

К истории создания советской вычислительной техники

Всеволод Бурцев

В статье Всеволода Бурцева, подготовленной для эксклюзивной публикации в журнале «Открытые системы. СУБД», на основе исторического выступления этого выдающегося ученого, рассказывается об атмосфере, в которой зарождалась российская компьютерная индустрия.

Когда Сергей Алексеевич Лебедев пригласил нас на практику в ИТМиВТ, мы были еще зелеными студентами, не имевшими подготовки в области вычислительной техники

(группа студентов Московского энергетического института, в которую входил В. С. Бурцев, была приглашена в Институт точной механики и вычислительной техники АН СССР весной 1950 года. — *Прим. ред.*), — ни каталогов, ни каких-либо учебников тогда еще не было, и при сборке узлов мы использовали лампы, имевшиеся в наличии. Однако период ребячества для нас быстро закончился — Сергей Алексеевич сказал, что пришло время написать эскизный проект, и видим, что Михаил Алексеевич (академик Лаврентьев, с 1950 по 1953 год — директор ИТМиВТ АН СССР. — *Прим. ред.*) волнуется и говорит, что речь идет о конкурентном проекте.

Тогда мы вообще не знали, что такое эскизный проект, хотя и написали потом несколько томов — и только позднее начали осознать, что же мы все-таки такое делаем. А конкурировали мы со «страшной» организацией — аналогичную вычислительную машину делали в СКБ-245 под руководством Базилевского (Юрий Яковлевич Базилевский возглавлял в специальном конструкторском бюро СКБ-245 разработку ЭВМ «Стрела», его заместителем был Башир Искандарович Рамеев. — *Прим. ред.*).

ЭВМ посредством ЭВМ

Прогресс вычислительной техники в значительной мере определяется автоматизацией проектирования и изготовления электронных вычислительных машин. Для этой цели все шире используются сами машины.

Сергей Лебедев



В центре В. С. Бурцев, слева В. И. Рыжов — зам. директора ИТМиВТ по науке, справа А. С. Крылов — директор КБ ИТМиВТ (1973 год)

После завершения дипломной практики оказалось, что нас распределили не в ИТМиВТ, а совсем в другую, весьма серьезную организацию. Для того времени это означало давление со стороны комитета ВЛКСМ института и угрозу выговора, однако при содействии

Михаила Алексеевича удалось преодолеть трудности перераспределения. В ИТМиВТ мы создали вычислительную машину БЭСМ еще без номера — это была просто машина на электронных лампах. Естественно, лампы были ненадежными, которые нельзя было даже ставить в приличные радиоприемники, а уже говорить о создании машины, способной некоторое время считать без сбоев, было почти невозможно — на дворе был 1951 год. Даже в 1965 году на некоторые лампы указывалось не более 500 часов безотказной работы, а наши могли работать не более 100 часов. Если, например, машина состоит из 5 тыс. ламп (одна лампа — один вентиль), то даже при наработке на отказ в 500 часов сбой будет каждые 6 минут.

На этапе зарождения вычислительной техники над нами постоянно довлел вопрос — будет работать или нет. Хочется заложить в систему больше логики и возможностей, но сделать это нельзя, потому что сдерживает ненадежность. Почти невозможно было создать машину, которая работает гарантированное время, но мы такую машину сделали и, несмотря на низкое качество ламп, находили упрощенные режимы работы, как-то выходили из положения.

Другим большим вопросом была память, и здесь на решение сильно повлияла конкурирующая машина «Стрела», причем нельзя сказать, что всегда применялись честные приемы (Лаврентьев вспоминал об этом

Первая БЭСМ: начало пути

Значение машины БЭСМ АН для отечественной и мировой вычислительной техники невозможно переоценить — многое из того, что сегодня обыденно в ИТ, впервые было опробовано при разработке именно этой машины.

