

# **ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ЭВМ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ (А.Н.МЯМЛИН И ЕГО ЭВМ "ВОСТОК")**

*Смирнов А.Д.*

ЦАГИ, г.Жуковский, Россия.

В Европе, как и во всем мире, первые ЭВМ, в основном, создавались для оборонной тематики. Поэтому имена многих ученых, работавших в широком спектре создания ЭВМ, их программного обеспечения и конкретного применения, и их научный вес не получили при их жизни справедливой оценки, хотя и были известны в кругах научной общественности.

К таким ученым относится и Анатолий Николаевич Мямлин - один из ведущих советских архитекторов ЭВМ, всю свою научную жизнь проведший в Институте прикладной математики Академии наук (ИПМ АН) под непосредственным руководством академика Мстислава Всеволодовича Келдыша, претендовавшего на роль Главного Теоретика Космонавтики, куда он автоматически причислял и вычислительную технику. Анатолий Николаевич, преклонявшийся перед талантом Келдыша, как механика и математика, не возражал против вклада его работ в "общий котел". Участники настоящего Симпозиума старшего поколения знали Мямлина, его оригинальные "первопроходческие" работы, глубину его знаний и широту интересов. Академик А.А.Дородницыш, как правило, назначался председателем Госкомиссии по приемке новых ЭВМ и своим замом по аппаратуре (оборудованию) принимаемых ЭВМ назначал А.Н.Мямлина. Анатолий Николаевич был, так сказать, "крестным отцом" украинских ЭВМ и имел совместные печатные работы с сотрудниками ИК УАН, публикуясь в "Кибернетике" и других украинских журналах.

Анатолий Николаевич после окончания института 2 года проработал в области дискретной электроники, зарекомендовал себя хорошим специалистом и с переходом в ИПМ был направлен на стажировку в СКБ-245 на "Стрелу".

Понимая, что ИПМ получит первую машину без специалистов и то, что в СССР нет литературы по наладке и эксплуатации ЭВМ, Анатолий Николаевич взялся почти за нереальную задачу: не будучи одним из разработчиков этой ЭВМ, освоить ее всю к моменту выпуска. Он буквально дневал и ночевал в СКБ, подружился с коллективом, из первых рук получая всю информацию. Можно с уверенностью утверждать, что он к моменту окончания работ знал машину в целом лучше самого Генерального конструктора, так как был освобожден от сотни административных и научных обязанностей последнего. Зато он накапливал критический материал и готовил к реализации свои замыслы по улучшению машины, которые в СКБ было трудно реализовать.

Он обрел уверенность в своих силах, готовил свой будущий коллектив единомышленников, и это проявилось в почти анекдотической ситуации в первые дни, когда машина "Стрела № 1" была принята по акту Госкомиссией и

передана для эксплуатации из СКБ в ИПМ. В один из первых дней эксплуатации в ИПМ приехал с группой сотрудников Генеральный конструктор "Стрелы", начальник отделения СКБ Ю.Я.Базилевский с целью опробовать на машине какие-то нововведения. Анатолий Николаевич не допустил его к машине, заявив, что он теперь ее хозяин и без согласования с ним ничего в машине менять нельзя. Возмущенный Базилевский пошел к Келдышу, но Мямлин в довольно жесткой форме стал настаивать на своем. Келдыш, не желая портить отношения с СКБ, его не поддержал. Скандал разгорелся и дошел до зам. председателя Совмина Малышева. К удивлению Келдыша и Базилевского, Малышев принял сторону не маститого начальства, а молодого инженера.

Месяцами раньше была закончена машина БЭСМ, созданная коллективом под руководством С.А.Лебедева. Госкомиссия, однако, рекомендовала к серийному выпуску ЭВМ "Стрелу", для выпуска которой был уже выделен завод.

Возникло негласное соревнование коллективов ИПМ под руководством Мямлина и Института точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ)

под руководством одного из соавторов БЭСМ (впоследствии академика АН СССР) Мельникова.

Мямлин так охарактеризовал "Стрелу": по стройности системы команд и логическим возможностям "Стрелу" справедливо можно отнести к числу лучших машин, чего нельзя сказать об ее конструктивном исполнении.

Интересно сравнить коэффициенты полезного использования (КПИ) БЭСМ и Стрелы в первые годы их эксплуатации.

Быстродействие БЭСМ в 1953-54гг. - 1000 оп./сек. с оперативной памятью на линиях задержки (Потенциалоскопы, выпускавшиеся промышленностью в малых количествах, шли на комплектацию машин "Стрела"). Быстродействие БЭСМ в 1955 г. с ОЗУ на потенциалоскопах 7000 - 8000 оп./сек. Среднемесячный КПИ в 1954 г. - 70%, в 1955 г. - 72%.

Быстродействие «Стрелы» в 1954 г. - 2000 оп./сек., в 1956 г. - 3000 оп./сек. Среднемесячный **КПИ** «Стрелы» в 1954 г. - 42%, в 1956 г. - 73%.

Чтобы выйти на тот же КПИ на «Стреле» потребовалось на год больше времени за счет большего числа переделок в АУ, ЦУ, НМЛ.

