

Первая автоматическая цифровая вычислительная машина М-1

Юрий Рогачёв

Данная статья приурочена к 60-летию ввода в рабочую эксплуатацию первой отечественной ЭВМ. Статья рассказывает о том, как она создавалась и испытывалась, какие люди приняли в этом участие, какие были внедрены революционные по тем временам решения, в чём-то повлиявшие на облик и состав современных компьютеров.

От редакции

Эта статья не совсем типична для журнала «СТА», хотя её многое роднит с традиционным нашим «контентом»: она посвящена вычислительной технике, рассказывает о научных исследованиях (в журнале даже есть одноимённая рубрика), имеет структурную схему и фотографии аппаратуры. Однако чтобы понять, в чём кроется нетипичность статьи, достаточно сделать маленькую, но принципиальную оговорку: всё в ней описываемое происходило 60 лет назад.

Как же такая статья может быть связана с современностью, заявленной в названии журнала и определяющей его содержание? Ответ на этот вопрос видится не только во всегда уместном воздании уважения «поколению победителей», вынесшему на своих плечах тяжесть страшной войны и в условиях послевоенной разрухи создававшего принципиально новые образцы техники, но и в некоторых исторических параллелях с «текущим моментом» или противопоставлениях, на которые тоже полезно обратить внимание, особенно в части организации работ и формирования коллектива исполнителей.

В 30–40-е годы прошлого столетия многие специалисты из различных отраслей науки и техники остро ощутили необходимость создания технических средств для автоматизации вычислений. Потом это время окрестят началом научно-технической революции, которая уже во второй половине XX века, вооружившись этими самыми средствами автоматизации вычислений, придаст невиданное ускорение развитию науки, тех-

нологий и средств производства, изменив мировосприятие и образ жизни людей, вызвав переоценку многих ценностей.

Сначала развитие средств вычислений шло по пути создания механических приборов. Но механика имеет заложенные непреодолимые ограничения, поэтому с ростом сложности задач, а главное — требований к точности и ко времени решений всё более привлекательной представлялась радиоэлектроника, уровень которой заметно вырос в годы второй мировой войны. Именно в это время в СССР начинаются теоретические исследования возможностей построения электронных средств вычислений.

«В НАЧАЛЕ БЫЛО СЛОВО...»

22 апреля 1950 года распоряжением Президиума АН СССР лаборатории электросистем ЭНИН (в то время Энергетический институт — ЭНИН находился в ведении АН СССР) поручалась разработка автоматической цифровой вычислительной машины (АЦВМ). Выбор разработчика не был случайным: руководитель лаборатории электросистем, выпускник МВТУ им. Н.Э. Баумана, ставший к тому времени известным учёным, Исаак Семёнович Брук проводил исследования в данной области ещё с 1947 года. В августе 1948 года он совместно с инженером-конструктором Рамеевым Б.И. разработал проект цифровой ЭВМ с жёстким программным управлением, а 4 декабря 1948 года они получили первое в СССР авторское свидетельство на изобретение цифровой вычислительной машины с общей шиной. Всего же за год совместной работы

было подготовлено около 50 заявок на изобретение различных узлов ЭВМ, на 11 из которых были получены авторские свидетельства СССР.

Таким образом, на момент выхода упомянутого распоряжения Президиума АН СССР лаборатория Брука И.С., имея все необходимые заделы, уже приступала к активной подготовке реализации результатов исследований — изготовлению действующего образца цифровой вычислительной машины.

ПЕРВЫЕ МАКЕТЫ

Эскизный проект АЦВМ включал четыре основных узла машины (рис. 1): арифметический узел (АУ), узел ввода-вывода информации (УВВ), узел памяти (МП, ЭП) и главный программный датчик (ГПД).