Вера Карпова, Леонид Карпов

времени, как о времени ежедневной борьбы. — *Прим. ред.*). Дело в том, что изначально в БЭСМ планировалась установка памяти на электронно-лучевых трубках, и мы эту память заказали. Память на трубках, на которых можно было достичь времени выборки 10 мкс (время установления луча). Каждая такая трубка — это один разряд (бит) сразу всех слов памяти, трубка может хранить тысячу значений. Тогда мы и не мыслили о памяти в более, чем тысяча слов, значит, тысяча слов по 40 разрядов — это сорок трубок, которые мы и заказали во Фрязино. Однако каким-то образом конкуренты со «Стрелы» у нас их перехватили, и хорошо, что параллельно мы делали память на ртутных трубках, хотя такие трубки — страшная вещь. Это здоровые трубы, наполненные ртутью, по ним «пробегает» электрорезонансная волна, на задержке которой и запоминается код. На задержке, допустим, 600 мкс можно «запомнить» 600 бит. Но задержка была не 600 мкс, а 3 мкс при частоте около 1 МГц, поэтому внутри трубки запоминалось около 64 слов (оперативное запоминающее устройство на электронно-акустических ртутных линиях задержки в совокупности обеспечивало хранение 1024 39-разрядных слов. — *Прим. ред.*).

Для работы трубок нужно было обязательно выдерживать одинаковую температуру, а иначе длина трубок «гуляла», поэтому была предусмотрена электронная термокомпенсация. Установили мы эти трубки, а они не работают как нужно — то работают, то не работают, ничего не поймешь. За месяц все перелопатили, обнаружив много принципиальных ошибок, и еще через месяц с этими трубками вышли на государственные испытания.

Выступление В.С.Бурцева «К истории создания советской вычислительной техники»

Чем дальше уходит от нас удивительное время создания первых отечественных цифровых вычислительных машин, тем ценнее становятся свидетельства непосредственных участников первых разработок. Свидетельства очевидцев, становясь известными всем, помогают избавиться от мифов и поздних наслоений, лучше понять атмосферу, в которой создавались первые вычислительные машины, понять, что сейчас мешает появлению новых направлений науки и техники.

Всеволод Сергеевич пришел в ИТМиВТ студентом, многому учился на рабочем месте, а учителя у него были не просто «эффективные и успешные менеджеры», а настоящие ученые. Сергей Алексеевич Лебедев умел разглядеть в своих коллегах, в особенности

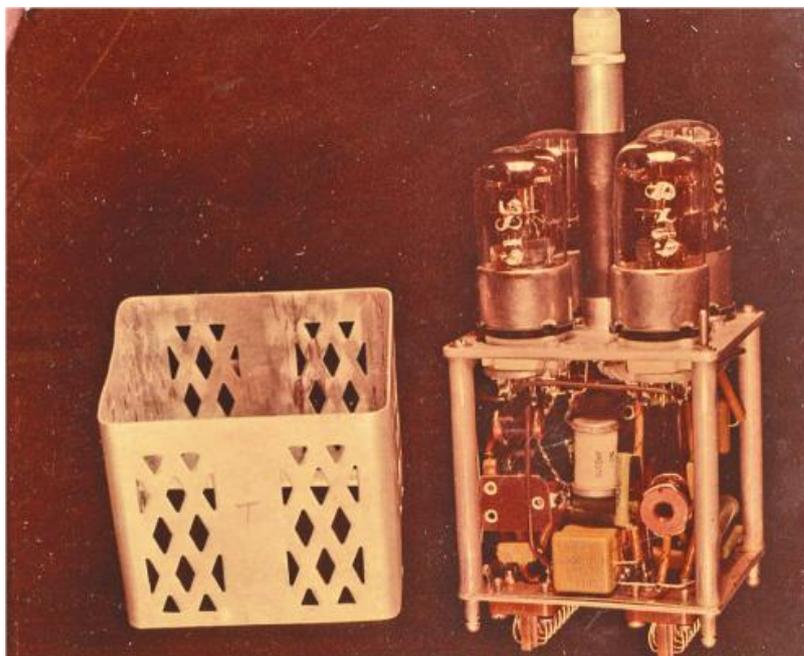
молодых, необходимую им искру увлеченности, которая помогла им стать профессионалами. Сергей Алексеевич учил не так, как это делают некоторые «учителя», бросая своих учеников на стремнину и наблюдая за тем, кто из них выплывет, чтобы затем назначить их своими любимыми учениками. Сергей Алексеевич учил на собственном примере, и своим огнем он одарил своих учеников, одним из которых был Всеволод Сергеевич Бурцев.

