей, оказался в роли догоняющего. К тому же информация о западных компью-

терах практически отсутствовала, поскольку первые машины предназначались для решения милитаристских задач. Начинать ему пришлось практически с нуля. В 1945 году Сергея Алексеевича избирают действительным членом АН УССР, и он с семьей переезжает из Москвы в Киев, где занимает пост директора Института энергетики АН УССР. Здесь он продолжает заниматься своей предвоенной тематикой до мая 1947 года. И наконец, возглавив Институт электротехники АН УССР, приступает к делу всей своей жизни. Осенью 1948 года Лебедев начал создавать Малую электронную счетную машину (МЭСМ), которая должна была стать макетом более серьезной машины. Заглавная буква «М» на первых порах расшифровывалась как «макет». Именно на МЭСМ, не имея должного «стартового капитала», лаборатория счетной техники обрабатывала принципы работы ламповой ЭВМ. Блок-схему разработал сам Лебедев. Как потом выяснилось, он в точности воспроизвел классическую схему фон Неймана: арифметическое устройство, устройство управления, оперативная память, внешнее запо-

минающее устройство и устройства ввода-вывода информации.

В качестве внешней памяти использовался магнитный барабан на 5000 слов. Ввод информации производился с перфокарт или со штекерного коммутатора, вывод осуществлялся на электромеханическое печатающее устройство или на фотографическое устройство, отображающее результаты на фото-плёнке.

Оперативная память МЭСМ состояла из 31-го 17-разрядного триггерного регистра данных, представленных в форме с фиксированной запятой, и 20-разрядных регистров команд. Система команд была трехадресной. Быстродействие составляло 3000 коротких операций в минуту. Больше для макета и не требовалось. Машина потребляла 25 кВт и была собрана на 6 тыс. электронных ламп.

Монтаж и отладка макета продолжались до конца 1950 года. МЭСМ оказалась на 12 тыс. ламп «легче» американского первенца.

А на следующий год госкомиссия приняла машину без каких-либо нареканий.

Но к этому моменту Лебедев уже «жил на два дома».

## Удар ниже пояса

В 1948 году в Москве был создан Институт точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ) АН СССР. Его директором стал Николай Тригорьевич Бруевич, специалист по аналоговой технике. Поэтому институт изначально был сориентирован на разработку методов приближенных вычислений и исследования в области дифференциальных анализаторов. Однако в середине 1950 года Бруевича сменил Михаил Алексеевич Лаврентьев, убедительно обосновавший в письме Сталину необходимость развития в стране цифровой вычислительной техники. Однако, придя в институт, Михаил Алексеевич обнаружил, что в его стенах отсутствуют стратегические идеи, без которых невозможно создание принципиально новой техники, а главное – практически нет специалистов, способных такие идеи генерировать. Зная о прорыве, совершенном в Киеве, он пригласил Лебедева возглавить по совместительству лабораторию № 1 ИТМ и ВТ. В кратчайшие сроки надо было создать ЭВМ для разработки и производства ядерного оружия.

## Из истории советских супер-ЭВМ

Основные вехи отечественной суперкомпьютерной отрасли



Ввод в эксплуатацию в

Киеве первой советской ламповой ЭВМ МЭСМ (С.А. Лебедев)



В пензенском филиале СКБ-245 создана одноадресная ламповая ЭВМ

«Урал-1», положившая начало семейству малых ЭВМ «Урал» (Б.И. Рамеев)



В СКБ Минского завода ЭВМ им. Орджоникидзе создана ЭВМ «Минск-1»



В ИТМ и ВТ создана супер-ЭВМ БЭСМ-6 с производительностью 1 млн. оп/с (С.А. Лебедев).

В Киеве в Институте кибернетики АН УССР создана ЭВМ МИР-1 (В.М. Глушков)

1951

1953

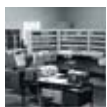
1957

1958

1959

1961

1965



Окончание разработки ЭВМ БЭСМ в ИТМ и ВТ (С.А. Лебедев)

и в СКБ-245 «Стрела» (Ю.Я. Базилевский и Б.И. Рамеев)



В Институте кибернетики АН УССР создана ЭВМ «Киев», в Ереванском НИИ автоматизированных систем управления – «Раздан»,

в вычислительном центре МГУ – «Сетунь», единственная в мире машина, использующая троичную систему счисления



В Вычислительном центре АН УССР создана первая полупроводниковая управляющая ЭВМ «Днепр-1» (В.М. Глушков, Б.Н. Малиновский)

