

**ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**ПЕНЗЕНСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

# **История советской вычислительной техники**

**КОМПЛЕКТ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

**Составитель: Александр Моисеевич Бершадский**

---

# История советской вычислительной техники

## Содержание

- 1946 г. Происхождение компьютера
- 1951 г. Рождение МЭСМ
- 1952 г. Запуск М-1 в лаборатории Брука
- 1953 г. Рождение БЭСМ-самых быстрых в Европе
- 1954-1955 г. Создание системы вычислительных центров
- 1956 г. Запуск М-3 в лаборатории Брука
- 1957 г. Начало выпуска малой ЭВМ «Урал-1», разработанной Баширом Рамеевым в Пензе
- 1958 г. Начало эксплуатации М-20 - самой быстродействующей в мире
- 1959 г. Завершение разработки уникальной троичной ЭВМ «Сетунь» в МГУ
- 1960 г. Секретные машины
- 1961 г. Возрождение киевской школы
- 1963 г. Начало производства второй машины серии «Минск»
- 1966 г. Завершение разработки БЭСМ-6
- 1968 г. Начало эры ЕС ЭВМ
- 1969 г. Начало производства МИР-2
- 1977 г. Завершение разработки многопроцессорного комплекса «Эльбрус-1»

## Введение

Данный учебник содержит материал, необходимый для изучения курса "История техники".

### 1946. Происхождение компьютера

Началом эры вычислительной техники принято считать 1946 год, год создания легендарного компьютера ENIAC, первой полномасштабной универсальной вычислительной машины. ENIAC (акроним Electronic Numerical Integrator and Computer) был построен в университете штата Пенсильвания. Создатели крупнейшего на тот момент электронного устройства использовали в нем свыше 18 тыс. электронных вакуумных трубок. Компьютер поражал воображение скоростью вычислений: за одну секунду машина могла выполнить 5000 операций сложения и 300 операций умножения, иными словами, в 100, а то и в 1000 раз быстрее распространенных в то время механических и электромеханических арифмометров.



Но ENIAC привлекал внимание не только удивлявшей ученых скоростью вычислений, но и гибким (хотя и ограниченным) аппаратом записи вычислительных алгоритмов — говоря современным языком, являлся программируемым устройством.

Благодаря этим своим качествам ENIAC продемонстрировал, что электронным вычислительным устройствам по силам решение важнейших задач наподобие разработки водородной бомбы; дело в том, что исследователи

Пенсильванского университета вели свои работы еще со времен второй мировой войны в рамках проекта военного ведомства Project PX.

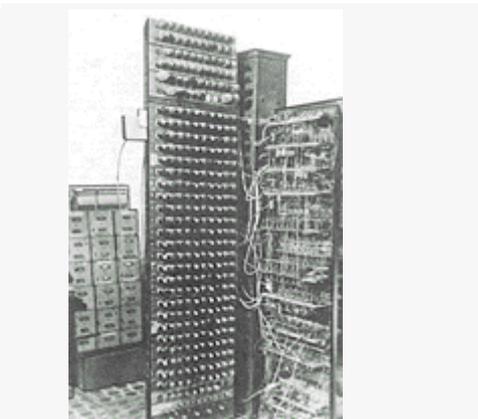
Создателями ENIAC принято считать Джона Макли и Дж. Преспера Эккерта. Первый разработал архитектуру компьютера, второй воплотил его идею в жизнь.

Да, первыми были американцы, но это тот редкий случай, когда мы отстали от «них» совсем на чуть-чуть. Пожалуй, это и отставанием назвать нельзя. Наши ученые приходят к идее цифровой электронной вычислительной машины практически независимо от западных и делают абсолютно оригинальные разработки. Просто идея эта действительно носилась в воздухе. Энергетика, ядерная физика, статистические расчеты, и в первую очередь военно-промышленный комплекс, постоянно сталкивались с необходимостью проводить сложнейшие расчеты за минимальное время.

Не случайно, что отцы-основатели советской вычислительной техники, Сергей Александрович Лебедев и Исаак Семенович Брук начинали свою научную деятельность в электроэнергетике и каждый из них в процессе своей работы пришел к созданию некоего счетного устройства, позволявшего хоть немного облегчить утомительные расчеты. У Брука в лаборатории Энергетического института АН СССР с 1939 года работал

механический интегратор для решения дифференциальных уравнений, а Лебедев в 1945 году для аналогичных задач создал электронную аналоговую машину.

Настоящая история советской вычислительной техники начинается в 1948 году. В августе этого года появляется проект автоматической цифровой вычислительной машины, по сути первый в СССР проект ЭВМ с жестким программным управлением. Его авторами были Брук и его молодой коллега Башир Искандарович Рамеев, в будущем создатель легендарных советских ЭВМ серии «Урал». Проекту Брука — Рамеева не суждено было воплотиться в жизнь, но это была первая ласточка, официально запатентованное изобретение, и до реально действующего лампового гиганта в нашей стране оставалось совсем немного.



**Первая малогабаритная  
ламповая электронная  
вычислительная машина  
М-1**

В конце этого же самого 1948 года Лебедев, в то время директор Института электротехники АН Украины, начинает работу над малой электронной счетной машиной (МЭСМ), которая всего через два года начнет с успехом решать сложные вычислительные задачи. Продумывая проект новой машины, Лебедев независимо от Джона фон Неймана обосновывает принципы построения ЭВМ с хранимой в памяти программой, которые будут реализованы в МЭСМ.

По сути, 1948 год положил начало трем основным советским научным школам в сфере вычислительной техники: школе Лебедева, ставшего основным идеологом машин с высочайшим быстродействием, школе Брука, который занялся разработкой малых и управляющих ЭВМ, и школе Рамеева, до конца 60-х

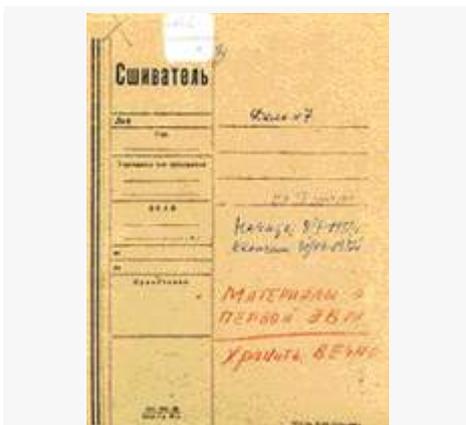
возглавлявшего направление, связанное с вычислительной техникой универсального назначения.

Поверьте, наш немного возвышенный тон вполне уместен. Это потом придут терзания по поводу копирования западных оригиналов и нашего отставания «навсегда». Тогда же, в 40-х — 50-х, мы были «с веком наравне». И наши достижения вызывают чувство гордости и огромного уважения к создателям первых советских ЭВМ. С этим чувством и начнем нашу хронологию.

## **1951 г. Рождение МЭСМ**

Этот год, пожалуй, самый знаменательный в истории нашей вычислительной техники. 4 января специальной комиссии был продемонстрирован действующий макет электронной счетной машины, а в конце декабря малая электронная счетная машина (МЭСМ) была пущена в эксплуатацию. Детище киевской лаборатории Сергея Алексеевича Лебедева начало дышать. МЭСМ создавалась как полигон для исследования основных принципов построения вычислительных машин, проверки методик решения определенных задач и наработки опыта эксплуатации подобной техники. С конца 1948 года Лебедев и его лаборатория, действующая на базе киевского Института электротехники, который ученый возглавил по приглашению Академии наук Украины, напряженно работали над первой советской ЭВМ. Нашим ученым были известны данные

о западных машинах, но они были настолько скудны и далеки от технической детализации, что о копировании не могло быть и речи. МЭСМ воплотила базовые принципы построения вычислительной системы, которые Лебедев разработал сам. О том, что аналогичные принципы выдвинуты фон Нейманом, наши ученые узнают из публикаций позднее.



**Папка с материалами о первой отечественной ЭВМ, многие из которых составлены С. А. Лебедевым**

Над машиной работали 12 научных сотрудников и 15 техников — с утра до ночи, жертвуя подчас и выходными. Ездить на работу приходилось за город, в местечко Феофания, где в бывшем здании психиатрической больницы и размещалась секретная лаборатория Лебедева. Вначале МЭСМ действительно задумывалась как макет (первая расшифровка буквы «М» в аббревиатуре), который затем предполагалось преобразовать в малую электронную счетную машину. Для того чтобы макет стал полноценной ЭВМ, понадобилось, в частности, организовать автоматический ввод исходных данных и автоматический вывод результатов. В окончательном варианте данные поступали в МЭСМ с перфокарт или посредством набора кодов на штекерном коммутаторе, а снимались путем фотографирования или с помощью электромеханического печатающего устройства.

МЭСМ размещалась на площади 60 кв. метров — целое крыло старого здания в Феофании, имела 6 тыс. электронных ламп, трехадресную систему команд, одно арифметическое устройство параллельного действия на триггерных ячейках, запоминающее устройство емкостью 94 слова по 16 разрядов. Ее быстродействие составляло 3000 операций в секунду, внешняя память отсутствовала. Первая пробная задача для МЭСМ была взята из области баллистики, а после ввода машины в эксплуатацию на нее обрушился поток разнообразных счетных задач — без такого супервычислителя очень многие не могли обойтись.

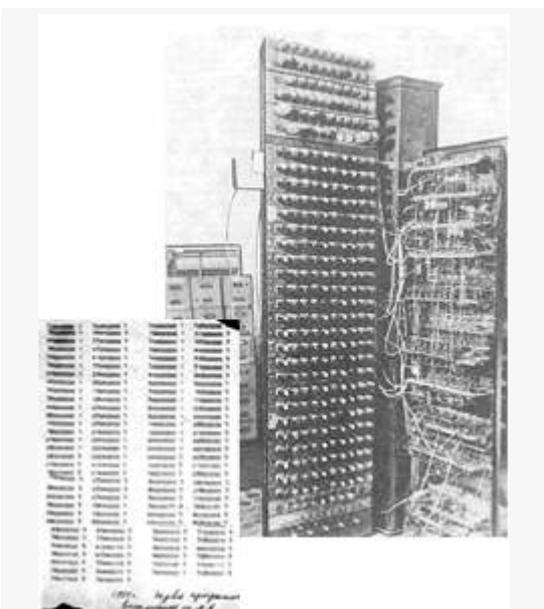
В том же 1951-м инициатива начинает переходить к Москве. В этом году столичный ИТМиВТ возглавил новый директор — известный математик Михаил Алексеевич Лаврентьев. В бытность свою вице-президентом АН УССР и руководителем Института математики он активно интересовался разработкой вычислительных машин, став для лаборатории Лебедева настоящим добрым гением. Надо помнить, какие это были годы — в условиях послевоенной разрухи такая масштабная работа не могла не натолкнуться на трудности.

Идея счетных электронных машин с трудом пробивала себе дорогу в СССР. Во всяком случае, только очень веские причины должны были побудить Лаврентьева обратиться с письмом к Сталину, в котором он говорил о необходимости ускорить исследования в этой области, прозорливо указывая на большие перспективы новой техники, в том числе для оборонных целей. В результате Лаврентьев получает приглашение возглавить ИТМиВТ. Вполне естественно, что он вновь привлекает Лебедева, пригласив его принять на себя руководство лабораторией №1. Здесь начинаются работы над новой, теперь уже большой электронной счетной машиной (БЭСМ).

## 1952 г. Запуск М-1 в лаборатории Брука

В начале 1952 года была введена в эксплуатацию М-1, созданная в лаборатории электросистем Энергетического института АН СССР (ЭНИИ) под руководством Исаака Семеновича Брука. М-1 открывала новое направление в развитии отечественной вычислительной техники — малых ЭВМ преимущественно для научных применений. Позже Брук сформулирует концепцию создания малогабаритных специализированных и управляющих машин. М-1 действительно была первой малогабаритной ЭВМ (для сравнения: элементную базу М-1 составляли 730 ламп, МЭСМ — 6 тыс.; М-1 занимала площадь 15 кв. метров, МЭСМ — 60 кв. метров). Интересно, что появление машины нового типа было обусловлено скорее стечением обстоятельств, чем осознанной, заранее сформулированной концепцией «малых ЭВМ». Можно сказать, что концепция эта вырабатывалась в процессе создания М-1.