Всеволод Сергеевич двенадцать лет возглавлял ИТМиВТ, вкладывая весь свой творческий потенциал в развитие отечественной вычислительной техники. При его непосредственном участии была достигнута теснейшая кооперация тысячи научных и производственных предприятий, в государственных испытаниях одновременно были заняты десятки тысяч человек, работавших над общей задачей. Эта кооперация, тщательное исполнение своих обязанностей всеми участниками процесса разработки на каждом его шаге позволяли избегать каких-либо серьезных ошибок. И сейчас, вспоминая те тридцать пять лет, которые Всеволод Сергеевич проработал в ИТМиВТ, не приходит на память ни одного примера серьезных неудач, на которые так щедра, к сожалению, современная российская спецтемастика.

Вера Карпова — внештатный сотрудник музея истории Института точной механики и вычислительной техники им. С. А. Лебедева РАН, **Леонид Карпов** (mak@ispras.ru) — ведущий научный сотрудник Института системного программирования РАН (Москва).

Что это были за испытания? Пригласили Лаврентьева в качестве председателя комиссии, а на самой машине работали Сергей Львович Соболев, Алексей Андреевич Ляпунов и Исаак Семенович Брук, Вадим Трапезников (Вадим Александрович Трапезников — впоследствии академик АН СССР, имя которого носит академический Институт проблем управления. — *Прим. ред.*). Михаил Алексеевич даже Никиту Хрущева привозил посмотреть на первую советскую электронную машину. Была создана комиссия, но никаких специальных программ испытаний не было — все было очень просто. В комиссии был еще Г. Т. Артамонов (на момент проведения семинара Герман Тимофеевич Артамонов был директором ВИМИ — института межотраслевой информации. — *Прим. ред.*).

Все члены комиссии, а среди них были будущие академики, с восторгом считали на этой машине — каждый поставил по своей задаче. А вот Исаак Семенович всему удивлялся и очень недоверчиво относился к системе — он сам сделал такую же машину, но чуть поменьше (М-2, которую потом передали в Минск).



Триггер для БЭСМ

Во время испытаний не обошлось и без накладок — машина сбивалась, и было очень трудно ее наладить. Но комиссия была в восторге — нам бы им сказать: «Отойдите чуть от пульта, дайте хоть полчаса посмотреть, может быть, поймем, что за собой был». Тем не менее удалось выполнить на машине задачу обращения матрицы сотого порядка. Саму программу мы «перетыкали» на штырях, и все работало, а вся задача, согласно хронометражу Исаака Семеновича, считалась 15 минут. Брук с недоверием отнесся к результатам — он знал, что память на ртутных трубках: «Не может быть, — говорит, — чтобы это было на ртутных трубках!» Мы еще раз ему продемонстрировали матрицу на других числах — все получается. «Обратно обратите», — говорит. Взяли, обратили обратно, посмотрел — печатает то же самое.

Все делалось в страшном напряжении, а тут еще кто-то предложил устроить дополнительный прогон на 15 минут. Ну, думаем, все — засыпались. А

Лаврентьев говорит:

«Ладно, вы тут гоняйте, а мы пойдем писать акт». Но тут появился Брук и предложил оставить кого-нибудь из комиссии — оставили Трапезникова, который сел и стал читать газету. Обычно, когда был сбой на тестах, мы звонок включали, а в этот раз его выключили и думали: как остановится, то нажмем кнопку «У-нуля» и «Пуск». К счастью, машина выдержала эти 15 минут.

После первой сдачи нам дали высокие формы секретности, и мы стали ходить смотреть, как на этой машине считают серьезные задачи. Тогда нам пришлось много посмеяться, например, над такими вопросами: «А где будет храниться закрытая информация?» Мы, люди честные, сказали, что вот на этом барабане. «Это не барабан!» — «Нет, барабан, он крутится». — «А где его можно опечатать, где он открывается? Где защелка?». В одной организации оцепили территорию вокруг машины, проход загородили, а вокруг барабана поставили дополнительные чехлы, навесили печатей и т. д. Начали считать какие-то страшные задачи, а барабанов не хватало. Те, кто считал, еще не умели работать на этих машинах — не было ни автокодов, ни каких-либо языков программирования.