Младшему научному сотруднику Матюхину Николаю Яковлевичу, выпуск-

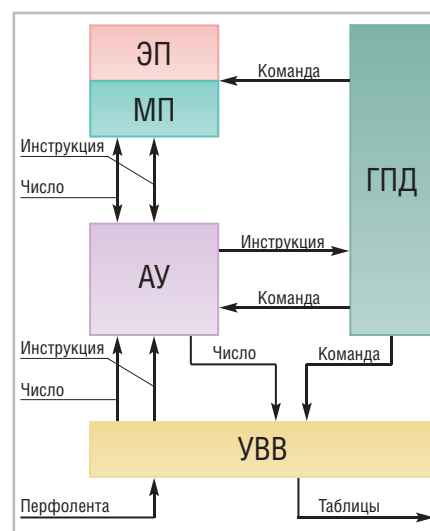


Рис. 1. Блок-схема АЦВМ М-1

нику радиотехнического факультета МЭИ, принятому на работу в лабораторию электросистем в апреле 1950 года, была поручена разработка трёхвходового сумматора и полной электрической схемы АУ. По его схеме в монтажной мастерской лаборатории уже через два месяца был изготовлен первый макет, логические схемы которого строились на ламповых диодах 6Х6.

Первый макет представлял собой солидное сооружение, содержащее многие десятки радиоламп, что повлияло на принятие решения об изготовлении второго варианта макета АУ, использующего при построении логических схем купроксные выпрямители вместо ламповых диодов 6Х6. АУ состоял из пяти цифровых регистров (два регистра слагаемых, регистр сдвигов, регистр переходных единиц, регистр приёмной цифровой магистрали) и трёх блоков местного программного датчика. Это определило состав второго макета, куда вошли триггеры цифровых регистров, клапаны, трёхвходовой сумматор, дешифраторы «И», смесители «ИЛИ» и другие схемы, построенные с использованием полупроводниковых приборов. Поскольку специальных полупроводниковых диодов для использования в

импульсных схемах промышленность не производила, в качестве элементов построения логических схем в этом макете использовались немецкие купроксные выпрямители, полученные со склада АН СССР с трофейным имуществом. Они оказались аналогом отечественных купроксных выпрямителей КВМП-2-7. Конструктивно все элементы второго макета разместились на гетинаксовой плате размером 300×400 мм, содержащей всего десять радиоламп и около сотни купроксных выпрямителей. Физический объём оборудования этого макета был на порядок меньше его лампового прототипа.

В июне 1950 года я, демобилизовавшись из армии, был принят на работу в лабораторию электросистем на должность техника. На моё трудоустройство повлияло то, что в армии во время войны я был радистом, а потом, пройдя армейские курсы радиотехников, занимался ремонтом связной радиоаппаратуры в войсковых частях.

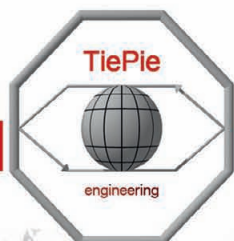
В лаборатории был участок механической обработки металлов с токарными, фрезерными и строгальными станками, слесарный участок и хорошо оснащённая монтажная мастер-

ская. Шли активные работы по изготовлению и оборудованию лабораторных столов в качестве рабочих мест проектировщиков вычислительной машины. Столы имели всё необходимое для проведения научных исследований, экспериментальной отработки схем, изготовления макетов, оформления технической и конструкторской документации. Это создавало условия для реализации замыслов учёных и инженеров без задержки и на высоком уровне.

Столы устанавливались в комнате разработчиков. Там уже стоял первый макет АУ, в котором логические схемы строились на базе ламповых диодов 6Х6. Макет имел внушительные размеры и содержал множество радиоламп.

Моя основная работа была связана с созданием нового варианта АУ машины М-1 и проходила под руководством Матюхина Н.Я.

В начале июля 1950 года второй макет был изготовлен, и начались экспериментальные исследования его возможностей работы в импульсном режиме и способностей выполнять арифметические и логические операции.