Она получила название Большая электронная счетная машина (БЭСМ). Существует легенда, согласно которой Лебедев привез в Москву из Киева схему ЭВМ, нарисованную на пачках из-под папирос «Казбек». В действительности же он приехал с дюжиной толстых тетрадей, в которых были не только прорисованы важнейшие узлы, но зачастую и конкретизированы электрические схемы – вплоть до указания некоторых номиналов входящих в них элементов. Были даже временные диаграммы работы устройств при выполнении тех или иных операций. Естественно, был готов и список необходимых машинных команд. По сути, это была эскизная документация, предназначенная для изготовления макета. Когда Сергей Алексеевич перебрался с семьей в Москву в 1951 году, работы по БЭСМ существенно ускорились. Он проявлял чудеса работоспособности. Лебедев был заместителем директора, читал лекции на открытой «под него» кафедре вычислительной техники в МФТИ и держал руку на пульсе финальных работ по сдаче МЭСМ. Ежедневно завлаб засиживался на

работе до 3-4 часов ночи. Он не только обсуждал с коллегами схемные решения, не только руководил процессом, но и «прощупывал» узлы ЭВМ осциллографом, брал в руки паяльник и терпеливо перепайвал ячейки. Когда техники пытались помочь ему, он неизменно отвечал: «Сам сделаю!» и доводил дело до конца. В 1949 году по инициативе тогдашнего директора ИТМ и ВТ Бруевича для помощи академическому институту было подключено Министерство машиностроения и приборостроения СССР. В научно-производственный коллектив вошли СКБ-245, НИИ «Счетмаш» и Завод счетно-аналитических машин (САМ). Однако контрагенты повели себя вероломно. В 1950 году они заявили министру Петру Ивановичу Паршину, что сами хотели бы сделать ЭВМ. И что для этого есть и промышленные мощности, и творческий потенциал – в СКБ-245 ведущим специалистом был принят Башир Искандерович Рамеев (впоследствии – доктор технических наук), одаренный инженер без высшего образования, подлинный самородок, с 1948 года занимавший-

ся теоретическими изысканиями в области ЭВМ. И министр подписал приказ о разработке ЭВМ «Стрела». К этапу создания опытных образцов БЭСМ и «Стрела» пришли ноздря в ноздю. Но при этом шансы выиграть «гонку вооружений» у СКБ-245 были невелики. «Академическая» машина должна была делать 10 тыс. операций в секунду, в то время как «министерская» дотягивала лишь до двух тысяч. Однако министерство нанесло конкурирующей фирме удар ниже пояса. Для достижения заложенного конструкторами быстродействия необходимо было укомплектовать БЭСМ 39 потенциалоскопами, на которых была спроектирована динамическая оперативная память. Министерство заявило, что потенциалоскопов (электронно-лучевые трубки, аналогичные телевизионным кинескопам) для БЭСМ в наличии нет, поскольку промышленность выпустила лишь партию, необходимую для укомплектования «Стрель». В результате БЭСМ стала похожа на спринтера, которому к ноге привязали громадную гирию. Потенциалоскопы пришлось срочно заменять громоздкой и чрезвычайно мед-



Разработка в Московском НИИ вычислительных комплексов параллельной вычислительной системы М-9 с производительностью 10 млн. оп./с (М.А. Карцев)

В Загорске (ныне Сергиев Посад) начат выпуск высокопроизводительной вычислительной системы М-10 с многоформатной векторной RISC-архитектурой для систем предупреждения о ракетном нападении и общего наблюдения за космическим пространством (М.А. Карцев)



Создание в ИТМ и ВТ многопроцессорного вычислительного комплекса «Эльбрус-1» на ИС средней интеграции (В.С. Бурцев, Б.А. Бабаян)



Начало выпуска 10-процессорного вычислительного комплекса «Эльбрус-2» производительностью 125 млн. оп./с (В.С. Бурцев)