Мямлиным были сформулированы требования к конструкции большой ЭВМ:

1. Необходимость буферного ЗУ на 6-8 тыс. ячеек, так как при счете больших задач фактическое быстродействие **ЭВМ** падает из-за частой перекачки информации **ОЗУ - НМЛ**.
2. Все элементы, подверженные изменению своих параметров, должны располагаться на сменных ячейках (блоках).
3. Стандартные блоки должны быть не более чем 1 - 2 ламповые.



Проф. А. Н. Мямлин

4. Не должно быть сугубо специализированных ячеек. Все элементы должны использоваться многократно.
5. Все логические схемы нужно строить на полупроводниковых диодах (это относится к 1956 г) , а лампы использовать только для усиления сигналов.

Доведенные Мямлиным "Стрелы" работали в ИПМ, ВЦ АН СССР и в других организациях в течение десяти-двенадцати лет.

Надежность счета обеспечивалась двухкратным просчетом. Учитывая время нахождения ошибки и время пересчета, общая производительность машины падала более чем в 2 раза. Дж.ф.Нейман показал, что лучший КПИ получается при параллельном счете на двух одинаковых ЭВМ и близок к 0.5 за счет более быстрого обнаружения сбоя и меньшего времени пересчета, но это требовало увеличения оборудования в 2 раза.

Мямлин задумал сделать машину со схемным контролем, в которой число ламп было бы не более чем в 1.2 - 1.3 раза больше, чем в исходной ЭВМ, и была бы буферная память.

Такая ЭВМ была им создана параллельно с работой по эксплуатации серийной техники и получила шифр «Восток».

Перед описанием ЭВМ "Восток" следует коротко остановиться на существовавшей в то время системе эксплуатации ЭВМ в стране и системе параметров, характеризующих ЭВМ.

В СССР не существовало до конца 60-х гг. организаций по эксплуатации ЭВМ. Это отчасти вызывалось двумя причинами: машины выпускались различной архитектуры, поэтому зачастую в организации - пользователя оказывалось два и более типов ЭВМ; надежность (время наработки на отказ) была для ламповых ЭВМ первого поколения небольшой. Поэтому эксплуатация машин велась организацией - пользователем, эксплуатационники всегда были около машины.

В качестве основного параметра сравнения ЭВМ указывалось их быстродействие. Это была "рекламная характеристика", бытовавшая в мире. Для ЭВМ специального применения с фиксированной запятой это еще что-то давало, но для больших универсальных ЭВМ это еще ничего не говорило, однако быстродействие (в тыс. оп./сек.) переходило даже в название, например, М-20, М-50 и т.п.

Заслуга Мямлина состоит в том, что он, хотя и не оговаривал этого, исследовал производительность ЭВМ при решении спектра задач, характерных для назначения машины. Так, для ЭВМ "Восток" оценивалось среднее время решения задач с данными, предоставленными 36-разрядными числами с плавающей запятой (применялись 3-х адресные команды), при КПД ЭВМ, равном 0,8 - 0,9.

Была сравнительно слабая связь между производителями (разработчиками) вычислительной техники и пользователями (заказчиками). Конструкторы и производители ЭВМ были далеки от их применения, программирования. Исключение составляли такие авторитеты, как С.Крей, Амдал, С.А.Лебедев.

Мямлин совмещал в одном лице: архитектора ЭВМ, производителя, эксплуатационника, пользователя. Поэтому надежность и производительность ЭВМ понимались им как важнейшие характеристики.

Рассмотрим с этих позиций ЭВМ "Восток". "Восток" предназначался для решения широкого класса научных задач, в первую очередь, из областей ядерной физики и внешней баллистики.

На выбор основных параметров машины кроме технического задания влияют и многие другие факторы.

ЭВМ "Восток" создавалась для решения широкого спектра научных задач, что и определило структуру чисел в ней. Мямлин старался получить в ЭВМ максимальное быстродействие, отсюда определился выбор импульсно-потенциальных схем в АУ. В стране было налажено производство ферритов для памяти с 8 мксек. циклом, но необходимые для «Востока» 2 мксек ферриты поступали в ограниченном количестве. Из внешних ЗУ выпускались серийно НМЛ, магнитных дисков не было, а магнитные барабаны имели относительно малую емкость. Машина, по-существу, создавалась небольшим коллективом разработчиков (не так, как, например, IBM-360). Это создавало трудности со снабжением, финансированием, производством.

### **Основные характеристики "Востока":**

Форма представленных чисел - с плавающей запятой.

Разрядная сетка - 39 двоичных разрядов, из них:

30 - мантисса со знаком,

6 - порядок со знаком,

3 - контрольный код (сумма разрядов числа по модулю 7).

ОЗУ - емкость 63 числа, цикл - 2 мксек. Достаточность такого малого объема ОЗУ была статистически проверена Э.З.Любимским. При решении широкого круга задач математической физики выявлено, что 95% всех обращений к ОЗУ приходится на 64 ячейки. Показано, что пересылка информации между ОЗУ и ФЗУ - слово за 1 такт - обеспечивает непрерывную работу АУ машины с вероятностью, близкой к 1, если обмен проводить без участия АУ, что и было сделано.