Брук, к началу 50-х — видный ученый-энергетик, так же, как и Лебедев, давно вынашивал идею создания электронной счетной машины. Работа над М-1 началась в 1950 году в маленькой лаборатории института на Большой Калужской улице. Брук особенно не афишировал своих инициатив, но старался найти дельных помощников среди выпускников технических вузов. Обратившись на радиотехнический факультет МЭИ, он получил неоценимую поддержку в лице Николая Яковлевича Матюхина, «сына врага народа», который по причине столь значительных пятен в биографии не мог рассчитывать на престижное распределение в закрытые организации. Матюхин, а затем еще несколько новых сотрудников лаборатории, приступая к работе над ЭВМ, не имели даже представления о возможности существования подобной техники, но блестяще справились со своей задачей. Силами девяти человек всего за два года была построена и начала функционировать новая вычислительная машина. Матюхин был фактически ее главным конструктором, а Брук осуществлял научное руководство.



Первая малогабаритная ЭВМ М-1 и первая программа, выполненная на ней

Совсем небольшой коллектив Брука работал в очень тесном помещении лаборатории, в изоляции от других научных организаций, и получал финансирование только от Академии наук. Видимо, это и предопределило малые масштабы проекта. Из-за недостатка материальных средств постоянно чего-то не хватало, в том числе базовых электронных ламп, и неожиданно им была найдена вполне достойная замена — трофейные немецкие полупроводниковые купроксные выпрямители. Так М-1 стала первой машиной, в которой были применены полупроводниковые элементы.

М-1 оказалась первой в Москве работающей ЭВМ (машины БЭСМ и «Стрела» в 1952 году находились еще на стадии монтажа). Естественно, творение Брука и его молодых коллег сразу вызвало большой интерес в научных кругах. Работающая со скоростью 15-20 операций в секунду М-1 выполняла серьезные расчеты для ведомства академика Курчатова и для КБ под руководством Королева.

По воспоминаниям знавших Брука людей, он был человеком выдающимся и весьма своеобразным. По стилю своей деятельности это был, скорее, ученый-одиночка, генератор

идей, которые подхватывали и реализовывали его ученики и соратники. Он же переключал свою творческую энергию на новые проекты. Вычислительные машины, безусловно, были одним из главных дел его жизни, но воплощением проектов в жизнь занимались прежде всего ученики Брука. Лидером коллектива, создавшего М-1, стал Матюхин. Сразу после завершения работ над своей первой машиной Брук задумывает М-2, главным конструктором которой становится Михаил Александрович Карцев, который вошел в команду Брука будучи еще студентом МЭИ.

М-2 была гораздо более мощной и конструктивно совершенной системой по сравнению со своей предшественницей, хотя и ее классифицируют как малогабаритную ЭВМ. Работа над ней была проведена в рекордно короткий срок — с апреля по декабрь 1952 года. М-2 действовала со скоростью 2 тыс. операций в секунду и включала более полутора тысяч радиоламп. Машина эксплуатировалась долго, 15 лет, и в первые годы своего существования делила вычислительную нагрузку только с двумя реально действующими ЭВМ в Союзе — БЭСМ и «Стрелой». Задачи для М-2 предлагали весьма серьезные организации, в том числе сам ЭНИН, Институт экспериментальной и теоретической физики, Институт прогнозов погоды, МАИ, Курчатовский Институт, Институт экономики, Институт механики АН СССР и другие. Использование М-2 сопровождалось созданием матобеспечения, в том числе обслуживающих программ — предшественниц операционных систем. Работа на этой машине стимулировала творческую энергию ведущих математиков-программистов, которыми был организован постоянный семинар при М-2. В результате их интеллектуальных усилий в стране закладывались основы создания систем программирования и алгоритмических языков.

## 1953 г. Рождение БЭСМ-самых быстрых в Европе



**С. А. Лебедев и В. А. Мельников  
налаживают БЭСМ-1**

В 1953 году вводятся в эксплуатацию две основные рабочие лошади первых советских ВЦ — ЭВМ БЭСМ и «Стрела». Эти машины с 1950 года разрабатывались разными организациями — Академией наук и Министерством машиностроения и приборостроения, которые конкурировали друг с другом, как ни странно звучит подобное утверждение в контексте советских условий начала 50-х.

И тем не менее так сложилось, что предполагавшие вначале сотрудничать академический ИТМиВТ и отраслевое министерство превратились в соперников. Утвержденное Сталиным постановление правительства предписывало проводить работы над вычислительными машинами параллельно в институте и в принадлежащем министерству СКБ-245.

С БЭСМ начинается славная история ИТМиВТ как флагмана отечественных ЭВМ. В начале 1950 года директором института становится Лаврентьев. По его приглашению в ИТМиВТ переходит и Лебедев. В Киеве разработка МЭСМ близится к концу, и ученый берется за реализацию нового проекта — теперь уже Большой электронной счетной машины (БЭСМ). Эту аббревиатуру расшифровывают также как Быстродействующая электронная счетная машина, что вполне оправданно, поскольку к 1956 году очередное творение Лебедева оказалось самым быстрым не только в СССР, но и в Европе.

Однако к моменту ввода в эксплуатацию в начале 1953 года БЭСМ отставала от своей соперницы — «Стрелы». На «Стрелу» работали три вновь созданные организации: НИИСчетмаш, СКБ-245 и завод счетно-аналитических машин (САМ), во главе которых стоял Михаил Авксентьевич Лесечко. Основным разработчиком было СКБ-245. Когда на заключительной стадии создания обеих машин понадобилось укомплектовать запоминающее устройство потенциалоскопами (элементами памяти на электронно-лучевых трубках), оказалось, что на всех не хватает. Само собой, министерство в первую очередь позаботилось о своем детище, оставив ИТМиВТ ни с чем.

Лебедеву пришлось искать замену, и в первом варианте БЭСМ использовалась громоздкая память на ртутных трубках. Из-за этого не удалось достичь заложенного в проект быстродействия машины в 7–8 тыс. операций в секунду, что в несколько раз опережало параметры «Стрелы» (2–3 тыс. операций в секунду). Но даже несмотря на это, специальная комиссия президиума Академии наук в конце концов признала, что по своим характеристикам машина Лебедева превосходит разработку СКБ-245. Поэтому в конце 1954 года БЭСМ вышла из положения падчерицы и получила необходимые для нормальной работы памяти потенциалоскопы. После чего удалось наконец «раскрутить» машину на полную мощность — максимальная производительность БЭСМ составляла 10 тыс. операций в секунду.

В 1953 Лебедев сменил Лаврентьева на посту директора ИТМиВТ и стал действительным членом АН СССР. Через три года он выступит на конференции в Германии, в Дармштадте, и его доклад произведет настоящий фурор. Оказалось, что по скорости обработки данных ни одна машина в Европе не могла сравниться с почти никому не известной советской ЭВМ.

Но не стоит принижать значение второй машины, появившейся в 1953 году. Прежде всего потому, что создание «Стрелы» связано с именем Башира Искандаровича Рамеева, который вместе с Лебедевым и Бруком может быть назван основателем советской школы разработки вычислительных машин. До конца 60-х Рамеев был главным идеологом универсальных ЭВМ и первым в нашей стране выдвинул и попытался реализовать идею семейства ЭВМ с единой архитектурой. Ту идею, которая затем будет воплощена в знаменитых ЕС и СМ ЭВМ.

В СКБ-245 молодой тогда Рамеев попадает после долгих мытарств в поисках работы — его автобиография была основательно подпорчена клеймом «сына врага народа». Но инженерный талант, ярко проявившийся еще в период работы с Бруком, не мог остаться незамеченным, и Лесечко под личную ответственность приглашает Рамеева заведовать лабораторией в созданном незадолго до этого СКБ-245. Формально Рамеев считался заместителем главного конструктора «Стрелы», Базилевского, но фактически именно он был автором проекта машины.

Более удачливая «Стрела» была выбрана для промышленного выпуска. Все машины, о которых мы уже рассказывали — МЭСМ, БЭСМ, М-1 и М-2 — создавались в единичном экземпляре, в лабораторных условиях, силами разработчиков. «Стрела» — первая в СССР серийная ЭВМ: завод САМ выпустил семь экземпляров. Первый поступил в ИПМ АН СССР, следующие устанавливались в вычислительные центры, которые начали создаваться в Академии и в министерствах, связанных с атомной энергетикой и аэрокосмическими исследованиями.

Можно сказать, что ИТМиВТ и СКБ-245 в процессе создания машин создавали сами себя. Специалисты по ЭВМ начала 50-х становились таковыми в процессе работы над

машиной, ведь до них этим никто не занимался. Для макетирования основных блоков БЭСМ и «Стрелы» привлекались студенты-практиканты и выпускники, а основной кузницей кадров стал МЭИ. Здесь же Лебедев начинает читать курс лекций по вычислительной технике. А в МИФИ аналогичную работу ведет Рамеев. Его, правда, после 1953 отстранили от преподавания, поскольку сам лектор не имел законченного высшего образования.

## 1954-1955 гг. Создание системы вычислительных центров

**С 1955 года начинает свою историю первый вычислительный центр в стране**



**Первый ВЦ страны возглавил академик Анатолий Алексеевич Дородницын**

Поначалу в организации с громким названием «Вычислительный центр АН СССР» были установлены всего две машины — «Стрела» и БЭСМ, работавшие круглосуточно. Эксплуатация первых ламповых машин — задача далеко не простая, и выключались они, как правило, по особым датам (1 мая, 7 ноября и Новый год). Но даже при безостановочном цикле самые быстродействующие на тот момент вычислители — БЭСМ и «Стрела» — с трудом справлялись с потоком важнейших задач, которые ставили перед ними физики-ядерщики, ракетостроители и многие другие специалисты. Ежедневный план расчетов на машинах ВЦ АН СССР утверждался ни много ни мало — Председателем Совмина СССР.

Первый вычислительный центр страны возглавил академик Анатолий Алексеевич Дородницын. Научные интересы Дородницына были очень разнообразны — он

внес значительный вклад в развитие метеорологии, аэродинамики, методов решения дифференциальных уравнений. Но с появлением ЭВМ основным направлением его деятельности стала разработка новых вычислительных методов и их практическое применение. Под его руководством ВЦ постепенно превратился в крупную научно-исследовательскую организацию, где стали развиваться различные направления использования ЭВМ: моделирование глобальных процессов, моделирование экономических процессов, моделирование тактических военных действий, распознавание образов, проектирование самолетов, искусственный интеллект, программное обеспечение ЭВМ.

В ВЦ Академии наук проходили апробацию первые заводские экземпляры многих отечественных ЭВМ. В течение ряда лет Дородницын был председателем государственных приемочных комиссий, без которых не вводилась в эксплуатацию ни одна новая машина.

Первые ЭВМ стимулировали развитие вычислительной математики. Кроме того, стала очевидной необходимость более эффективных способов общения с машиной. На повестке дня оказалась задача автоматизации программирования. Только что возникшее понятие программирования, при достаточно настороженном к нему отношении, в том числе и в научных кругах, к середине 50-х обрело достаточный вес. Мехмат МГУ в 1954 году выпустил первых студентов, прослушавших курс «Программирование» профессора Ляпунова.

Ляпунов заложил основы нового направления, теории программирования, введя в 1954 году понятие «операторная схема программы». Операторная схема, представлявшая собой формальное описание программы, и поныне используется во всем мире для формального исследования свойств программ, а разработчики компиляторов применяют ее в процессе глобальной оптимизации объектного кода<sup>1</sup>.