Новые стандарты измерений сигналов

Портативные приборы TiePie engineering с USB-интерфейсом



HANDYSCOPE HS4

4-канальный профессиональный прибор для измерения и записи сигналов:

- диапазон входного сигнала 0,2–800 В
- разрешение 12, 14, 16 бит
- исполнения с частотой дискретизации 5, 10, 25, 50 МГц



HANDYPROBE HP3

Профессиональный USB-прибор с функциями мультиметра, осциллографа, спектроанализатора, логического анализатора:

- диапазон входного сигнала 0,2–800 В
- разрешение 10 бит
- максимальная частота дискретизации 100 МГц

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ TIEPIE

#451

ProSoft®

МОСКВА
С.-ПЕТЕРБУРГ
ЕКАТЕРИНБУРГ

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru
Тел./факс: (343) 376-2820/310-0106 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru

Реклама

Экспериментальная отработка схемы практически свелась к уточнению параметров элементов (величин сопротивлений и питающих напряжений), а также к определению параметров управляющих импульсов (их амплитуды, длительности и частоты следования), обеспечивающих устойчивую работу триггера при разбросах коэффициента усиления и крутизны характеристик радиолампы 6Н8С.

К сентябрю этого же года были завершены все исследования и проведены всесторонние испытания макета, которые показали, что схема обеспечивает выполнение арифметических и других операций, работает надёжно, а купроксные выпрямители устойчиво выполняют функцию классических диодов.

Ростки будущего

Важнейшей составляющей исследований, проведённых летом 1950 года, стало изучение возможностей использования купроксных выпрямителей при работе их в импульсных схемах на достаточно высокой частоте. Первыми схемами, в которых применялись купроксные выпрямители, были цепи запуска триггеров. Здесь они показали надёжную работу на частоте 60–70 кГц. Дополнительные исследования позволили установить, что подключение к схемам запуска триггера параллельно нескольких таких выпрямителей не оказывает существенного влияния на устойчивость его работы. Это явилось экспериментальным подтверждением возможности использования купроксных выпрямителей для построения электронных схем, выполняющих арифметические и логические операции.

Кроме того, схемы на купроксных выпрямителях показали себя наиболее экономичными, позволяющими значительно сократить количество радиоламп, потребляемую мощность электроэнергии, упростить систему охлаждения, уменьшить габариты и необходимую площадь для размещения машины.

На основании полученных результатов Брук И.С. принял решение строить машину с использованием купроксных выпрямителей. Так был решён основной вопрос проектирования машины — выбор её элементной базы.

Использование купроксных выпрямителей определило весь дальнейший ход разработки и её конечный результат. Фактически АЦВМ М-1 была первой в мире цифровой электронной вычисли-

тельной машиной, в которой логические схемы строились на полупроводниковых элементах.

Лет через тридцать после описываемых событий сложится классификация, которая выделит несколько поколений ЭВМ по типу базовых элементов: первое — электролампы, второе — полупроводниковые элементы, третье — интегральные схемы. М-1 не только станет одной из первых в мире ЭВМ, но и заложенными в ней новаторскими решениями по использованию полупроводниковых элементов понесёт в себе ростки новых поколений вычислительной техники.

Монтаж и испытания

В середине сентября 1950 года был начат монтаж машины. К этому времени состав штатных и внештатных сотрудников лаборатории заметно расширился.

В сентябре 1950 года коллектив разработчиков машины начал пополняться. Прибыли на дипломное проектирование выпускники Горьковского государственного университета Грязнов Г.М. и Кузин Л.Т. Несколько позже к ним присоединились дипломники МЭИ Дорохова Н.А. и Александриди Т.М. В сентябре по распределению после окончания техникума приступил к работе Шидловский Р.П. Пополнил круг дипломников Лавренюк Ю.А. из МАИ. Был принят в качестве техника Журкин Л.М. К работе по совместительству на одну инженерную ставку приступили Карцев М.А. и Пржиемский Ю.Б. — студенты 5-го курса МЭИ. Весной 1951 года к работам по машине М-1 подключился младший научный сотрудник Залкинд А.Б., а летом — инженеры Бельнский В.В. и Лезго Л.С.

