

Вычислительные машины, созданные под руководством Исаака Семеновича Брука

Публикуется по тексту книги Б. Н. Малиновского «История
вычислительной техники в лицах»¹

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
Энергетический институт им. Г. М. Кржижановского
Лаборатория Электросистем

Отчет по работе: автоматическая цифровая вычислительная машина М-1²

Директор Энергетического ин-та АН СССР
академик Г. М. Кржижановский

Руководитель лаборатории Электросистем
член. корр. АН СССР И.С. Брук

Исполнители работы
Младшие научные сотр.

(Т. М. Александриди)
(А.Б. Залкинд)
(М.А. Карцев)
(Н.Я. Матюхин)

Техники:

(Л.М. Журкин)
(Ю.В. Рогачев)
(Р.П. Шидловский)

Аннотация

В отчете дается краткое описание построенной машины и принцип действия отдельных ее устройств

Москва

¹ Малиновский Б. Н. История вычислительной техники в лицах. — Киев: фирма «КИТ», ПТОО «А.С.К.», 1995. — 384 с. http://it-history.ru/images/1/17/Malinovsky_history.pdf

² Приводится в сокращении. — *Прим. сост.*

ВВЕДЕНИЕ

Автоматической цифровой вычислительной машиной мы называем устройство, способное автоматически выполнять любую наперед заданную последовательность арифметических и логических операций над числами, представляемыми цифровым кодом, составленным по принятой системе счисления (например, десятичной или двоичной и т. д.).

Обычно АЦВМ может выполнять четыре арифметических действия: сложение, вычитание, умножение, деление.

Количество логических операций в разных АЦВМ различное. В качестве примера логической операции можно привести операцию сравнения, позволяющую сравнивать по величине либо числа, либо их модули, и в зависимости от результата сравнения выбирать тот или иной путь дальнейших вычислений. Пользуясь многочисленными методами теории приближенных вычислений, можно свести решение большого числа задач, встречающихся при решении научных и технических проблем (например, системы алгебраических уравнений, системы линейных и нелинейных дифференциальных уравнений и т. д.), к такой последовательности простых операций, которая может выполняться АЦВМ.

Особенностями АЦВМ являются:

1) Универсальность применения (в отличие от других автоматических вычислителей, напр., дифференциальных анализаторов, предназначенных для решения строго определенного класса задач).

В дальнейшем употребляется сокращение «АЦВМ».

2) Получение высокой степени точности вычислений, что основывается на применении цифрового способа представления чисел (в этом отношении АЦВМ сходна с различными счетно-аналитическими машинами, такими как арифмометры, табуляторы и т. д.).

В современных АЦВМ как правило используется двоичная система счисления, цифры которой весьма удобно представляются схемами с двумя различными стабильными состояниями (триггеры, реле и т. п.).

Одно из состояний принимается как изображение цифры «0», второе — цифры «1».

В разработанной АЦВМ принята двоичная система счисления.

Блок-схема АЦВМ

Разработанная АЦВМ состоит из четырех основных узлов:

1) Арифметический узел (АУ), в котором выполняются основные арифметические действия над числами. АУ состоит из так называемых регистров, хранящих числа, над которыми в данный момент производятся действия, и из местного программного датчика (МПД).

МПД подает в регистры серии импульсов, необходимых для совершения того или другого арифметического действия.

2) Запоминающее устройство (ЗУ), которое в дальнейшем будем кратко называть памятью. ЗУ предназначено для хранения исходных данных, промежуточных результатов, используемых в дальнейших вычислениях, а также и окончательных результатов. В ЗУ хранятся также в зашифрованном виде указания о порядке совершения действий, необходимые для решения конкретной задачи. Эти указания запоминаются в виде так называемых инструкций, имеющих форму обычных двоичных чисел.

ЗУ состоит из медленно действующей магнитной памяти (МП), запоминание в которой основано на сохранении ферромагнитным слоем остаточного магнетизма, и из быстродействующей электростатической памяти, запоминание в которой основано на сохранении на диэлектрической пластинке ранее нанесенного распределения электрических зарядов.

3) Главный программный датчик (ГПД), осуществляющий выбор чисел и операций, которые производятся над ними в соответствии с получаемыми из ЗУ инструкциями.

Набор инструкций, необходимых для решения задачи, называется программой.

По выполнении программы или части ее ГПД осуществляет вывод нужных результатов.