Учить будущих программистов в МГУ Ляпунова пригласил Сергей Львович Соболев, с 1952 года заведовавший кафедрой вычислительной математики. Имя Соболева можно поставить в одном ряду с такими энтузиастами вычислительной техники, как Лебедев, Брук, Лаврентьев. С начала 50-х применение машин для решения вычислительных задач стало одним из главных направлений разносторонней научной деятельности Соболева. Именно по его инициативе в 1955 году создается еще один вычислительный центр — НИВЦ МГУ.

Среди выпускников 1954 года, впервые получивших университетское образование в области программирования, был будущий выдающийся ученый Андрей Петрович Ершов, вклад которого в создание и развитие науки информатики высоко оценен во всем мире. С 1957 года Ершов заведовал отделом автоматизации программирования в ВЦ АН СССР. А начинал он с разработки алгоритмов, численных методов и стандартных программ для БЭСМ и «Стрелы».

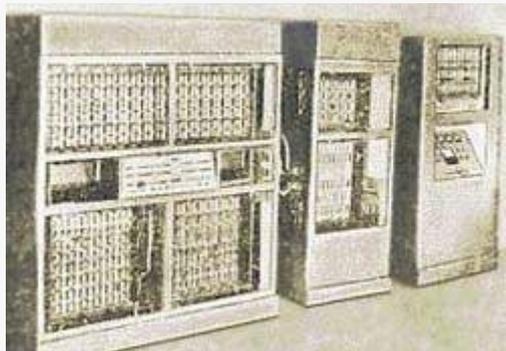
В 1954 году Ершовым в соавторстве с коллегами были написаны первые программы трансляции арифметических выражений в машинные коды. В этом экспериментальном прообразе компиляторов выражения, прежде чем передать их на обработку в ЭВМ, приходилось вручную переводить в двоичное или восьмеричное представление, поскольку машины тех лет не имели устройств ввода символьной информации.

Весной 1955 года в ИПМ была закончена работа над производственной версией компилятора для ЭВМ «Стрела». На входе компилятор получал программу, которая состояла из операторной схемы Ляпунова и конкретизирующих ее текстов. Как показала практика, полученный в результате объектный код был вполне сравним по эффективности с программой в машинных кодах, написанной вручную. Таковы были первые шаги по автоматизации программирования в СССР.

В 1955 году работы по созданию вычислительных машин стали постепенно распространяться из столицы в другие научные центры страны. Появился НИИ математических машин в Ереване и институт автоматики и электрометрии в Новосибирске. В Пензе открылся филиал СКБ-245. Производство ЭВМ в Пензе создавалось под новые проекты Рамеева. Здесь разработчик «Стрелы» со своими молодыми коллегами, в основном выпускниками МИФИ, начнет работу над сериями «Уралов». В скором будущем «Урал-1» и «Урал-2» пополнят парк вычислительной техники ВЦ Академии наук. Но эти машины — тема для отдельного разговора.

## 1956 г. Запуск М-3 в лаборатории Брука

В июне 1956 года заработала М-3, очередная машина лаборатории Брука



**М-3 оказалась родоначальницей главных советских плацдармов по производству ВТ — в Армении и Белоруссии**

Новое детище лаборатории электросистем ЭНИИ — М-3 — воплотило в себе окончательно сформулированную Бруком концепцию малогабаритной машины. ЭВМ предельной производительности, такие как БЭСМ и «Стрела», требовали специальных помещений, особых условий эксплуатации, занимали немалые площади («Стрела», например, располагалась на 145 кв. метров) и предназначались для сложных расчетов с максимально возможной скоростью

вычислений. Основным генератором таких задач был узкий круг организаций «особого» значения, которые решали проблемы поддержания военного паритета. Первые советские машины обчисляли задачи, которые ставили Курчатовский институт и КБ Королева.

Идея Брука состояла в том, чтобы расширить спектр применения ЭВМ, сделав их доступными вычислительным лабораториям, научным институтам, конструкторским бюро, которым нужны были цифровые вычислительные машины, но задачи которых не требовали рекордного быстродействия. Малогабаритная машина могла размещаться в обычном рабочем помещении, не стесняя сотрудников гигантскими размерами, потребляемой мощностью и специальными установками для охлаждения. Достаточно простая в разработке и сопровождении, малая ЭВМ стоила бы относительно недорого и позволила бы свести к минимуму число специалистов, которым предстоит ее обслуживать. Брук создавал концепцию доступной машины, понимая, как много задач требуют быстрого счета. И не только счета. Ученый вынашивал идею применения ЭВМ для автоматизации промышленных предприятий, где машина выступит в роли мощного устройства управления производственными объектами и процессами. Не случайно в 1956-м его лаборатория выделяется из состава ЭНИИ и преобразуется в независимый научный коллектив под названием Лаборатория управляющих машин и систем (ЛУМС).

Основы проекта первого советского мини-компьютера, машины М-3, разрабатывались Бруком и его молодыми сотрудниками, Бельнским и Матюхиным. Как и в случае с М-1, проект возглавил Николай Яковлевич Матюхин. На стадии наладки и ввода в эксплуатацию к бруковскому коллективу присоединились инженеры из НИИ электротехнической промышленности (ныне это НИИ электромеханики, ВНИИЭМ). Построение малой машины (М-3 занимала меньше 3 кв. метров — габариты большого платяного шкафа) оказалось возможным во многом благодаря применению полупроводниковых элементов, ставку на которые прозорливый Брук делал с самого начала своих разработок в области ЭВМ. В М-3 использовалось всего около 770 громоздких электронно-лучевых трубок, остальная элементная база — купроксные диоды. Оставалось совсем немного времени до полупроводникового бума, когда промышленность освоила выпуск полупроводниковых логических элементов для ЭВМ — транзисторов, которые в конечном итоге открыли путь к массовому выпуску экономичных машин.

Об истории с промышленным выпуском М-3 стоит сказать особо. Верный себе, Брук начал работы над этой машиной исключительно по собственной инициативе, без постановлений партии и правительства, что почти исключало возможность запуска новой разработки в серию. Однако схемы новой машины были столь красивы и просты, а голод на вычислительные машины столь велик, что сразу несколько московских организаций заинтересовались возможностью построения ЭВМ по документации лаборатории Брука. Обладавший довольно мощной производственной базой ВНИИЭМ изготовил три экземпляра М-3 — для собственных нужд, для КБ Королева и для Института математики АН Армении. Из последнего в скором времени выделился Ереванский институт математических машин, в котором по документации М-3 были запущены в производство ЭВМ «Арагац» и «Раздан». В те же годы был построен завод счетных машин в Минске. В 1959 главным инженером СКБ Минского завода стал Георгий Павлович Лопато, принимавший участие в наладке М-3 во ВНИИЭМ. По его инициативе схемы М-3 были взяты за основу для первой ЭВМ серии «Минск». Таким образом, М-3 оказалась родоначальницей плацдармов по производству вычислительной техники — в Армении и Белоруссии.

Более того, схемы бруковской машины были переданы в Академии наук Китая и Венгрии. Так что можно сказать, что М-3 способствовала развитию компьютеростроения и в других странах.

1956 год связан с еще двумя значительными событиями. В Москве прошли два представительных научных форума — 3-й Всесоюзный математический съезд и конференция «Пути развития советского математического машиностроения и приборостроения». На съезде математиков Соболев выступил с обзорным докладом «Некоторые современные вопросы вычислительной математики». Положения этого доклада включали в себя среди прочих проблемы матобеспечения ЭВМ, теории программирования и обратного влияния машин на развитие математики.

12 марта 1956 года в актовом зале МГУ открылась конференция, которая впервые собрала специалистов по совершенно новому направлению науки и инженерии со всей страны. Список докладов на пленарных заседаниях этого форума разработчиков вычислительной техники может служить справочником по истории первых советских ЭВМ. На конференции выступали Лебедев, Базилевский, Рамеев, Матюхин, Карцев, Бельинский и многие другие специалисты, непосредственно участвовавшие в создании БЭСМ, «Стрелы», М-2 и М-3. Здесь же прозвучали доклады ведущих математиков, которых в 50-е годы увлекла теория и практика программирования ЭВМ, — Шура-Бура, Ляпунова, Янова, Камынина, Любимского, Ершова.

## 1957 г. Начало выпуска малой ЭВМ «Урал-1», разработанной Баширом Рамеевым в Пензе



**Башир Рамеев и его детище — «Урал-1», представленное ныне в экспозиции Политехнического музея**

С ЭВМ «Урал-1» связано появление новой точки на советской компьютерной географической карте. Выпуск машины был начат в 1957 году в Пензе. Ее главный конструктор, Башир Искандарович Рамеев, вместе с коллегами удостоившись в 1953 году Госпремии за создание «Стрелы», начал работу над проектом новой машины. Помощников он нашел среди собственных воспитанников. Студенты-дипломники, а потом выпускники МИФИ в 1955 году

вместе с Рамеевым отправились в Пензу, где для признанной перспективной новой машины «Урал-1» специально выделялся завод. С этого года начинается история пензенской школы вычислительной техники, которую возглавлял Рамеев и с которой связаны многие известные в этой области имена. Некоторые из них продолжили работу с Рамеевым над серией «Уралов» и специализированными ЭВМ, другие стали ведущими разработчиками машин в Минске, Москве и других городах.

Итак, в Пензе открылся филиал московского СКБ-245, главным инженером которого стал Рамеев. Позже на базе этого филиала возник НИИ управляющих вычислительных машин, затем переименованный в НИИ математических машин (НИИММ). Так и не получивший диплома о высшем образовании, Рамеев в начале 60-х стал доктором технических наук «по совокупности работ», без защиты диссертации. «Совокупность» была действительно впечатляющей. Вслед за первым «Уралом» последовало еще несколько ламповых машин под тем же названием, но с другими порядковыми номерами, и ряд специализированных ЭВМ. В серии «Уралов» Рамеев пытается реализовать одну из главных своих концепций — создавать машины с унифицированными компонентами, семейство машин, отличающихся друг от друга по производительности, но сходных по общим принципам построения (то, что позже мы назовем архитектурой ЭВМ) и программно совместимых. Идея, предвосхищающая знаменитые разработки IBM. У Рамеева она свое окончательное воплощение найдет в семействе полупроводниковых «Уралов» в середине 60-х.

Выпущенный в 1957 году «Урал-1» по своему классу относится к малым ЭВМ. Это была относительно небольшая по размерам машина с одноадресной системой команд, с не самой высокой на то время производительностью (100 операций в секунду) и оперативной памятью на магнитном барабане в 1024 слова по 36 разрядов. Можно было использовать внешнюю память на магнитной ленте емкостью 40 тыс. слов. В общем, это была недорогая и вполне эффективная для инженерных расчетов машина, благодаря чему она и пользовалась большим спросом и не один год проработала в разных институтах и ВЦ.

4 октября 1957 года в СССР был запущен первый искусственный спутник. опередить США помогло наличие вычислительной техники, позволившей автоматизировать сложнейшие расчеты (например, задачи баллистики при подготовке спутника обстреливались на «Стреле» в Институте прикладной математики). В 1957 году советская

промышленность осваивает выпуск транзисторов, и скоро начнется новый период в разработке ЭВМ — создание полупроводниковых машин, машин второго поколения. К концу 50-х оформились основные научные школы советской ВТ. Пока есть все основания с оптимизмом смотреть в будущее.

После разработки еще нескольких моделей "Урал" на ламповой элементной базе Рамеев в 1960 году перешел к созданию семейства полупроводниковых Уралов. Машины Рамеева представляли собой универсальные системы для решения различных инженерно-технических, планово-экономических и управленческих задач. В этой серии была воплощена идея создания унифицированного семейства конструктивно и программно совместимых машин разной производительности. Фактически, это уже были принципы разработки машин третьего поколения, получившие у нас воплощение в сериях ЕС и СМ ЭВМ в 70-е годы.