1968

1971

1973

1975

1977

1983

1985



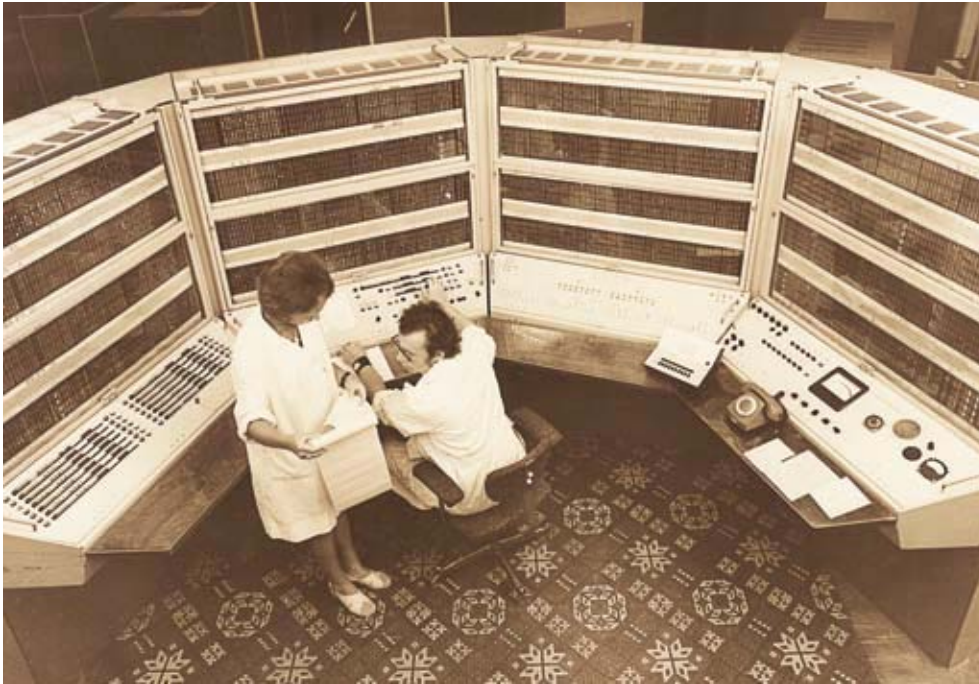
Начало грандиозной программы создания семейства ЕС ЭВМ, копирующего морально устаревший американский аналог IBM System 360



Начало грандиозной программы создания семейства управляющих машин СМ ЭВМ, копирующего компьютеры PDP компании DEC



Начало выпуска в Загорске многопроцессорной векторной системы М-13 (М.А. Карцев)



ленной памятью на акустических ртутных линиях задержки. В апреле 1953 года БЭСМ была принята Госкомиссией в эксплуатацию. Одновременно с этим было принято решение о серийном производстве «Стрелы». Даже и в «ртутном» своем виде БЭСМ не только не уступала «Стреле», но и превосходила ее по целому ряду параметров. Например, по надежности: в БЭСМ было использовано лишь 5 тыс. ламп, в «Стреле» – почти 7 тыс., БЭСМ потребляла 35 кВт, «Стрела» – 150 кВт. Да и представление чисел в СКБ выбрали весьма архаичное – двоично-десятичное с фиксированной запятой... Если бы в БЭСМ удалось реализовать запланированное быстродействие, она стала бы самой скоростной на тот момент машиной в мире. В 1953 году Лебедев стал директором ИТМ и ВТ, а также был избран действительным членом АН СССР. Полтора года спустя повторная комиссия пришла к выводу о превосходстве БЭСМ над «Стрелой», и детище ИТМ и ВТ наконец-то стали комплектовать потенциалоскопами.

БЭСМ в 1956 году была признана лучшей в Европе и сопоставимой по вычислительной мощности с лучшими американскими образцами. А в 1958 году, когда память на ЭЛТ заменили на ферритовую, емкостью 2048 39-разрядных слов, новую модификацию БЭСМ запустили в серию.

### Первый миллион конструктора

Совершенствование имеющихся и выпуск новых моделей ЭВМ в ИТМ и ВТ был распараллелен. Одновременно с доводкой БЭСМ Лебедев работал над созданием М-20 с производительностью 20 тыс. операций в секунду. Работа над ней началась в 1955 году. Лебедеву, занимавшемуся идеологией машины, «ассистировали» новоиспеченный доктор физико-математических наук Михаил Романович Шура-Бура (программное обеспечение) и молодой ученый Петр Петрович Головистиков (создание электрических схем).