4) Устройство ввода и вывода данных (УВВ) предназначено для заполнения ЗУ исходными данными и программой и для печатания результатов вычислений. УВВ состоит из стандартной телеграфной буквопечатающей аппаратуры.

Технические данные АЦВМ

Основными техническими данными, определяющими быстродействие и универсальность АЦВМ, является скорость выполнения арифметических действий, объем чисел, который может хранить ЗУ, и максимальное число разрядов числа, над которым производятся действия.

АЦВМ выполняет сложение за время в 50 мсек, умножение в 2000 мсек.

АЦВМ совершает действия над 25-разрядными двоичными числами, что в десятичной системе соответствует точности вычислений до седьмого знака.

ЗУ может хранить 512 25-разрядных двоичных чисел.

(В настоящее время в макете используется магнитный барабан, на котором запоминается 128 чисел.)

Описание основных узлов

III. Арифметический узел.

1. Представление чисел.

Арифметический узел предназначен для выполнения четырех арифметических действий: сложения, вычитания, умножения, деления.

Числа, над которыми производятся действия, представляются в двоичной системе. Каждая цифра двоичного числа выражается одним из состояний соответствующей триггерной схемы.

Объем числа составляет 24 двоичных разряда, то есть число представлено в виде цепочки из 24-х триггеров, которую в дальнейшем мы будем называть регистром. Принята система представления чисел в виде модуля и знака. То есть в регистре хранится модуль числа, и, кроме того, в него введен 25-й триггер, одно из положений которого соответствует знаку (+), другое — знаку (-).

Для удобства вычислений принято, что наивысший разряд числа соответствует 2^{-1} , то есть вычисления производятся над дробными числами. Такое допущение не сужает диапазон решаемых задач, так как при использовании чисел, превышающих по модулю единицу, они могут быть приведены к дроби нужной величины путем соответствующего изменения масштабов исходных данных и результатов.

Иногда может возникнуть необходимость изменения масштаба в процессе решения задачи. Такая возможность также имеется, так как при получении в процессе вычислений чисел, превышающих по модулю единицу, АЦВМ автоматически останавливается на том этапе, где получено это число.

Выбор дробной системы удобен тем, что при умножении двух чисел произведение может только уменьшиться. Поэтому при умножении не может получаться число, превышающее по модулю единицу. Число, модуль которого больше единицы, может теперь получаться в некоторых случаях деления, но деление встречается в вычислениях гораздо реже, чем умножение. Кроме деления такое число может, очевидно, получаться при сложении и вычитании.

III-2. Выполнение действий.

При использовании цифровых методов вычислений оказывается, что для выполнения всех четырех арифметических действий необходимо и достаточно, чтобы в АУ могла осуществляться только одна основная операция — сложение и некоторые вспомогательные действия. В двоичной системе эти действия, так же как и сложение, выполняются наиболее просто и представляют:

1. сдвиг модуля числа в сторону высших или низших разрядов («влево» или «вправо»);
2. взятие дополнения от модуля числа, состоящее в замене всех цифр числа на обратные им («0» на «1» или «1» на «0»).

Легко видно, что сдвиг числа влево или вправо соответствует умножению или делению его на 2.

Дополнение P числа A есть число, связанное с исходным числом A соотношением

$$P = 1 - 2^{-24} - A.$$

Вычитание производится как сложение уменьшаемого с дополнением вычитаемого.

Умножение, очевидно, выполняется в виде последовательных сложений и сдвигов, то есть точно так же, как при обычном умножении «столбиком».

Применение двоичной системы упрощает таблицу умножения, которая имеет вид:

$$0 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

Деление производится последовательным вычитанием и сдвигом.

III-3. Блок-схема АУ³.

4. Местный программный датчик (МПД).

IV. Магнитное запоминающее устройство.

1. Назначение магнитной памяти (МП).

IV-2. Описание работы блок-схемы МП.

V. Электростатическое запоминающее устройство (память).

VI. Главный программный датчик (ГПД).

VI-1. Введение.

VI-2. Назначение ГПД.

VI-3. Блок-схема ГПД и цикл работы АЦВМ.

VI-4. Блоки, входящие в ГПД.

а) Генератор тактирующих импульсов (лист «ГПД–ГТИ»).

б) Блок пуска и синхронизации (лист «ГПД–ПС»).

в) Распределитель импульсов (лист «ГПД–РИ»).

г) Блок формирования импульсов (лист «ГПД–ФИ»).

д) Регистр адреса (лист «ГПД–РА»).

е) Пусковой регистр (лист «ГПД–ПР»).