На первом этапе основные работы по М-1 были чётко разграничены. Общие вопросы по машине, её архитектуре, системе команд и др. решались Бруком И.С. с участием Матюхина Н.Я., а позднее и Карцева М.А. Бруком И.С. была предложена и конструкция машины. Разработку основных логических элементов машины и проектирование АУ проводил Матюхин Н.Я, в этих работах с самого начала довелось принимать участие и мне.

Для монтажа всех схем использовались два типа панелей: на 10 радиоламп

с однорядным их расположением и на 22 радиолампы с двухрядным расположением. Первыми начали изготавливаться однорядные панели со схемами цифровой части АУ. На такой панели размещалась электрическая схема одного разряда с триггерами пяти регистров, дешифраторами, смесителями, сумматором и клапанами. Несколько позднее стали поступать для монтажа и схемы трёх блоков местного программного датчика АУ (блок для выполнения умножения и деления, блок для выполнения сложения и вычитания, блок формирования и усиления импульсов). Монтаж выполнялся непосредственно в лаборатории электросистем силами монтажников, привлечённых по трудовому соглашению со стороны.

В это же время в одной из комнат лаборатории готовилось место для установки и сборки машины. Был построен постамент размером примерно 1,5×1,5 м. В центре постаменту установлена прямоугольная вентиляционная колонна с отверстиями для обдува блоков. По бокам этой колонны размещались три стойки, предназначенные для крепления на них панелей с электронными схемами: стойка АУ, стойка ГПД и стойка памяти. К стойкам были подведены все необходимые питающие напряжения. Под постаментом был установлен вентилятор, нагнетающий в колонну воздух для охлаждения блоков.

Таким образом, по мере получения от монтажников изготовленных панелей имелась возможность устанавливать их на штатное место и там проверять правильность монтажа и работоспособность схем, а также, не ожидая полного комплекта панелей, проводить поэтапно и автономную настройку устройства. Такая организация работы значительно сократила сроки начала комплексной отладки машины. Так, монтаж панелей АУ был закончен в декабре 1950 года, а уже в январе следующего года весь узел АУ был автономно отлажен. Одновременно шли изготовление и автономная отладка ГПД.

В ходе работ по созданию АЦВМ М-1 появился целый ряд новаторских для своего времени решений. Перечислим некоторые из них по пунктам.

■ При отработке в статическом режиме схемы сумматора и режимов выполнения арифметических операций, когда необходимо было одно-

временно наблюдать состояние нескольких триггеров, Брук И.С. предложил использовать световую индикацию, установив на единичных выходах триггеров неоновые лампы. Это обеспечило успешное проведение настройки всех устройств и машины М-1 в целом и использовалось во всех последующих разработках. Со временем световая индикация на пультах и панелях устройств стала визитной карточкой всех ЭВМ.

- Александриды Т.М. проводила работы по исследованию возможностей применения электронно-лучевых трубок в качестве запоминающих устройств ЭВМ. Разработанное ею устройство электростатической памяти ёмкостью в 256 25-разрядных чисел на электростатических трубках типа ЛО-737 было применено в машине М-1. Создание такой памяти было осуществлено впервые.
- Карцеву М.А. была поручена разработка ГПД. В М-1 использовалась двухадресная система команд. Это решение было подсказано математиком Шрейдером Ю.А., обратив-

шим внимание разработчиков М-1 на то, что во многих формулах приближённых вычислений результат операции становится для следующего шага одним из операндов. Вместе с Карцевым М.А. работал техник Шидловский Р.П.

- Залкинд А.Б. при активном участии специалиста по телеграфной аппаратуре Ермоченкова Д.У. разработал устройства ввода-вывода с использованием телеграфной аппаратуры (телетайпа и трансмиттера).
- Матюхин Н.Я. начал разработку устройства памяти на магнитном барабане. В этих работах принимал участие техник Журкин Л.М. Были решены вопросы применения магнитных головок от бытовых магнитофонов, на механическом участке лаборатории электросистем изготовили цилиндр барабана, его покрытие ферромагнитным слоем было произведено специалистами Всесоюзного радиокомитета. Общая сборка и сочленение барабана с электродвигателем проводились под контролем конструктора Кокалевского И.А. Завершил работу по от-

ладке и вводу в эксплуатацию узла магнитной памяти Залкинд А.Б.