Когда вопрос с БЭСМ подвис, Сергей Алексеевич надеялся на то, что суперскоростную М-20 удастся запустить раньше, чем менее мощную модель. Из-за технических проблем время было упущено, и М-20, принятая в серийное производство в 1958 году, оказалась не самой быстрой машиной в мире. К этому времени в США появилась IBM NORC, которая также делала 20 тыс. операций в секунду. На этом основании разработчикам не дали Ленинскую премию. В М-20, как, в принципе, и в любой лебедевской разработке, были использованы революционные решения. Так, например, за счет оригинальной структуры и уникального набора машинных команд в М-20 удалось организовать обмен информации с медленным внешним запоминающим устройством – магнитным барабаном – таким образом, что барабан играл роль виртуальной оперативной памяти, не тормозившей процесс вычисления. Принципиальной новизной отличалась и модификация адресов операндов. Впечатляет и то, что в М-20 были использованы 1600 ламп, а в IBM NORC – 6000. С 1958 по 1964 год было выпущено 20 машин, которые успешно эксплуатировались в крупнейших вычислительных центрах вплоть до середины 70-х годов. При непосредственном участии Лебедева в разные годы было разработано более десятка специализированных ЭВМ для комплексов ПРО. Но главным шедевром Лебедева стала его вполне «публичная» разработка – суперкомпьютер второго поколения БЭСМ-6, который удалось разогнать до 1 млн операций в секунду. К его проектированию академик вместе с Владимиром Андреевичем Мельниковым и Львом Николаевичем Королевым приступил в 1959 году. В 1966-м машина прошла приемочные испытания, а через два

года начался ее серийный выпуск. С 1968 по 1987 годы было произведено 355 советских суперкомпьютеров, обеспечивавших решение самых разнообразных задач: научных, управленческих, оборонных. Именно система на базе БЭСМ-6 обеспечивала обработку телеметрии во время совместной космической экспедиции «Союз-Аполлон».

Для середины шестидесятых годов БЭСМ-6 была почти рекордсменом. Она в два раза превосходила по скорости легендарную IBM 7030 (Stretch) и проигрывала лишь одной единственной машине в мире – CDC 6600, разработанной Сеймуром Креем. Эффективность БЭСМ-6 объясняется тем, что главный конструктор традиционно применил в разработке несколько принципиальных новшеств, прежде не встречавшихся в вычислительной технике. Вот лишь их часть: конвейерный принцип, позволяющий параллельно исполнять нескольких последовательных команд; страничная организация памяти, за счет чего осуществляется одновременное обращение к ОЗУ нескольких устройств или процессов; кэш на 16 слов с вытеснением использованных данных в магазинную область ОЗУ; использование двухрядного кода в сумматоре (сумма и поразрядные переносы); гибкая система прерываний; отдельный сумматор для модификации адресов команд.

Ко всему прочему БЭСМ-6 была первой советской машиной, сданной с мощным матобеспечением, включавшим в себя не только мультипрограммную ОС и трансляторы Алгола и Фортрана, но и пакет прикладных программ. Последней разработкой Лебедева стал суперкомпьютер «Эльбрус». Однако в эксплуатацию машину сдавали уже без него: 3 июля 1974 года Сергея Алексеевича не стало. Его имя присвоено ИТМ и ВТ РАН.

## Технические данные БЭСМ-6

<b>ТАКТОВАЯ ЧАСТОТА</b>	10 МГц
<b>БЫСТРОДЕЙСТВИЕ</b>	1 млн операций в секунду
<b>ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ</b>	50-разрядный двоичный код, плавающая запятая
<b>ОБЪЕМ ФЕРРИТОВОГО ОЗУ</b>	от 32К до 256К в последующих модификациях
<b>КОЛИЧЕСТВО ЭЛЕМЕНТОВ</b>	60 тыс. транзисторов и 180 тыс. диодов
<b>СИСТЕМА КОМАНД</b>	одноадресная, 15 разрядов на адрес
<b>ВРЕМЯ СЛОЖЕНИЯ</b>	1,1 мкс
<b>ВРЕМЯ УМНОЖЕНИЯ</b>	1,9 мкс
<b>ВРЕМЯ ДЕЛЕНИЯ</b>	4,9 мкс
<b>ПОТРЕБЛЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ</b>	30 кВт
<b>ЗАНИМАЕМАЯ ПЛОЩАДЬ</b>	150–200 кв. м
<b>ПЕРИФЕРИЯ</b>	магнитные барабаны, накопители на магнитных лентах, устройства ввода-вывода на перфокартах и перфолентах, АЦПУ, электрифицированная печатающая машинка, впоследствии – магнитные диски

Для середины шестидесятых годов БЭСМ-6 была почти рекордсменом. Она в два раза превосходила по скорости легендарную IBM 7030 (Stretch) и проигрывала лишь одной единственной машине в мире – CDC 6600, разработанной Сеймуром Креем