В 60-х годах разрабатывался полупроводниковый комплекс логических элементов "Урал-10" - первый полупроводниковый комплекс логических элементов в Советском Союзе. На основе комплекса была разработана целая серия машин - "Урал-11", "Урал-14", "Урал-16".

Машины "Урал-11", "Урал-14" и "Урал-16" представляли собой семейство с унифицированным интерфейсом с внешними устройствами и унифицированными оперативными и внешними ЗУ (правда, унификация в значительно меньшей степени распространялась на АЛУ и совсем не касалась устройств управления). Такой подход облегчал компоновку систем и упрощал их серийное производство. Унификация и модульный принцип построения позволяли комплектовать машины с различным составом устройств и различным объемом памяти. Кроме того, в ЭВМ "Урал" предусматривались конструктивные возможности для построения многомашинных вычислительных комплексов. Большая емкость оперативной памяти, эффективные средства защиты памяти и развитая система прерываний позволяли строить различные системы обработки данных коллективного пользования для работы в режиме разделения времени. И хотя последние три модели серии "Урал" относятся ко второму поколению ЭВМ, в их архитектуре присутствовало много черт, присущих машинам третьего поколения.

## 1958 г. Начало эксплуатации М-20 - самой быстродействующей в мире

К 1958 году кибернетика перестала считаться в Советском Союзе лженаукой



**В 1958 году АН СССР в серии «Вопросы советской науки» опубликовала проблемную записку Исаака Семеновича Брука «Разработка теории, принципов построения и применения специализированных вычислительных и управляющих машин»**

«Самая быстродействующая в мире» — с такой оценкой в 1958 году Государственная комиссия приняла новую машину Лебедева, М-20. ЭВМ М-20 действительно одна из самых производительных и надежных ламповых машин, созданных в 50-е. Цифра 20 в названии означает 20 тыс. операций в секунду. К такой скорости счета приближалась только американская машина «Норк», которая была гораздо более громоздкой, поскольку содержала в пять раз больше ламп.

При создании М-20 объединили свои усилия недавние конкуренты — ИТМиВТ и СКБ-245. Советское правительство посчитало нецелесообразным продолжать сравнивать быстродействие машин двух «фирм», и в 1955 году издало постановление о совместной разработке новой ЭВМ. Обе организации внесли в процесс создания машины то, чем были сильны. Академический институт обеспечил разработку общей идеологии и структуры М-20, а на отраслевое СКБ-245 легла ответственность за качественную техническую документацию и создание опытного образца машины, которое предшествовало серийному заводскому выпуску. У главного конструктора М-20 Лебедева в СКБ был заместитель, молодой и перспективный инженер Михаил Кириллович Сулим, который спустя десятилетие станет одной из ведущих персон советского компьютеростроения.

Чтобы добиться столь высокого быстродействия на малоэффективной элементной базе, надо было проявить незаурядную изобретательность. М-20 знаменита рядом интересных новшеств, авторами которых был главный идеолог машины Лебедев и другой его заместитель, видный математик и один из первых советских программистов Михаил Романович Шура-Бура. Шура-Бура вместе с Лебедевым разрабатывал систему команд и руководил созданием матобеспечения М-20. Это была первая советская ЭВМ с собственным системным программным обеспечением — пакетом стандартных подпрограмм ИС-2. Благодаря им программы для М-20 могли записываться на мнемокоде, а не в двоичных машинных командах, как было на всех предшествующих ЭВМ. Это означало, что практика работы с ЭВМ становилась более демократичной, круг ее пользователей, прежде ограниченный привилегированной прослойкой посвященных в таинства машинного языка, постепенно начинал расширяться.

Но вернемся к архитектурным находкам, которые позволили М-20 оказаться по быстродействию одной из самых передовых в мире машин. В ЭВМ было предусмотрено некоторое совмещение выполнения частей операций — выборка следующей команды из памяти начиналась, не дожидаясь окончания работы арифметического устройства. Для того чтобы ускорить операции сложения и умножения, была усовершенствована работа цепей переноса, и умножение выполнялось сразу на четыре разряда. Кроме того, в М-20 аппаратно реализована частая для математических расчетов операция извлечения корня. Общему повышению эффективности работы машины способствовали и такие решения, как индексная арифметика, введение новых логических операций процессора, совмещение вывода на печать с работой процессора с помощью буфера на магнитном барабане.

Важно, что все эти новшества не повлекли за собой значительного увеличения ламп. Наоборот, в М-20, по сравнению с предыдущими разработками Лебедева, ламп стало намного меньше, всего 1600. Благодаря этому М-20 оказалась не только очень быстрой, но и очень надежной машиной. Сократить число ламп позволили оригинальные схемотехнические решения, автором которых был Петр Петрович Головистиков из ИТМиВТ. Он предложил ввести импульсный принцип построения схем устройств параллельного действия (динамические триггеры), что и дало возможность уменьшить число ламп. Кроме того, значительную часть элементной базы составляли полупроводниковые диоды, на которых были выполнены все логические схемы машины.

Однако новшества в схемотехнике на некоторое время стали предметом головной боли разработчиков машины. В 1957 в СКБ-245 был закончен ее опытный образец. Оставался один шаг до сдачи М-20 в серийное производство, но шаг по тем временам очень трудный — наладка, то есть обеспечение нормальной работы. И как раз на этом этапе возникли сложности с динамическими элементами, которые казались абсолютно надежными при тестировании на малых макетах в институте. Работа, к большому огорчению ее руководителей, застопорилась. Среди недоброжелателей пошли толки об ошибочности динамического подхода и необходимости возврата к старым добрым лампам. В конце концов, все кончилось хорошо, с трудностями справиться удалось, и М-20 пошла в производство, сохранив практически все новые идеи разработчиков.

Лебедев же очень плодотворно использовал возникшую паузу в работе над М-20 — он решил пустить в серию свою предыдущую машину, БЭСМ, используя для этого конструктивы М-20, более совершенную ферритовую память М-20 (только в два раза меньше), а также заменив в БЭСМ ламповые диоды на полупроводниковые, как в М-20. Так в 1958 появилась производственная версия БЭСМ, БЭСМ-2, созданная на заводе имени Володарского в Ульяновске.

М-20 начали выпускать в том же году на заводе вычислительных машин в Казани. По воспоминаниям одного из участников разработки Марка Валерьяновича Тяпкина, М-20 и БЭСМ считались машинами разных весовых категорий и потому предназначались разным пользовательским коллективам. М-20 выделялась своими архитектурными идеями, более совершенной и сложной логикой, и потому именно она устанавливалась в организациях с сильными эксплуатационниками. Таковыми были, например, закрытые институты в номерных Арзамасе и Челябинске. К использованию БЭСМ предъявлялись менее высокие требования, поэтому с машиной успешно справлялись в учебных институтах, стояла она и в вычислительных центрах Академии наук СССР и МГУ.

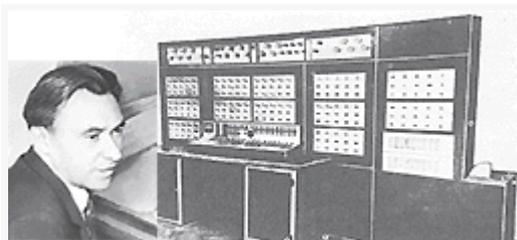
Итак, 1958-й — год очередной победы лебедевской школы. Но и для второго основоположника советской вычислительной техники, Исаака Семеновича Брука, этот год очень важен. В 1958 году АН СССР в серии «Вопросы советской науки» опубликовала его проблемную записку «Разработка теории, принципов построения и применения специализированных вычислительных и управляющих машин». В этой работе Брук систематизирует предложения по применению ЭВМ в автоматизации промышленности. Он формулирует основные направления научных исследований по управлению технологическими объектами с помощью вычислительных машин и созданию систем управления, которые включают в себя в качестве необходимого звена человека — оператора управляющей ЭВМ.

Брук первым столь серьезно подошел к задаче создания ЭВМ не только как мощных вычислителей, но и как эффективных средств управления производственными процессами. Идеи Брука шли еще дальше — в перспективе он рассчитывал на

использование машин для автоматизации управления экономикой. По существу, теоретические работы Брука в конце 50-х относились к только получившей в СССР легальный статус новой науке — технической кибернетике. Кстати, в том же 1958-м в русском переводе издаются книги основоположника кибернетики Норберта Винера и одного из лучших ее популяризаторов Поля Косса. То, что идеи автоматизированного управления уже не считаются в СССР лженаукой, подтверждают практические шаги руководства страны, последовавшие за публикацией записки Брука. В конце 50-х один за другим организуются НИИ и КБ для создания и применения управляющих ЭВМ.

## 1959 г. Завершение разработки уникальной троичной ЭВМ «Сетунь» в МГУ

Всем известно, что в компьютерах для вычислений и представления информации используется двоичная система, в соответствии с которой единица данных, байт, представляет собой последовательность нулей и единиц. Но многие ли знают о том, что в Советском Союзе была создана и несколько лет успешно работала троичная машина. Речь идет об ЭВМ «Сетунь», разработка которой завершилась в 1959 году в стенах МГУ. Ее главный конструктор — Николай Петрович Брусенцов.



**Опытный образец ЭВМ «Сетунь» и ее создатель Николай Петрович Брусенцов, 1959 год**

Брусенцов начал работу в Московском университете в 1953 году, сразу после окончания МЭИ.

Возглавлявший в те годы кафедру вычислительной математики мехмата МГУ Сергей Львович Соболев намеревался заполучить М-2 в университет. Но по стечению обстоятельств машина в МГУ не попала. Соболев же загорелся идеей разработки малой ЭВМ специально для использования в учебных заведениях. Для этого при только еще организующемся ВЦ МГУ открывается специальная проблемная лаборатория, а при ней — семинар, где первые университетские программисты — Шура-Бура, Семендяев, Жоголев и, конечно, сам Соболев — искали пути к созданию малогабаритной, надежной, простой в использовании и недорогой машины. Брусенцов включился в работу семинара.

Один из основных обсуждавшихся вопросов — на какой элементной базе строить машину. Ламповые машины уже тогда казались чересчур громоздкими и энергоемкими, их эксплуатация и обслуживание требовали значительных усилий. Полупроводниковые транзисторы только начинали появляться и были слишком ненадежны. Остановились на магнитных элементах. 23 апреля 1956 года состоялось заседание семинара, участники которого приняли окончательное решение о разработке малой ЭВМ на магнитных логических элементах (пока речь идет о машине с двоичным представлением данных), сформулированы технические требования и назначен руководитель разработки — Брусенцов. Он же и единственный исполнитель.

К этому времени уже существовала машина, полностью выполненная на магнитных элементах, — в ИТМиВТ, в лаборатории Гутенмахера. За несколько лет до того именно Гутенмахер должен был стать основным разработчиком ЭВМ в СКБ-245, причем планировалось делать машину на разработанных им феррит-диодных элементах. Однако с

приходом в СКБ Рамеева работа была переориентирована на электронные лампы, и в результате появилась ЭВМ «Стрела», о которой мы уже рассказывали. Гутенмахер же закончил свою машину в ИТМиВТ, где она и работала. Машина была низкой производительности, с большим количеством недостатков, особенно в отношении электротехники. Поскольку новую университетскую ЭВМ решено было строить на магнитных элементах, Брусенцова по протекции Соболева допустили в окутанную атмосферой большой секретности лабораторию Гутенмахера на стажировку.

Размышления о том, как устранить многочисленные проблемы этой машины, неожиданно привели его к мысли об использовании троичной системы счисления. Вот что пишет он сам: «Оказалось, что эти элементы не только весьма удобны для построения троичных цифровых устройств. Троичные устройства получаются существенно более экономными в отношении количества оборудования и потребляемой мощности, более быстрыми и структурно более простыми, чем двоичные устройства, реализованные на тех же элементах».