ж) Селекционный регистр (лист «ГПД–РС»).

з) Регистр сравнения (лист «ГПД–РС»).

и) Блок операций и шифра (лист «ГПД–ОШ»).

к) Клапанный блок (лист «ГПД–РС»).

л) Блок выбора памяти (лист «ГПД–ВП»).

м) Блок операции сравнения (лист «ГПД–ОС»).

VII. Устройство ввода и вывода (УВВ).

VII-1. Назначение.

VII-2. Описание блок-схемы.

³ Далее даются лишь названия разделов. — *Прим. авт.*

а) Операция «ввода».

б) Операция «вывод».

Конструкция и источники питания АЦВМ

Конструктивно АЦВМ выполнена в виде трех стоек, расположенных по бокам прямоугольной вентиляционной колонны. На стойках расположены соответственно главный программный датчик, арифметический узел и запоминающее устройство. Временно для удобства работы блок электронной памяти перенесен на четвертую стойку.

Вентиляционная колонна имеет отверстия для обдува блоков. Обдув необходим ввиду большой мощности, потребляемой стойками.

Телетайп и трансмиттер расположены на отдельном столе и при помощи разъемных кабелей соединяются со стойками.

Монтаж всех схем осуществлялся на стандартных панелях двух типов (двадцати двух и десятиламповые панели).

Полное число ламп (баллонов) в АЦВМ — 730. По узлам они распределяются следующим образом:

1. Арифметический узел — 330 ламп;
2. Магнитная память — 120 ламп;
3. Электронная память — 80 ламп;
4. Главный программный датчик и устройство для ввода и вывода — 200 ламп.

Питание АЦВМ осуществляется от 4-машинного агрегата постоянного тока, дающего основные уровни напряжений (считая от потенциала земли): -170 , $+140$, $+240$ и $+300$ В.

Остальные уровни снимаются с мощных потенциометров. Исключение составляют только блоки электронной памяти и некоторые узлы магнитной памяти, питающиеся от электронных стабилизаторов напряжения. Накал ламп производится переменным током.

ЭВМ М-2

Универсальная цифровая вычислительная машина М-2 создана коллективом Лаборатории управляющих машин и систем Академии наук СССР (ЛУМС) под руководством члена-корреспондента АН СССР И. С. Брука.

М-2 — малогабаритная быстродействующая машина. Средняя скорость ее работы — 2000 операций в секунду, количество радиоламп в машине — 1676. Разработка и монтаж машины были проведены в весьма короткий срок — с апреля по декабрь 1952 года. Зимой 1954–1955 гг. машина была существенно модернизирована. В 1956 году было разработано, изготовлено и введено в состав машины М-2 ферритовое запоминающее устройство, работающее по принципу совпадения токов (по схеме ЗД), объемом 4096 34-разрядных слов.

В группу, работавшую над М-2, входило на различных этапах работы от 7 до 10 инженеров. Арифметический узел разрабатывался М. А. Карцевым, В. В. Бельнским, А. Б. Залкиндом, электростатическое запоминающее устройство — Т. М. Александриди и Ю. А. Лавренкжом, устройство управления — Л. С. Легезо, В. Д. Князевым и Г. И. Танетовым, магнитные запоминающие устройства — А. И. Шуровым и Л. С. Легезо, входные и выходные устройства — А. Б. Залкиндом, система питания — В. В. Бельнским, Ю. А. Лавренюком и В. Д. Князевым, пульт управления — В. В. Бельнским и А. И. Шуровым.

Руководитель работ — М. А. Карцев.

Большая работа проведена конструкторами, техниками, механиками и монтажниками лаборатории: И. З. Гельфгатом, А. Д. Гречушкиным, Н. А. Немцевым, Ф. Фржеутским, И. К. Швильпе, Д. У. Ермоченковым, Л. И. Федоровым, Г. В. Коростылевым и др.

Основные характеристики М-2

Система счисления — двоичная.

Представление чисел — с плавающей запятой и с фиксированной запятой.

Количество двоичных разрядов — 34.

Точность вычислений: с плавающей запятой — около восьми десятичных знаков, с фиксированной запятой — около десяти десятичных знаков (возможны вычисления с удвоенной точностью).

Диапазон чисел с плавающей запятой — от 2^{31} до 2^{-32} примерно от $2 \cdot 10^9$ до $2,5 \cdot 10^{-10}$.

Система кодирования инструкций — трехадресная.