Всю первую половину 1951 года шла работа по автономной настройке устройств, их электрической и функциональной стыковке и комплексной отладке машины в целом.

Подробное описание принципа действия узлов (устройств) машины и конкретных технических решений приведены в отчёте «Автоматическая цифровая вычислительная машина (М-1)» [1], утверждённом директором ЭНИН академиком Кржижановским Г.М. (рис. 2). Подлинный экземпляр этого отчёта хранится в Политехническом музее в Москве. Из этого же отчёта взяты фотографии (рис. 3), сделанные в июле 1951 года и соответствующие состоянию, при котором машина выполняла все арифметические операции только в ручном (неавтоматическом) режиме, а её конструкция нуждалась в проведении некоторых косметических работ.

В конце августа началась комплексная отладка взаимодействия всех устройств машины при выполнении арифметических и логических операций в ав-



Инновационный подход к проектированию электроники



ТопоR версия 5.3 новинка
Топологический трассировщик печатных плат



SimOne версия 1.2 новинка
Моделирование электронных схем

Москва Тел.: +7 (495) 232-1864 • Факс: +7 (495) 232-1654

Санкт-Петербург Тел.: +7 (812) 448-0444 • Факс: +7 (812) 448-0339

info@eremex.ru
www.eremex.ru

Реклама

#347

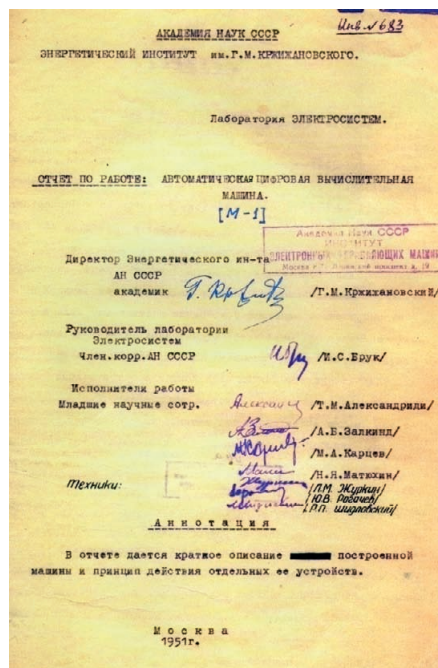


Рис. 2. Титульный лист отчёта по работе «Автоматическая цифровая вычислительная машина (М-1)» с именами главных исполнителей и утверждающей подписью директора ЭНИН академика Кржижановского Г.М.

томатическом режиме. Было изготовлено и подключено к машине устройство ввода-вывода, после чего вместе с притиркой оборудования началась отработка технологии программирования.

Первоначально составлялись программы для простых задач, потом задачи усложнялись. Пригодились глубокие знания математики Брука И.С., Матюхина Н.Я. и Карцева М.А.: они находили такие математические задачи, которые для своего решения требовали выполнения всех заложенных в машину арифметических и логических операций и в то же время были удобны для контроля правильности их решения. Одной из таких задач было решение уравнения параболы $y=x^2$. Эта задача характерна тем, что в результате её решения получались одинаковые значения y как для положительного, так и для отрицательного значения x . Сравнивая симметричные точки в распечатке результатов решения этого уравнения, можно удостовериться в правильности работы машины. Это была удачная находка, ведь тогда ещё не было и понятия о специальных тестовых программах. Можно считать, что уравнение параболы $y=x^2$ явилось первой тестовой программой на машине М-1. Второй такой программой было решение уравнения $y=1/x^2$.