Соболев поддержал замысел Брусенцова — создать троичную ЭВМ. Штат лаборатории увеличился до 20 человек, которые собственными руками изготовили опытный образец машины (он эксплуатировался в МГУ 15 лет). Наладка была выполнена очень быстро — за десять дней. Назвать новую ЭВМ решили по имени реки, протекавшей недалеко от университета — «Сетунь».

Наверно, такая необычная машина могла родиться только в университетских стенах. В троичной цифровой технике используются трехзначные сигналы и трехстабильные элементы памяти (трит). Аналог байта — трайт (шестерка тритов). Очевидно, что по сравнению с двоичной машиной в троичной элементы усложняются, но зато удается упростить создаваемые из них структуры и увеличить скорость обработки данных. Своей простотой и практичностью «Сетунь» обязана представлению чисел и команд в симметричном коде —  $(-1,0,1)$ . По существу, у университетских разработчиков получился первый RISC<sup>1</sup>-компьютер: длина машинного слова — 9 тритов, всего 24 команды, при этом удавалось с большой эффективностью реализовать разнообразные алгоритмы. На «Сетуни» решались задачи: математического моделирования в физике и химии, оптимизации управления производством, краткосрочных прогнозов погоды, конструкторских расчетов, компьютерного обучения, автоматизированной обработки экспериментальных данных и т. д.

Еще одной особенностью машины была страничная двухуровневая организация памяти. Магнитный барабан, позаимствованный у ЭВМ «Урал», был связан с быстрой оперативной памятью постраничным обменом. Таким образом получался своего рода кэш<sup>2</sup>, который способствовал повышению производительности машины.

Брусенцов стремился опровергнуть миф о трудной постижимости, даже некоей мистичности трехзначной логики, на которой основывается работа «Сетуни». Миф этот берет начало в средних веках, когда проповедовавшего идеи трехзначной логики Уильяма Оккама чуть не сожгли на костре. Себе в союзники Брусенцов берет Аристотеля и Льюиса Кэрролла, также развивавших принципы трехзначной логики. На самом деле в жизни очень многие вопросы предполагают тройственный ответ: да — нет — может быть, поэтому трехзначная логика вполне адекватна действительности, и, может быть, как форма мышления даже более удобна и привычна для людей, чем логика двужначная.

Однако, несмотря на очевидные плюсы нетрадиционной машины, зеленой улицы ей не дали. «Сетунь» выпускалась серийно в Казани, но небольшими партиями, по 15-20

машин в год без большого энтузиазма со стороны производителей. За пять лет было выпущено 50 машин, 30 из них стояли в высших учебных заведениях. «Сетунь» действительно оказалась надежной — практически без всякого сервиса она работала и в Калининграде, и в Магадане.

Брусенцов развил свои идеи в новой машине «Сетунь-70», которая была закончена в 1968 году. Убежденный в том, что «истинный RISC может быть только троичным» (хотя в те годы эта терминология еще не употреблялась), он создал машину, в которой объединил принципы эффективной архитектуры на минимальном наборе команд, трехзначную логику, троичный код и идеи структурного программирования. Но после завершения работ над «Сетунью-70» лаборатория Брусенцова была вынуждена прекратить разработки ЭВМ, фактически изгнана из МГУ. Тем не менее на новой машине удалось сделать систему «Наставник», которая использовалась в процессе обучения студентов с помощью компьютера.

## 1960 г. Секретные машины

В 1960 году об ЭВМ М-4 для радиолокационных станций не писали



**Михаил Карцев построил ЭВМ М-4 была на принципиально новой элементной базе — полупроводниковых транзисторах**

В 1960 году об этих машинах не писали. Строгой секретностью были окружены все исследования и разработки, непосредственно связанные с решением военных задач. Поэтому широкой аудитории сведения о специализированных машинах стали известны только в 90-е. А в 1960-м, когда заработала первая система обработки информации в реальном времени для систем противоракетной обороны (ПРО) и были выпущены первые экземпляры ЭВМ М-4 для радиолокационных станций, эти события стали предметом гордости лишь небольшого круга непосредственных участников и заказчиков — военных.

СССР первым реализовал систему безъядерного поражения баллистической ракеты. Вычислительные машины Лебедева и Бурцева играли в первых комплексах ПРО решающую роль.

Работы по системам ПРО проводились также в лаборатории Брука. Начались эти работы в 1957 г. почти случайно. Отдыхая в Кисловодске с директором Радиотехнического института (РТИ) академиком Минцем, Брук настолько заинтересовал его рассказами о работах над первыми ЭВМ, что Минц предложил сделать машину для управления и обработки информации радиолокационной станции «Днепр». РТИ делал первый радиолокатор для системы раннего предупреждения о ракетном нападении (СПРН). Так же, как и ПРО, СПРН в Союзе в эти годы только-только начинает создаваться.

Брук согласился, его лаборатория ЛУМС и РТИ совместно в 1957 г. подготовили техническое задание на машину, и работа пошла. Впервые, кстати, вычислительная система делалась по ТЗ конкретного заказчика, и это во многом помогло разработчикам —

с самого начала они искали оптимальное техническое решение для известных алгоритмов обработки информации. Главным конструктором электронной управляющей машины (ЭУМ) М-4 стал Михаил Александрович Карцев, а его основным помощником — старший конструктор Владалекс Владимирович Бельнский. Для Карцева это был решающий момент в жизни — вся его дальнейшая научная судьба будет связана с вычислительной техникой для СПРН.

Задача управления РЛС предъявляла очень серьезные требования к объемам информации, скорости обработки, емкости памяти, надежности машины. Карцев обладал незаурядным инженерным талантом, разработчики за годы работы с Бруком стали настоящими профессионалами в новой области, и машина получилась удачной и во многом первопродолческой. Впервые внутренняя память была разделена на оперативную память данных и ПЗУ программ и констант. В результате повышалась устойчивость к отказам и сбоям, надежность машины. В М-4 появились спецпроцессоры ввода/вывода, благодаря чему распараллеливались обработка данных и обмен с внешними устройствами, и М-4 работала быстрее. Аппаратно реализовали извлечение квадратного корня — в задачах такого рода эта операция занимает порядка 30% общего счета.

Но главное, М-4 была одной из первых машин на принципиально новой элементной базе — полупроводниковых транзисторах (кроме памяти, которая по-прежнему реализовывалась на ферритах). Брук обратил внимание на перспективные возможности полупроводниковых элементов еще в самом начале работ над вычислительными машинами, а когда в 1957 году в стране начался промышленный выпуск транзисторов, в ЛУМС активно занялись изучением их свойств. И пришли к выводу, что на транзисторах удастся построить надежные машины с быстродействием не ниже 10 тыс. операций в секунду. М-4 считала со скоростью 20 тыс. операций в секунду.

Летом 1960 года Загорский электромеханический завод выпустил две машины. Их установили в РТИ для настройки, а затем одну отправили непосредственно на объект, где-то неподалеку от озера Балхаш. В самом напряженном режиме создатели машины вместе с разработчиками РЛС «Днепр» доводили до полностью рабочего состояния весь комплекс. Это была хорошая школа для Карцева и его коллег. К создателям «железа» наконец подключились и программисты, которые делали матобеспечение машины и одновременно участвовали в отладке основных эксплуатационных программ РЛС. В 1962 году объект прошел госиспытания. «С этих успешных испытаний и начался один из героических периодов жизни нашего коллектива», — сказал Карцев на пятидесятилетии НИИ вычислительных комплексов (НИИВК), института, научный костяк которого составила спецлаборатория № 2.

У второго экземпляра М-4 была иная судьба. К тому времени в РТИ сделали модернизированный вариант РЛС «Днепр», и для него решили несколько изменить и управляющую машину. Первый вариант М-4 мог решать задачи станции только в том случае, если вся поступающая с нее информация уже отсортирована. Карцев решил добавить в свою ЭВМ устройство, которое само выполняло бы такую предварительную обработку (так оно и называлось — устройство предварительной обработки, УПО). Участник разработки М-4 Юрий Рогачев, который непосредственно занимался созданием модификации М-4 с УПО (она получила название М-4М), вспоминает, что перед ним встала непростая задача добавить в машину новое устройство, не внося при этом никаких изменений в ее конструкцию. Удалось это благодаря тому, что было найдено оригинальное решение для электронных логических схем на новых, более мощных высокочастотных транзисторах. Возможности работы с ними исследовались еще в ходе

разработки М-4, и было даже построено альтернативное арифметическое устройство на более совершенных полупроводниковых элементах.

После испытаний комплекса в Казахстане вышло правительственное постановление о запуске М-4 в серию. Но больше промышленных выпусков этой машины не было. Карцев неожиданно для всех решает, что в будущей территориальной сети СПРН должна работать другая ЭВМ. Об этой истории мы расскажем в следующих выпусках нашей хронологии.

## 1961 г. Возрождение киевской школы

**В 1961 году была пущена в серию первая разработанная под руководством В. М. Глушкова ЭВМ «Днепр»**

1961 год в нашей хронологии — хороший повод начать рассказ о выдающемся ученом, кибернетике, создателе теории основ ЭВМ, горячем проповеднике идей АСУ, разработчике оригинальных вычислительных машин Викторе Михайловиче Глушкове. Вклад Глушкова в развитие отечественной вычислительной техники действительно огромен, и на протяжении 60-х и 70-х годов будет еще немало поводов рассказать о конкретных достижениях его научной школы.



**Виктор Глушков и его ЭВМ «Днепр»**

В 1961 году вышли в свет труды Глушкова по теории автоматов и была пущена в серию первая разработанная под его руководством ЭВМ «Днепр». Монографии «Синтез цифровых автоматов» и статья «Абстрактная теория автоматов» в журнале «Успехи математических наук» заложили основы теории ЭВМ. Глушков показал, как использовать понятие «автомат» в качестве математической абстракции структуры ЭВМ и процессов, происходящих внутри вычислительной машины. Тем самым он поставил процесс проектирования ЭВМ на серьезный теоретический фундамент, и это открыло совершенно новые возможности в технологии разработки компьютеров. Книга «Синтез цифровых автоматов» позже была переведена на английский и переиздана в США. Так имя кибернетика Глушкова начало завоевывать мировое признание.

Первый сборник по теории автоматов увидел свет в США в 1956 году, и именно знакомство с ним подтолкнуло Глушкова к обдумыванию этой задачи. 1956 год знаменателен для Глушкова — достаточно неожиданно для всех он радикально меняет сферу своей деятельности и всю оставшуюся жизнь посвящает проблемам кибернетики и разработке вычислительных машин. Говорят, толчком к этому послужила книга Анатолия Ивановича Китова «Цифровые вычислительные машины» — только что выпущенный в Союзе первый учебник по вычислительной технике. К этому времени 33-летний Глушков — сложившийся математик, специалист в одной из самых сложных и абстрактных областей математики — топологической алгебре, доктор наук. В основе его докторской диссертации лежало решение пятой проблемы Гилберта, над которой безуспешно бились многие алгебраисты мира. Так что те выдающиеся результаты, которых достиг этот

замечательный ученый в области теории и практики ЭВМ, зиждутся на мощной базе фундаментальной математики.

Глушков попал в Киев по приглашению Гнеденко, в то время директора Института математики АН Украины. С Гнеденко он познакомился в Москве, в МГУ, где готовился к защите докторской диссертации. Глушков принял руководство лабораторией вычислительной техники и математики Института математики АН Украины, бывшей Лебедевской лаборатории, где создавалась первая советская ЭВМ — МЭСМ. Вскоре после того, как лабораторию возглавил Глушков, она была преобразована в ВЦ АН УССР, а в конце 1962 года ВЦ стал Институтом кибернетики. В 60-е и 70-е годы Институт кибернетики завоевал мировую известность как центр развития кибернетики и поиска новых нестандартных идей в области вычислительной техники.