Выполняемые операции — сложение, вычитание, умножение, деление, сравнение по модулю, сравнение алгебраическое, логическое умножение, перемена знака, перенос числа и др.

Скорость работы — в среднем 2000 операций в секунду.

Внутренние ЗУ: электростатическое (на трубках 13ЛОЭ7) — 512 чисел, время обращения 25 мкс; ферритовое — 4096 чисел; магнитный барабан — 512 чисел; скорость вращения — 2860 оборотов в минуту.

Внешнее ЗУ — магнитная лента на 50 тыс. чисел.

Ввод данных — с бумажной перфоленты со скоростью 30 чисел в секунду.

Вывод данных — в виде таблиц; скорость печати — 24 числа в минуту Питание — от 3-фазной сети переменного тока, потребляемая мощность — 29 кВт.

Площадь, занимаемая машиной — 22 кв. метра.

Машина М-2 находилась в эксплуатации 15 лет, работая круглосуточно и без выходных дней. На ней решался широкий круг научных и прикладных задач многими организациями и институтами. Для эффективного использования машинного времени была создана группа программистов, которая разработала математическое обеспечение М-2, состоявшее из библиотеки обсуживающих

программ (программы ввода-вывода, служебные программы, программы элементарных функций и др.), и постоянно, при необходимости, консультировала сторонних пользователей в процессе работы на машине. При машине М-2 постоянно действовал семинар ведущих математиков-программистов, работы которых явились основой создания ряда систем программирования и алгоритмических языков.

В интересах собственных работ Лаборатории управляющих машин и систем, а позднее и Института электронных управляющих машин проводились расчеты для линий дальних электропередач и расчеты задач экономического планирования СССР.

Из сторонних организаций решение своих задач на М-2 проводили: Институт экспериментальной и теоретической физики (ИТЭФ), Акустический институт, Институт прогнозов погоды, Московский авиационный институт (МАИ), Военно-воздушная академия, Институт проблем передачи информации (ИППИ), Энергетический институт (ЭНИИ), Институт экономики АН СССР, Институт атомной энергии им. Курчатова, Стальпроект и многие другие.

ЭВМ М-3

Малогабаритная универсальная цифровая электронная вычислительная машина М-3 является третьей из серии машин, разработанных в Лаборатории управляющих машин и систем под руководством И. С. Брука.

Машина оперирует 30-разрядными двоичными числами с запятой, фиксированной перед старшим разрядом числа, что соответствует точности вычислений в девять десятичных знаков. 31-й разряд отводится под знак числа.

Оперативное запоминающее устройство на магнитном барабане имеет объем памяти 2048 чисел. Предусмотрена возможность подключения дополнительного ферритового запоминающего устройства емкостью до 2048 чисел. Скорость работы машины составляет 30 операций в секунду (при использовании магнитного барабана). При работе с ферритовым запоминающим устройством производительность повышается до 1500 операций в секунду.

Арифметический узел машины М-3 параллельного типа, построен подобно арифметическому узлу машины М-2.

Ввод и вывод данных производится в десятичной и восьмеричной системах счисления при помощи стандартной телеграфной аппаратуры (трансмиссивер и телетайп) со скоростью 7 десятичных цифр в секунду.

Потребляемая машиной мощность составляет 10 кВт. Шкафы машины размещаются на площади около 3 кв. м. Машина содержит 700 радиоламп и около 3000 купроксных диодов КВМП-2-7.

Машина М-3 создана в результате содружества Лаборатории управляющих машин и систем АН СССР и Научно-исследовательского института электротехнической промышленности. Проект машины был выполнен группой инженеров и техников ЛУМС АН СССР в составе В. В. Бельнского, Ю. Б. Пржиемского, Н. А. Дороховой, А. Б. Залкинда, Г. И. Танетова, А. Н. Патрикеева, А. П. Морозова и др.

Главный конструктор машины — Н. Я. Матюхин.

Ряд существенных усовершенствований машины в процессе наладки был предложен Н. Я. Матюхиным, В. В. Бельнским (ЛУМС), В. М. Долкартом и Г. П. Лопато (НИИ ЭП). В наладке и вводе в эксплуатацию головного образца машины участвовали также Б. Б. Мелик-Шахназаров, А. П. Толмасов, А. В. Пипинов, В. Н. Овчаренко, А. Я. Яковлев, И. А. Скрипкин. Руководство работами по внедрению машины и ее математической эксплуатации осуществлялось А. Г. Иосифьяном и Б. М. Каганом.