Нам доставляло удовольствие пропускать эти задачки — на них было хорошо ловить случайный сбой, который на тесте не поймать. Так вот, работали мы как-то с Ляпуновым, а щелкать-то тумблерами он не умеет, вот меня к нему и приставили. Как-то в ночь мы с ним увлеклись, барабана нам одного не хватило, мы и залезли в один из опечатанных барабанов и случайно стерли всю информацию, которая в течение месяца была насчитана. Вот тогда нас стали всюду тягать, подключились оперативники — мы, мол, опечатали все, а информация куда-то исчезла. Но все обошлось, оказалось, что данные кто-то предварительно вывел на ленту, и потом их восстановили.

Наверное, в стране была большая необходимость в тех задачах, которые поставили на БЭСМ, но тем не менее при надежности, существовавшей на начало 50-х годов, как мы ни выкручивались,

Семендяев нас обскакал (Константин Адольфович Семендяев — математик, специалист в области приближенных методов вычислений, составитель расчетных таблиц, автор известных работ и выдержавших более 10 изданий справочника по математике для

Очерки истории советской вычислительной техники. Очерк первый: ИТМ и ВТ. Машины 1 и 2 поколений

Плачевное состояние отечественной вычислительной техники сегодня налицо. Окидывая беглым взглядом эту некогда славную империю, родину знаменитых БЭСМов, давшую миру столько выдающихся инженеров — специалистов в компьютерной области, видишь лишь дым пожарища.

Наталья Дубова

СуперЭВМ — от задач к машине

Говорят, что в России разучились выполнять большие инфраструктурные проекты, — возможно, но так было не всегда: в стране имелся опыт решения задач обеспечения национальной безопасности.

Вера Карпова, Леонид Карпов

инженеров и книги о вычислениях с помощью логарифмической линейки. — *Прим. ред.*). У Семендяева в группе было 20 расчетчиц с арифмометрами, и действовал он приближенными методами. На одну задачу мы тратили три – пять месяцев, а то и полгода: ошибались при кодировании, машина сбоила, записывали не те данные, двойной счет при ошибках и т. д. Семендяев за это время все обсчитал и, в основном, все данные выдал, а мы, спустя некоторое время, только подтвердили его расчеты. На том этапе машина не могла выиграть соревнование с человеком.

Примером для нас в нашей работе был Сергей Алексеевич, колоссальной работоспособности человек, который привык везде сам участвовать. Конечно, его энтузиазм в создании этой машины играл первостепенную роль. Обычная его поза — ноги под себя. Сядет так, закурит, чай ему принесут, так он над своими проектами и расчетами просиживал с 12 часов дня до 3 часов ночи. Можно было только удивляться его работоспособности.

В 1953 году я отошел от эксплуатации БЭСМ и стал заниматься спецтемастикой. Первые работы заключались в автоматическом снятии координат самолета через локатор

Аппаратура сопряжения

В начале 70-х БЭСМ-6 оставалась самой быстрой универсальной машиной в Союзе.