Глушков был не просто достойным преемником Лебедева. Научная школа Глушкова — это колоссальные по своей важности теоретические изыскания в области разработки ЭВМ, теории программирования, искусственного интеллекта, автоматизации управления. Но самое главное — коллектив Глушкова всегда стремился реализовать свои идеи на практике. Как говорил сам Глушков, в своей работе он руководствовался принципом дальних и ближних целей. «В новой науке, каковой является кибернетика, не следует заниматься какой-то конкретной ближней задачей, не видя дальних перспектив ее развития. И наоборот, никогда не следует предпринимать дальнюю перспективную разработку, не попытавшись разбить ее на этапы...». Каждый такой этап сам по себе должен был приносить конкретную пользу. Этому принципу Глушков следовал всегда. Поэтому в Киеве появлялись уникальные по смелости решений машины, которые выпускались серийно и работали, принося реальную пользу Отечеству.

О завершенных в 1961 году работах по теории автоматов Глушков говорил так: «Вычислительные машины тогда проектировались на основе инженерной интуиции... Я решил превратить проектирование машин из искусства в науку». В отличие от американских теоретиков цифровых автоматов, Глушков сразу стремился направить новую теорию на решение реальных задач проектирования машин. Он организовал специальный семинар по цифровым автоматам, на котором помимо теоретических проблем решались вопросы разработки ЭВМ «Киев». Это была очень интересная машина, однако в серию она еще не пошла. Один ее экземпляр был куплен Международным институтом атомных исследований в Дубне.

Интересно, что в этой машине нашло свое практическое воплощение еще одно важное направление теоретических изысканий Глушкова — искусственный интеллект. «Киев» оказалась первой в Европе системой цифровой обработки изображений и моделирования интеллектуальных процессов. У этой машины было два совершенно не типичных для того времени периферийных устройства — устройство ввода изображений с бумажного носителя и устройство вывода изображений из ЭВМ, прообраз современного дисплея. С их помощью на машине моделировались простейшие алгоритмы обучения распознавания образов и обучения целенаправленному поведению. Эту, еще ламповую машину учили понимать простейшие предложения на естественном человеческом языке!

Разработка ЭВМ «Киев» была начата еще до прихода Глушкова в лабораторию, он подключился к этому процессу уже на последних этапах технического проектирования, сборки и наладки. В это же время он обдумывал разработку другой ЭВМ, машины, которая управляла бы технологическими процессами на производстве. Это было в том же 1958 году, когда в Москве Брук обосновывает принципы создания и применения ЭВМ для управления производственными процессами. Но инициативы Глушкова поначалу не

встретили особого энтузиазма. Считалось нецелесообразным отказываться от привычных аналоговых устройств, с помощью которых автоматизировались отдельные заводские процессы, в пользу громоздких, сложных ламповых машин.

Идею универсальной управляющей машины (УМШН — управляющая машина широкого назначения) удалось реализовать благодаря переходу к новой элементной базе, полупроводниковым транзисторам. Разработчики под руководством Глушкова сформулировали основные характеристики такой машины — полупроводниковые элементы, транспортабельность, высоконадежная защита, небольшое число разрядов. И наконец, самое главное — использование универсальных устройств связи с объектами (УСО). УСО представляют собой набор аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей, с помощью которых ЭВМ получает информацию от производственного процесса и управляет им.

В начале 50-х Украина стала первопроходцем в области вычислительной техники в СССР, здесь появилась МЭСМ. Почти через 10 лет Украина снова отличилась — в 1961 году в Киеве госкомиссия принимает первую полупроводниковую управляющую машину для гражданского производства «Днепр» (о разработанных в Москве управляющих ЭВМ для систем ПРО и СПРН мы уже рассказывали). Глушков отмечал, что «Днепр» установила мировой рекорд по скорости разработки — идея была высказана на всесоюзной конференции в Киеве в 1958 году, а первые машины заработали на производстве в конце 1961-го. Работы над аналогичной ЭВМ американцы начали раньше, но запустили ее в производство тем же летом 1961 года. Это было время, когда мы еще шли наравне с другими в области развития вычислительной техники, а в чем-то могли и опережать. Виктор Михайлович Глушков назвал этот период «героическим». Правда, сокрушался потом, что так и не удается выйти из героического состояния в том, что касается организации работ по производству машин.

«Днепр» прекрасно выдерживала сложные условия работы и хорошо послужила отечественному производству. С его помощью удалось впервые в мире осуществить автоматизацию научного эксперимента — в начале 60-х он использовался для обработки данных, полученных из Атлантического океана. Машина выпускалась долго, 10 лет, и даже в начале 70-х, когда шла подготовка к совместному космическому полету «Союз — Аполлон», была выбрана для управления большим экраном отображения информации в ЦУПе. Разработка «Днепра» послужила стимулом к развитию собственного производства вычислительной техники на Украине — по инициативе Глушкова в Киеве началось строительство завода вычислительных и управляющих машин.

## 1963 г. Начало производства второй машины серии «Минск»



**Недорогие машины серии «Минск» были изначально предназначены для использования в КБ, научных лабораториях в НИИ и вузах**

Вторая машина серии «Минск» — первая универсальная советская ЭВМ второго поколения, то есть машина на полупроводниках, была предназначена для решения общих научных и инженерных задач. «Минск-2» была третьей машиной, которую выпускал Минский завод ЭВМ им. Орджоникидзе. Сначала, в 1959 году, только что построенный, но не обеспеченный реальными разработками, завод освоил производство созданной в Москве ЭВМ М-3. В 1960-м начали выпуск первой машины собственной разработки — ламповой «Минск-1».

К моменту появления «Минска» в стране уже было налажено довольно внушительное серийное производство вычислительных машин — в Москве выпускали М-20, в Пензе шли ламповые «Уралы», на наладке стояли ереванский «Раздан» и киевский «Днепр». Минские малые машины активно вторглись на эту во многом освоенную территорию и, как сказали бы сегодня, заняли на рынке свою нишу. Причем значительную — такого количества машин одной модели, как в Минске, не выпускало ни одно отечественное производство. «Уралов», как ламповых, так и полупроводниковых, было сделано около 350 штук, а выпуск машины «Минск-2» и ее модификации «Минск-22» составил порядка 900 машин. Причем это была ЭВМ высокого качества, с богатым программным обеспечением, множеством архитектурных находок. Минские машины пользовались огромной популярностью, и, будь в нашей стране другая экономика, имели бы настоящий коммерческий успех. Чем же объясняется феномен «Минска»?

В столице Белоруссии в конце 50-х одновременно с заводом создали СКБ. С самого начала разработчики и производственники работали в одной связке, в тесной зависимости друг от друга, в том числе и в финансовом плане. Нет документации на очередную машину — стоит производство, стоит производство — не получают материального вознаграждения не только работники завода, но и инженеры СКБ. В Минске разрыв между окончанием разработки и началом выпуска сводился к минимуму, в некоторых случаях не превышая трех месяцев. В то время когда новая модель шла в производство, инженеры уже готовили следующую разработку. Такая организация работ обеспечивала каждые два года появление очередной новинки. Это было очень нетипично для нас — обычно институты разрабатывали свои машины, не особо задумываясь о том, где и как она будет затем производиться.

В Минске изначально ориентировались на массовый выпуск недорогих машин для КБ и научных лабораторий в НИИ и вузах. Как вспоминает Виктор Пржиялковский, главный конструктор нескольких моделей минских машин, в том числе «Минск-2», было решено сразу нацелиться на производство вычислительной техники в огромных (по тем масштабам) количествах.

Малая машина «Минск-2» была первой в нашей стране ЭВМ с возможностью обработки алфавитно-цифровой информации. Создавая недорогие, компактные машины для инженерных расчетов, минчане все серьезнее задумывались о применении

вычислительной техники на предприятии для планирования производства и других экономических задач. Поэтому у «Минск-2» появились две модификации — «Минск-22» и «Минск-23». В «Минск-22» расширили возможность подключения внешних устройств, с особой тщательностью подошли к надежности и удобству работы с основным носителем информации — магнитной лентой. Вместе с машиной поставлялся обширный набор стандартных программ, в том числе транслятор с Фортрана и транслятор созданного у нас языка АЛГЭК — гибрида Алгола-60 и Кобола, языка высокого уровня для экономических задач. И в этом отношении минские машины были уникальны — в традициях отечественного производства ЭВМ было поставлять «голые машины», предоставляя пользователям «одевать» их в нужное программное обеспечение.

Очень интересная машина — «Минск-23». Хотя выпущено их было всего 28 штук («Минск-22» — 734 машины), в классическом учебнике Королева по структурам ЭВМ им уделено места в шесть раз больше, чем «Минск-22». Это была ЭВМ для «бизнес-применений» — обработки данных, планово-экономических задач, статистики, информационного поиска, управления производством. На Западе таких машин было много, в Советском Союзе в середине 60-х — ни одной. Главный конструктор «Минск-23» Пржиялковский в качестве прообраза взял IBM 1401, но в «Минск-23» заложено много новых оригинальных идей. Структура и система команд этой машины полностью отличались от имевшихся к тому времени разработок. «Минск-23» предназначалась исключительно для посимвольной обработки информации, поэтому была взята символьная форма представления чисел и команд с восьмиразрядным байтом в качестве основной единицы информации. Использовалась не двоичная, а двоично-десятичная система счисления, произвольная разрядность машинного слова. В «Минск-23» реализован аппаратный канал ввода/вывода, который обеспечивал очень быстрый обмен данными с внешними устройствами. Даже скоростная БЭСМ-6 не смогла работать с устройством ввода с перфокарт «Минск-23», потому что ее программный механизм прерываний для ввода данных не справлялся с темпом работы этого устройства.

Но машина, вопреки ожиданиям разработчиков, успеха не имела. Вся наша вычислительная техника росла на задачах быстрого счета, главным образом для военных. Пользователям была еще слишком непривычна автоматизация других задач.

## 1966 г. Завершение разработки БЭСМ-6



**БЭСМ-6 выпускали почти 20 лет, с 1968-го по 1987-й**

Две шестерки этого года ассоциируются с легендарной шестеркой советского компьютеростроения — БЭСМ-6. К концу 1966 года разработка машины в стенах ИТМиВТ была завершена. В середине следующего новое творение Лебедева, которое многие называют вершиной его научной карьеры, успешно пройдет испытания и получит путевку в жизнь. Эта жизнь будет долгой — машину выпускали почти 20 лет, с 1968-го по 1987-й. Эта жизнь будет трудовой — крупные научные и военно-научные центры имели в своих ВЦ БЭСМ-6, которая своей

производительностью в 1 млн. операций в секунду, для середины 60-х рекордной, да и для последующих лет немалой, покрывала их потребности в быстром счете. В 1975 году совместным полетом «Союз — Аполлон» управляли с помощью вычислительного комплекса, в состав которого входила БЭСМ-6. На БЭСМ-6 появились первые полноценные операционные системы, мощные трансляторы, ценнейшая библиотека численных методов. На БЭСМ-6 росли поколения советских инженеров и программистов. Перечень заслуг этой машины можно продолжать и продолжать.

БЭСМ-6 выпускали почти 20 лет, с 1968-го по 1987-й. Лебедев с самого начала работ над созданием цифровой вычислительной техники делал ставку на сверхбыстродействие и последовательно проводил в жизнь основной принцип его достижения — распараллеливание вычислительных процессов. В самых первых его разработках, МЭСМ и БЭСМ, использовались арифметические устройства параллельного действия. Создавая БЭСМ-6, он пришел к реализации принципа конвейера — совмещения нескольких команд, находящихся на разных стадиях выполнения. Сам Лебедев назвал этот принцип водопроводным. Для того чтобы «водопровод» заработал, в структуру машины внесли несколько важных новшеств — разделили оперативную память на восемь блоков с возможностью одновременной выборки информации из них, реализовали буфер заказов к системе памяти, так что устройство управления могло просматривать команды «вперед», организовали асинхронную и параллельную работу модулей памяти, управления и арифметики, сделали системный кэш — небольшую сверхоперативную память на регистрах для хранения наиболее часто используемых операндов и командных циклов. В итоге получалось, что при достаточном большом времени от начала выполнения команды до ее полного завершения общий темп обработки информации совмещенными командами оказывался очень высоким. Отсюда аналогия с водопроводом — одна капля воды медленно проходит определенный его участок, а скорость потока огромна.