ФЗУ (ферритовое ЗУ) - емкость 4095 кодов, цикл 8 мксек.

НМБ - 4 шт., емкость 65000 кодов на 1 НМБ, скорость обмена 25000 кодов в секунду.

НМЛ - 4 шт. от ЭВМ М-20 (емкость 75000 кодов на 1 НМЛ).

Ввод с перфокарт - 25 чисел в секунду.

Вывод на печать - 20 чисел в секунду.

Адресность - 3 (операнды в ОЗУ), 2 (операнды в ФЗУ).

Модификация по 3-м адресам.

Среднее быстродействие: 125 тыс. оп./сек.

Контрольные коды использовались для аппаратного контроля выполнения операций в АУ и пересылок данных в машине, при этом выявлялось и место возникновения ошибки. Это избавляло от организации повторного счета и упрощало дальнейший поиск неисправности тестовыми программами.



Центральный пульт ЭВМ «Восток»

Фактическое быстродействие машины увеличивалось более чем в 2 раза при увеличении оборудования (на параллельное действие с контрольными кодами) менее чем на 30%.

Кроме того, в «Востоке» осуществлено совмещение пересылок информации с работой АУ.

Наличие 2-х ферритовых ЗУ разной емкости и быстродействия предвосхитило появление КЭШ памяти.

Чтобы ускорить пересылку массивов между ФЗУ и НМЛ был введен еще один уровень внешнего ЗУ - магнитные барабаны. В отличие от имевшихся в то время НМБ, погруженный блок миниатюрных магнитных головок "плавал" с минимальным зазором в пограничном слое воздуха, увлекаемого барабаном. Блок головок отслеживал с этим зазором возможный эксцентриситет барабана. НМБ также имел устройство выбора дорожки (осуществлялось перемещение блока вдоль образующей барабана). Плотность записи на этом МБ составляла 20 импульсов на миллиметр, что было существенно больше, чем на других магнитных барабанах.

Из краткой характеристики "Востока" можно видеть, что эта ЭВМ вместила в себе целый ряд передовых идей. С.А.Лебедев вначале встретил идею Мямли-на о машине со схемным контролем скептически, но затем, после успешного ее испытания публично поздравил А.Н.Мямлина с достигнутым успехом в теории и практической реализации ЭВМ.

"Восток", превышающий производительность тогдашних серийных ЭВМ в несколько раз, долго использовался в ИПМ как средство для важнейших расчетов, пока не был заменен ЭВМ БЭСМ.-6.

Мямлиным была создана структура машины с магазинной памятью (1976), допускающая простую реализацию разработанного на базе АЛГОЛА алгоритмического языка. Мямлину, к сожалению, трудно было реализовать свои передовые разработки "в металле", так как ИПМ не был организацией, создающей ЭВМ.

В то же время для решения встречающихся задач Мямлин часто находил решения более эффективные, чем те, которые были приняты как стандартные. Так при создании информационно-вычислительной сети, обеспечивающей

задачи ИПМ, он с коллегами (Дрожжиновым, Штаркманом, Илюшиным) предложил новую концепцию сети, как 6-уровневой открытой системы, и ее программного обеспечения. Предложенная концепция являлась прогрессивной и с успехом была апробирована на конгрессе ИФИП, но не была принята как типовая по "политическим" мотивам. А.Н.Мямлин был научным руководителем работ по созданию специализированной системы для решения символьных задач. В

НИЦЭВТ был создан специализированный процессор для решения задач, описанных на языке РЕФАЛ (Турчин В.Ф.). Процессор работал в связке с ЕС-1035, 1045 и обладал производительностью в 8-10 раз большей, чем обычная ЭВМ того же класса.

В последний период своей деятельности Мямлин увлекся созданием специализированных вычислительных систем с параллельной архитектурой на базе микропроцессоров. В частности, он разработал специализированную вычислительную систему для решения уравнения Навье-Стокса на основе разработанного в ИПМ алгоритма (Бабенко, Воскресенский). Безвременная скоростистая кончина А.Н.Мямлина оборвала эту работу. Полученные в этой работе результаты частично были использованы его коллегами при создании суперЭВМ МВС-100.

1. Мямлин А.Н. «Опыт технической эксплуатации машины «Стрела-1»». Конференция «Пути развития советского математического машиностроения и приборостроения». М. 1956. Стр. 13-26.
2. Мельников В.А. «Некоторые вопросы технической эксплуатации быстродействующей электронной счетной машины (БЭСМ) АН СССР». Конференция «Пути развития советского математического машиностроения и приборостроения». М. 1956. Стр. 5-12.
3. Мямлин А.Н. «Универсальная электронная вычислительная машина с контролем и совмещением операций». Вопросы вычислительной математики и вычислительной техники. Машгиз. 1963. Стр. 124-135.
4. Мямлин А.Н., Вершубский В.Ю., Наумов Э.И. «Запись цифровой информации с высокой плотностью на магнитном барабане». Вопросы вычислительной математики и вычислительной техники. Машгиз. 1963. Стр. 150-156.