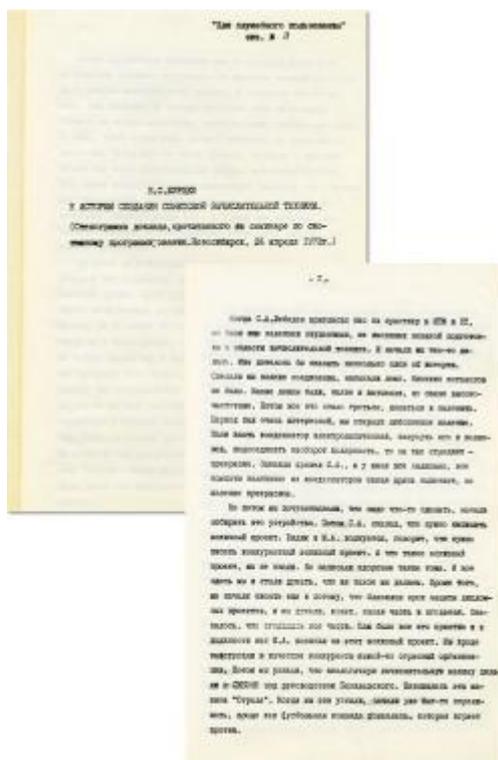
Наталья Дубова

непосредственно на вычислительную машину. К тому времени БЭСМ сменила память, а в 1954 году были устроены бега со «Стрелой». На испытаниях дали задачу, посадили программистов запрограммировать, пропустить и выдать результат. Конечно, кроме собственно оборудования на успех таких соревнований влияла подготовка алгоритмистов и программистов. В результате, бега БЭСМ выиграла, причем очень серьезно — задачу, которая на этой машине считалась два-три дня, на «Стреле» смогли выполнить за полмесяца, что и решило спор: «Стрела» или БЭСМ. Потом на базе первой БЭСМ серийно была воспроизведена БЭСМ-2 (в 1963–64 годах в Ульяновске были изготовлены два экземпляра полупроводниковой БЭСМ-3, программно совместимой с БЭСМ. — *Прим. ред.*).

Нужно сказать, что спецтемастика, кроме своего специфического прикладного значения, оказывала серьезное влияние на развитие вычислительной техники. Когда мы начинали, ничего не было специального — ни ламп, ни лент для вычислительной техники, все мы брали ширпотребовское, что для спецтемастики неприемлемо: вопрос национальной безопасности имеет первостепенное значение. Когда мы взялись за большие работы по спецтемастике, то могли уже заказать лампы повышенной надежности, сделанные по специальным параметрам, автоматы, измерительную аппаратуру, ферриты, которые тогда и пошли, смогли развить внешние устройства. В отличие от БЭСМ, когда использовались заведомо ненадежные элементы, доставлявшие нам чрезвычайно много хлопот, и мы всегда имели возможность при сбое машины просчитать повторно, для изделий по спецтемастике ошибиться однажды — это значит привести к трагическим последствиям. Как следствие, в 1961 году, несмотря на все трудности, были созданы вычислительные средства, которые позволили продвинуть обороноспособность страны на такой уровень, что в определенных областях военной техники мы на несколько лет опередили США.

Большие работы были проделаны и по архитектуре — в БЭСМ, да и в М-20 все было устроено довольно жестко. Мы стремились на одном и том же оборудовании решать все задачи. В БЭСМ-1 из экономии мы для выполнения разных функций использовали одно и то же оборудование: зону магнитной ленты делали на обычном сумматоре, а для печати использовали телетайп. Появление надежных специализированных устройств позволило реализовать принцип автономности: устройств, управления, внешних датчиков и т. д. Все это, конечно, дало большой эффект — была реализована идея распараллеливания по времени работы отдельных устройств. На таких вычислительных комплексах, в частности,

впервые были решены вопросы мультиплексного канала, хотя тогда мы это не называли мультиплексированием.



Первая страница стенограммы выступления В. С. Бурцева

Несколько слов о том, почему у ИТМ и ВТ такое странное название — вроде в институте нет тематики «точная механика». Институт был создан в 1948 году, но вначале был отдел точной механики института машиноведения Академии наук. Из этого отдела и сотрудников Математического и Энергетического институтов были созданы три лаборатории: лабораторией приближенных вычислений, строившейся на основе сотрудников Математического института им. В. А. Стеклова АН СССР, руководил Люстерник (Лазарь Аронович Люстерник — известный советский математик, заместитель директора Математического института АН СССР, член-корр. АН СССР, лауреат Сталинской премии за 1946 год. — *Прим. ред.*); лабораторией электро моделирования, составленной из сотрудников Энергетического института, заведовал Гутенмахер, интеграторы которого были ближе всего к вычислительной технике (Лев Израилевич Гутенмахер — советский математик, специалист в области электрического моделирования, лауреат Сталинской (1946 год) и Государственной (1962 год) премий СССР. — *Прим. ред.*); третьей была экспериментально-счетная лаборатория во главе с Акушинским (И. Я. Акушинский — советский инженер, математик, известен не только своими разработками, но и статьями по использованию микропроцессоров. — *Прим. ред.*). Первым директором с 1948 по 1950 год был Бруевич (Николай Григорьевич Бруевич, академик АН СССР, академик-секретарь АН СССР, генерал-лейтенант, кавалер трех орденов Ленина и других наград. — *Прим. ред.*), которого сменил Лаврентьев, проработавший до 1953 года и реорганизовавший все лаборатории.