В БЭСМ-6 появилась виртуальная память — механизм преобразования математического адреса в физический с помощью специальных таблиц (термин «виртуальная», правда, еще не использовался). Впервые идея виртуальной памяти была реализована (совсем не так, как в БЭСМ-6) в машине «Атлас», разработанной в Манчестерском университете (Англия) в 1961 году. Такое преобразование плюс развитая система прерываний и механизмы защиты памяти позволили реализовать в разрабатываемой почти одновременно операционной системе для БЭСМ-6

мультипрограммный режим и режим разделения времени. Отвечавший за создание ОС Лев Николаевич Королев был заместителем Лебедева в работе над БЭСМ-6.

Один из основных разработчиков БЭСМ-6, Владимир Иванович Смирнов, вспоминает, что в начале работ над машиной он вместе со своими коллегами внимательно следил за всей поступающей литературой, и больше всего ценной информации почерпнул из иностранных источников, а не отечественных, многие из которых несли на себе гриф «секретно». В те времена наши поиски в области структуры ЭВМ шли вровень с западными, и наши конструктора успешно развивали собственные оригинальные идеи. К идее конвейера подошли совершенно самостоятельно. На этом этапе у советских разработчиков не было возможностей, а главное, необходимости в копировании. Достаточно было понять общие тенденции и реализовать их самостоятельно. Было огромное желание самим сделать нечто совершенно новое и передовое.

В БЭСМ-6 было много принципиально новых идей. При этом получилась изящная и простая по внутренней организации, а потому надежная машина — в этом проявилась инженерная гениальность Лебедева, его умение найти оптимальное для массового производства решение, не перегружая машину излишней аппаратурой.

БЭСМ-6 была первой советской суперЭВМ второго поколения, на полупроводниковых транзисторах. Одновременно с разработкой новой структуры Лебедев искал и новые подходы к элементной базе. Несколько человек его команды, в том числе заместитель по разработке аппаратной части машины Владимир Мельников, Андрей Соколов, Марк Тяпкин (все они работали с Лебедевым начиная с первой БЭСМ), занимались одновременно проработкой всех вопросов — и структурных и элементных. Надо сказать, что поиск новых схемотехнических решений был во многом не от хорошей жизни — у советских разработчиков всегда были проблемы с элементами. Покупать на Западе их было нельзя, а для собственного качественного производства не хватало технологического уровня. Поэтому и приходилось проявлять изобретательность. В результате создателям БЭСМ-6 удалось получить оригинальные схемы на основе новых советских высокочастотных транзисторов.

В процессе работы над машиной формировались основные принципы САПР ЭВМ. Впервые схемы машины записывались формулами булевой алгебры, и из таких формул состояла ее документация для наладки и эксплуатации. Документация для монтажа поставлялась на завод в виде таблиц, которые делались в институте на БЭСМ-2. Машина, кстати, разрабатывалась в тесном сотрудничестве с инженерами будущего завода-изготовителя, Московского завода счетно-аналитических машин (САМ).

Нестандартный подход к формальному описанию БЭСМ-6 послужил источником неприятностей к моменту ее сдачи. Комиссия затребовала обычные, сделанные с помощью кульмана чертежи всех схем. Но сложность этих схем сделала эту задачу практически неразрешимой. Сдача машины в эксплуатацию оказалась под угрозой. К счастью, принимать БЭСМ-6 должна была не ВПК, а гражданская госкомиссия, которую возглавлял президент Академии наук Келдыш. А он был умный человек и не мог не видеть, как нужна такая машина и ученым, и военным. Поэтому БЭСМ-6 прошла испытания, была принята и получила от комиссии высокую оценку. А в 1969-м основной костяк разработчиков БЭСМ-6 получил Государственную премию.

## 1968 г. Начало эры ЕС ЭВМ

В 1968 году в Минске началась работа над первой машиной семейства ЕС



**И Сергей Алексеевич Лебедев, и Виктор Михайлович Глушков (на фото в центре) выступали против копирования систем IBM**

Мы добрались до важного рубежа в истории советской компьютерной отрасли. Пожалуй, эту историю можно разделить на две эпохи — до и после начала выпуска ЕС ЭВМ. Слишком важную роль сыграло появление этих машин в развитии отечественной вычислительной техники. И совсем по-разному шло это развитие до и после 1968 года. Существует мнение, что решение о воспроизведении в ЕС-архитектуре машин IBM стало началом заката советского компьютеростроения, поворотом от творческого поиска к бездумному копированию. Знакомясь ближе с событиями тех лет и беседуя с их очевидцами и непосредственными участниками, понимаешь, что эту картину нельзя рисовать черно-белыми красками. Начало массового производства универсальных машин третьего поколения, создание по существу новой отрасли промышленности можно оценивать только положительно. Другой вопрос, как это осуществлялось и могло ли осуществляться по-другому, как это повлияло на судьбы разных научных школ в Союзе, связанных с вычислительной техникой.

К концу 60-х в нашей стране выпускались ЭВМ общего назначения (около 20 типов), а также специализированные машины преимущественно для оборонного ведомства. Машин было много, хороших и разных (вот именно разных) и каждая требовала специальных усилий по разработке собственного программного обеспечения. Да и этого «много» становилось недостаточно — и инженеры, и ученые, и хозяйственники, и чиновники, наконец, начали осознавать роль вычислительных машин и насущную необходимость в их разработке. Правительство планировало существенно расширить производство ЭВМ в стране. И тогда встал вопрос — каких ЭВМ?

К тому времени и до нас докатилась информация о новом этапе в разработке вычислительных машин, начатом компанией IBM. Выпускавшаяся с 1964 года серия S/360 положила начало третьему поколению ЭВМ. Эти машины представляли собой не отдельно взятые системы, а семейство программно-совместимых компьютеров, различающихся по производительности, но общих по архитектуре. Собственно, именно в эти годы и возникло понятие компьютерной архитектуры, которое символизировало весь комплекс аппаратных и программных средств ЭВМ. У машин одного семейства могут быть разные технические параметры и функциональные возможности устройств, но всегда общие системы команд, организация взаимосвязей между модулями и матобеспечением.

IBM оказалась новатором не только в том, какие машины надо производить, но и в том, как их надо производить. Впервые вычислительная система превратилась в продукт массового выпуска, предъявляя значительно более высокие требования к технологиям производственных процессов. В конце 60-х в нашей стране столкнулись именно с этой проблемой — как перейти от создания отдельных уникальных экземпляров к индустрии вычислительных машин, количество которых покрывает потребность в ЭВМ не единичных научных институтов, а десятков тысяч промышленных предприятий и других организаций. В конце 1967 года на правительственном уровне принимается решение о создании Научно-исследовательского центра электронной вычислительной техники

(НИЦЭВТ), который должен был встать во главе разработки семейства универсальных вычислительных машин (единой серии ЭВМ — ЕС ЭВМ). В качестве прототипа «РЯДа» (таково первоначальное название ЕС) была выбрана серия IBM S/360. И в 1968 году в Минске, где располагалось наиболее современное и технологичное производство универсальных ЭВМ, началась работа над первой машиной семейства.

Решение о воспроизведении американской серии вызвало немало серьезных возражений. Аван-проект семейства сначала было предложено сделать ИТМиВТ, однако коллектив Лебедева в это время был занят завершением БЭСМ-6, да и идея копирования западных машин не заинтересовала ученого. Сергей Алексеевич считал нецелесообразным воспроизведение архитектуры, которая уже начинала устаревать. Лебедевский институт, который первоначально планировалось сделать составной частью НИЦЭВТ, не стал участвовать в этом процессе и продолжил свою линию — разработку суперпроизводительных ЭВМ.

Против копирования систем IBM выступал Глушков, серьезные замечания по этому поводу высказывал Брук. Активными противниками копирования были Рамеев и Михаил Кириллович Сулим, в то время замминистра радиопромышленности и один из инициаторов расширения производства ЭВМ в стране и создания НИЦЭВТ. У Рамеева в Пензе был свой «Ряд» — в полупроводниковых «Уралах», пусть недостаточно полно, но все-таки были уже реализованы идеи семейства совместимых машин, готовился к разработке новый «Урал» на интегральных схемах. Башир Искандарович предлагал создавать единую серию на основе собственных разработок в кооперации с западноевропейскими фирмами. Рамеев и Сулим в 1968 году наладили тесный контакт с британской компанией ICL, которая также имела свой вариант семейства совместимых машин и охотно шла на сотрудничество, надеясь использовать наш большой рынок и богатый интеллектуальный потенциал в борьбе против монополизма IBM.

И все же окончательный выбор пал на архитектуру серии S/360. Работа над машинами ЕС по этому прототипу уже шла полным ходом и нецелесообразно было резко менять направление. Но, пожалуй, одним из главных аргументов в пользу американских машин была богатейшая библиотека программ, которую можно было использовать только в том случае, если имеются машины идентичной архитектуры. С индустрией программного обеспечения у нас всегда было сложно. Да, имелись талантливейшие, даже гениальные программисты, но машины, как правило, поставлялись «голые» («Минск», а впоследствии БЭСМ-6 составляли редкое исключение), и тем, кто использовал их, приходилось самостоятельно разрабатывать математику. Отсюда появление многочисленных ассоциаций пользователей, которые пытались скооперироваться и добиться хоть какой-то унификации программных систем.

Так что оснащение множества организаций машинами, на которых сразу будет мощная библиотека прикладных программ, представлялось весьма заманчивой перспективой. А именно это должно было произойти с выпуском ЕС.

С решения о производстве ЕС ЭВМ началась популяризация в нашей стране мировых компьютерных стандартов. 1968 год положил начало новому промышленному производству, которое позволило сделать вычислительную технику рабочим инструментом многих, а не избранных. С другой стороны, ориентация на воспроизведение западной архитектуры привела в конечном итоге к потере нескольких собственных научных школ. С 70-х прекратился выпуск «Минсков» и пензенских «Уралов». Хотя надо понимать, что ориентация на системы IBM не означала бездумного копирования. Это было просто невозможно, поскольку, несмотря на некоторое потепление отношений с

Западом, легальные пути получить машину и программное обеспечение полностью отсутствовали. Разработка моделей «Ряда» шла на основе имевшихся публикаций по принципам архитектуры и операционных систем IBM. Так что все машины ЕС можно в какой-то мере считать оригинальными разработками и все они, между прочим, запатентованы.

Конечно, идеальным вариантом была бы реализация архитектурных принципов IBM в сотрудничестве с самой компанией, и не семейства почти пятилетней давности, а самых современных моделей. Еще лучше, если бы этот процесс сопровождался всесторонней поддержкой собственных разработок. Но на все у государства просто не хватало средств, и пороки советской экономики, отсутствие конкуренции, принципиальная невосприимчивость к научно-техническому прогрессу, возможно, ярче всего проявились в развитии нашего компьютеростроения. Отставание от Запада было неизбежно и обусловлено вовсе не решением копировать машины IBM. Технологическая база производства элементов, на которых строились ЭВМ, стала с угрожающей скоростью отставать от мирового уровня. Пока машины делались на лампах, интеллекта разработчиков было достаточно, чтобы создавать самые передовые ЭВМ. Но чем сложнее становилась элементная база, чем больше в нее требовалось вкладывать средств, тем труднее было поддерживать необходимый уровень.