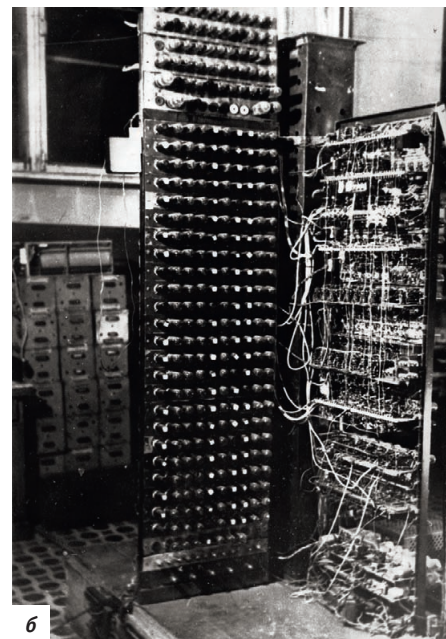
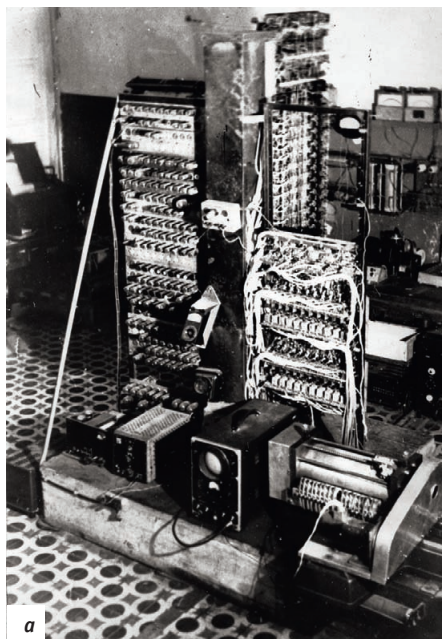


Рис. 3. АЦВМ М-1: а – общий вид; б – вид на стойки АУ и ГПД (слева направо)

Основные технические характеристики АЦВМ М-1

Система счисления	Двоичная
Элементная база	730 радиоламп и несколько тысяч купроксных выпрямителей КВМП-2-7
Количество двоичных разрядов	25
Объём внутренней памяти: • на магнитном барабане • на электростатических трубках	256 адресов 256 адресов
Быстродействие: • с памятью на магнитном барабане • с памятью на электростатических трубках - операция сложения - операция умножения	20 операций/с 50 мкс 2000 мкс

Решение тестовых уравнений подвело итог этапа комплексной настройки машины.

В декабре 1951 года в лаборатории электросистем ЭНИН АН СССР успешно прошли испытания первой в стране автоматической цифровой вычислительной машины М-1. Испытания завершились решением целого ряда контрольных задач, в том числе и задач академика Соболева С.Л., в то время заместителя по научной работе у академика Курчатова И.В.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Главным результатом описанных работ явилось создание первой в стране автоматической цифровой вычислительной машины, основные технические характеристики которой представлены в табл. 1.

В марте 1952 года машина М-1, установленная в специальном помещении, была открыта широкому кругу пользователей для эксплуатации в круглосуточном режиме. Три года машина М-1 работала в таком режиме, при этом пер-

вые полтора года она оставалась единственной в стране действующей ЭВМ. На ней решались различные задачи технического характера, а также вопросы отработки технологии программирования.

Использовалась машина М-1 и для решения некоторых крупных научных задач. Так, одним из первых её пользователей был академик Соболев С.Л.

Машина М-1 была разработана всего за полтора года!

А потом были М-2, М-3, М-4, М-5/6/7, М-9, М-10 и М-13 [2]... ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчёт по работе «Автоматическая цифровая вычислительная машина (М1)». — М. : АН СССР, Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского, 1951.
2. Рогачёв Ю.В. Вычислительная техника от М-1 до М-13. — М. : НИИВК, 1998.

Автор – председатель совета директоров ОАО «НИИ вычислительных комплексов им. М.А. Карцева»