Какое можно сделать из всего этого резюме? Конечно, сейчас положение в вычислительной технике, во всяком случае у нас в стране, значительно лучше. Окрепло понимание значения вычислительной техники — правительство уделяет большое внимание ее развитию, что, безусловно, очень важно для страны. Какие сейчас происходят изменения? Изменения в понимании конструкторами своей задачи, ведь до сих пор мы были зажаты показателями надежности, и во многом конструкция, разработка определялась красивым инженерным решением. Иначе говоря, мы понимаем функции, которые должны выполнять отдельные узлы вычислительных устройств, но когда

начинаем проектировать, обязательно приходится идти на компромиссы. Например, нужно реализовать конкретную функцию, но когда начинали смотреть аппаратуру, то как раз именно такую функцию реализовать было трудно, поэтому компромиссы шли не в сторону достижения максимального использования свойств устройства для оптимального прохождения вычислительных процессов, а делался кивок в сторону инженерии.

Отсюда, кстати, и бытовавшее тогда отношение к математикам: «Они, конечно, напридумывают черт знает что, им только дай волю, а мы, инженеры, сами

знаем, как делать. Математики пускай, что хотят, то и пишут, а мы все равно, как сделаем, так они и будут эксплуатировать». Это отношение осталось, но так не должно быть — сегодня технология настолько продвинута, что мы можем реализовать практически любые функции, которые нам подсказывают математики.

Такой подход наблюдается не только с точки зрения инженеров, но и с позиции математиков. Что делает Андрей Петрович Ершов с нашей машиной — оптимизирует задачу, хотя этот подход давно себя изжил. Он давно должен был перестать оптимизировать и направить нас на то, чтобы разобраться, а что же все-таки нужно сделать для модернизации оборудования, какие функции надо еще заложить в железо? Почему мы сами должны выискивать эти оптимальные функции, которые нужно заложить в устройство.

За рубежом имеются теоретические работы, направленные на анализ большого круга задач разных классов и выработки критериев наилучшего построения вычислительного процесса, какими языками оптимальнее описывать и т. д. У нас же такой глобальной работы не проводится. Может быть, это не нужно? Но, мне кажется, пришло время. Такую работу надо вести.

Всеволод Сергеевич Бурцев (1928–2005) — выдающийся русский ученый, ученик Сергея Алексеевича Лебедева, участник разработки первых отечественных цифровых электронных вычислительных машин. Академик Российской академии наук, лауреат Ленинской (1966) и двух Государственных (1972, 1985) премий СССР, кавалер ордена Ленина и трех других орденов. Заместитель Главного конструктора ЭВМ специального назначения «Диана-1» и «Диана-2», а также серии ЭВМ для систем противоракетной обороны М-40, М-50, 5Э92, 5Э92б и 5Э51. Главный конструктор ЭВМ серии 5Э26 для систем ПВО С-300П и цифровых вычислительных комплексов «Эльбрус-1» и «Эльбрус-2». Директор ИТМиВТ АН СССР с 1973 по 1984 год. Статья, основанная на материалах стенограммы доклада, прочитанного Бурцевым на семинаре по системному программированию в Новосибирске 26 апреля 1973 года, публикуется впервые эксклюзивно для журнала «Открытые системы. СУБД», с разрешения обладателей прав на наследие Всеволода Сергеевича Бурцева. Изложение приводится в обработке редакции с максимальным сохранением стилистики автора.

Всеволод Бурцев и суперЭВМ

В одной из своих лекций Всеволод Бурцев определил суперЭВМ как «ЭВМ с наивысшей среди других производительностью, разработанную с предельным интеллектуальным напряжением». Всю свою жизнь этот великий конструктор работал именно над такими ЭВМ.

Тамара Бурцева, Леонид Карпов, Вера Карпова