## 1969 г. Начало производства МИР-2

Может ли машина обладать собственным разумом, а не только слепо выполнять предписания человека? Что стоит за терминами «думающий компьютер», «искусственный интеллект»? Эти вопросы волнуют умы с тех пор, как существует цифровая вычислительная техника. Для Виктора Михайловича Глушкова проблема искусственного интеллекта была одним из важнейших направлений научных исследований и их практического воплощения в архитектуре ЭВМ. Промежуточным этапом в развитии этого направления Глушков называл свои машины МИР, поскольку, по его словам, в них разработчикам удалось реализовать «примитивный искусственный интеллект» — приблизить машинный язык к человеческому, но не разговорному, а математическому языку. В 1969 году в Киеве началось производство второй машины для инженерных применений — МИР-2.



**МИР-2 пользовалась большой популярностью в учебных институтах, КБ и лабораториях**

Удивительно неординарная личность, Глушков был нарушителем спокойствия во всем, что делал. Столбовая дорога развития машинных языков предусматривала их упрощение, развитие средств автоматизации программирования. Глушков же считал необходимым всемерно развивать «интеллект» машины. Аппаратная поддержка возможностей языков высокого уровня была важным этапом на пути к этой цели. Для ЭВМ МИР-1, появившейся в 1965 году, разработчики из Института кибернетики АН УССР создали оригинальный язык, который интерпретировала сама машина. Этот язык, в частности, позволял записывать формулы с помощью общепринятых математических символов, включал операторы, заданные русскими словами («вычислить», «заменить», «если», «разрядность» и т. д.) и в то же время имел некоторые элементы традиционных процедурных языков.

Следующая, более совершенная машина МИР-2, относясь к классу малых машин, в том, что касалось скорости аналитических преобразований, не уступала гораздо более мощным универсальным ЭВМ. Глушков вспоминал, что МИРы были способны «щелкать» интегралы и внешне это выглядело очень убедительно, потому что далеко не всякий преподаватель мехмата может решать такие интегралы. МИР-2, интеллектуальный уровень которой значительно превосходил возможности ее предшественницы, пользовалась большой популярностью в учебных институтах, конструкторских бюро и физических лабораториях. Термином «интеллектуальный уровень» Глушков характеризовал математические возможности машины.

В своих малых машинах Глушков реализовал принцип ступенчатого микропрограммирования. Впервые микропрограммное управление появилось в специализированной, предназначенной для системы ПВО ЭВМ «Тетива» в 1962 году. Ее создатель, ученик Брука Николай Яковлевич Матюхин, выдвинул идею микропрограммирования в 1957 году независимо от британского ученого Уилкса. Глушков получил авторское свидетельство на более совершенное, ступенчатое микропрограммное управление, которое он впервые реализовал в машине «Проминь», предшественнице МИРов, а затем и в машинах этой серии.

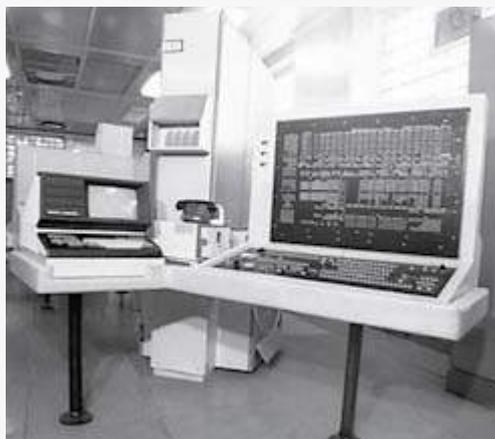
В МИР-2 впервые появилась возможность работать с машиной в режиме диалога. С помощью дисплея со световым пером инженер-пользователь мог вводить и получать на экране графическую информацию и решать некоторые геометрические задачи.

Глушков не останавливался на пути повышения интеллектуального уровня создаваемых им машин и в конце 60-х начал работу над новой «умной» ЭВМ. Проект, получивший название «Украина», на этот раз предполагал построение высокопроизводительной универсальной ЭВМ с высокоуровневым машинным языком и архитектурой, отличной от традиционных принципов фон Неймана. Проект с огромным интересом обсуждался в Москве, в Минрадиопроме. Сергей Алексеевич Лебедев поначалу выступал основным оппонентом идей Глушкова, но в конце концов поддержал «Украину». Однако проект так и остался нереализованным — элементной базы и производственных технологий, достойных такой сложной задачи, как внедрение языков высокого уровня в структуры ЭВМ, в те годы не существовало даже у американцев.

Глушков считал, что принципы фон Неймана были вполне приемлемы для первых ламповых машин, которые в силу несовершенства элементов должны были строиться на возможно более простых принципах с простыми командами: «Однако я уже тогда предвидел развитие микроэлектроники и то, что конструктивные элементы будут изготавливаться в едином технологическом процессе и будут стоить очень дешево. Я сформулировал такую цель для физиков: композиционное конструирование твердого тела для создания машинной среды. В этом случае принципы фон Неймана неприемлемы. В качестве одного из новых принципов я предложил усложненный машинный язык». В конечном итоге Глушков мечтал о разговоре с машиной на естественном языке. Первые шаги к этому были сделаны в машинах МИР, с которыми можно было разговаривать на понятном для специалиста математическом языке. Двигаясь дальше, Глушков работал над автоматизацией логических рассуждений, создавал новое направление в логике — практическую математическую логику, с помощью которой можно было строить математическое доказательство как программу.

## 1977 г. Завершение разработки многопроцессорного комплекса «Эльбрус-1»

Суперпроизводительные системы — всегда ноу-хау разработчика и всегда были и будут действовать строгие ограничения на их экспорт, потому что такие машины ускоряют прогресс во многих важных для государства областях, позволяя моделировать различные процессы. Одна из основных сфер применения суперЭВМ, безусловно, военная, а у нас в стране она была приоритетной. В конце 70-х, несмотря на усиливающееся отставание от Запада по технологиям элементной базы, в Советском Союзе появляются сверхбыстродействующие ЭВМ с оригинальной архитектурой, которые во многом превосходили западные разработки. Речь идет о знаменитых «Эльбрусах», рожденных в колыбели советских высокопроизводительных ЭВМ, Институте точной механики и вычислительной техники. В 1977 году завершается создание многопроцессорного вычислительного комплекса «Эльбрус-1» и разворачивается проект МВК «Эльбрус-2».



**«Эльбрус-2» применялся не только для оборонных нужд, но и в крупных ВЦ, работавших на науку и промышленность**

В ИТМиВТ работы всегда шли по двум направлениям: быстродействующие ЭВМ для универсальных применений и спецмашины для комплексов противоракетной обороны. Главный конструктор первого и второго «Эльбрусов», ныне академик Всеволод Сергеевич Бурцев с самого начала фактически возглавил второе направление; в конце 50-х он разрабатывал М-40, ламповую еще машину для первых вычислительных комплексов системы ПРО.

М-40 продемонстрировала, что вычислительная машина — мозг всего комплекса. Самые незначительные отклонения от нормы в работе ЭВМ чреваты опасными ситуациями для системы в целом. Значит, необходимо уделять особое внимание устойчивости работы машины при сбоях и отказах. С учетом этих требований в ИТМиВТ появилась первая многопроцессорная машина для ПРО — 5Э92Б. В этой системе связка из двух процессоров позволяла решить проблему надежности — все одиночные сбои обнаруживались аппаратурой и второй процессорный модуль выполнял роль резерва на случай выхода из строя основного процессора.

Создание комплексов ПРО на основе 5Э92Б было завершено к 1968 году. Сразу после этого генеральный конструктор советской системы ПРО Григорий Васильевич Кисунько выдвинул новое требование — создать вычислительный комплекс с быстродействием ни много ни мало 100 млн. операций в секунду. Было очевидно, что при существующем уровне элементной базы достичь такого быстродействия на одном процессоре абсолютно невозможно. И разработчики делают ставку на многопроцессорность.

Кажущееся теперь очевидным решение тогда требовало теоретического обоснования и наглядного практического доказательства. Дело в том, что целый ряд западных фирм-разработчиков в своем стремлении реализовать многопроцессорность для высокой производительности терпели неудачу: увеличение числа процессоров провоцировало спад

производительности. Поэтому делались машины на двух-трех процессорах и преимущественно для того, чтобы обеспечить работу вычислительной системы без сбоев. Создатели «Эльбрусов» впервые в мире показали, что восемь процессоров могут работать без потери производительности, превышающей 3-4%. Всего же и «Эльбрус-1» и «Эльбрус-2» могли включать до десяти центральных процессоров плюс несколько модулей ввода/вывода и более десятка спецпроцессоров передачи данных для сопряжения с линиями связи.

Как удалось решить проблему? Есть два основных фактора, ограничивающих производительность многопроцессорной системы: пропускная способность коммутатора между процессорами и оперативной памятью и организация работы кэш-памяти. В «Эльбрусе-2» быстродействие коммутатора достигало 1 Гбайт/с. А для того чтобы обеспечить корректность кэша, он был разбит на несколько частей, каждая со своим алгоритмом работы — сверхоперативная память команд, массивов, локальных данных, буфер быстрых регистров, буфер глобальных данных.

Высочайшая производительность многопроцессорного комплекса достигалась за счет оригинальных архитектурных решений. Идеолог архитектуры «Эльбрусов», заместитель главного конструктора Борис Арташесович Бабаян и сегодня с большим воодушевлением рассказывает о тех новациях, которые несли в себе первый и второй «Эльбрусы». Это были первые в мире коммерческие (то есть вышедшие за рамки научных лабораторий) суперскалярные машины<sup>1</sup> со всеми характерными признаками — перестановкой операций, динамическим назначением регистров, спекулятивным выполнением, генерацией более одной команды за такт. Большинство из этих свойств будут реализованы в западных компьютерах значительно позже.

А такая интересная возможность, как защищенное программирование, по утверждению Бабаяна, до сих пор так и не появилась ни в одной разработке. Каждое слово в «Эльбрусе» имело дополнительный разряд — тег, описывающий тип данных. Механизм тегов гарантировал, что за правильностью операций будет следить сама машина. Такой динамический контроль во время счета позволял обнаруживать множество самых коварных ошибок в момент их возникновения, тем самым значительно ускоряя процесс отладки программ.

Конечно, высокое быстродействие не означало отказ от необходимости обеспечить устойчивую работу многопроцессорной системы. Сильная архитектура позволила не только достичь предельной производительности, но и добиться высокого уровня надежности на не самой надежной элементной базе. Каждый компонент комплекса полностью контролировался аппаратурой, которая в случае любой одиночной ошибки выдавала сигнал неисправности. По этому сигналу операционная система через аппаратно реализованную систему реконфигурации исключала неисправный модуль из работы. Не позже чем через сотую долю секунды подключался резервный модуль, а неисправный переходил в ремонтную конфигурацию, восстанавливался и возвращался в рабочее состояние.

«Эльбрус-1» и «Эльбрус-2» были идентичны по архитектуре, но второе поколение строилось на более совершенной элементной базе. «Эльбрус-1» послужил полигоном для обкатки новых архитектурных принципов и программного обеспечения многопроцессорного вычислительного комплекса. Затем все это было перенесено на новые БИСы, и прошедший государственные испытания в 1985 году «Эльбрус-2» смог обеспечить быстродействие до 125 млн. операций в секунду. Его предшественник обладал производительностью 15 млн. операций в секунду.

Разработчики «Эльбрусов» гордятся тем, что в годы, когда у нас занимались преимущественно воспроизведением западных архитектур, им удалось сохранить присущую лебедевскому коллективу творческую атмосферу и создать полностью самостоятельный, оригинальный проект. Работа над «Эльбрусами» началась еще при жизни Сергея Алексеевича, и поговаривают, что именно ему принадлежала идея названия новой машины.

Хотя «Эльбрусы» создавались для нужд советской системы ПРО, эти машины считались универсальными и могли применяться не только для оборонных нужд, но и в крупных вычислительных центрах, работающих на науку и промышленность. Однако основными пользователями столь высоких технологий оставались ВПК и советские атомщики. У них по сию пору стоят и работают МВК «Эльбрус».