

УДК 004:001
ББК 32.973
С83

С83 Страницы истории отечественных ИТ / Сост. Э.М. Пройдаков. — М.: Альпина Паблишер, 2017.

Т. 3. — 2017. — 240 с.

ISBN 978-5-9614-5218-1

Книга, которую вы держите в руках, представляет собой третий том одноименного сборника, издающегося с 2014 года. Материалы этого тома охватывают «поздний советский период» развития ИТ – 70-е и 80-е годы XX века. Открывают книгу интервью с двумя свидетелями и непосредственными участниками событий тех лет – Виктором Петровичем Иванниковым, академиком РАН, заведующим кафедрами системного программирования факультета ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова и Московского физико-технического университета, профессором, научным руководителем Института системного программирования РАН, и Борисом Аргашесовичем Бабаяном, членом-корреспондентом РАН, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Микропроцессорные технологии» МФТИ, Intel Fellow, лауреатом Государственной и Ленинской премий.

Материалы третьего тома сборника включают в себя статьи о системе управления развитием вычислительной техники в СССР, об эволюции информационно-вычислительных систем в одной из самых авторитетных организаций не только российской, но и мировой науки – Курчатовском институте. Кроме того, в книге много новой информации об отечественных разработках в области создания вычислительных машин серии ЕС, а также о советских домашних компьютерах.

Книга адресована широкому кругу читателей, интересующихся историей отечественной науки и вычислительной техники, а также ИТ-специалистам, студентам вузов и аспирантам, обучающимся по специальностям, связанным с информационными технологиями.

УДК 004:001
ББК 32.973

Все права защищены. Никакая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, включая размещение в сети Интернет и в корпоративных сетях, а также запись в память ЭВМ для частного или публичного использования, без письменного разрешения владельца авторских прав. По вопросам организации доступа к электронной библиотеке издательства обращайтесь по адресу: nylib@alpina.ru

© Компания АйТи, Виртуальный компьютерный музей, 2017
© ООО «Интеллектуальная Литература», 2017

ISBN 978-5-9614-5218-1

Содержание

Предисловие Тагира Яппарова.....	5
Раздел 1. Люди	7
Борис Бабаян: «Задача – сделать неулучшаемую компьютерную технологию».....	9
Виктор Иванников: «У нас была атмосфера творческого братства..»	18
Раздел 2. Машины	27
Ю.С. Ломов История создания старших моделей ЕС ЭВМ.....	29
Владимир Трушкин Советские домашние компьютеры 1980-х: краткая история.....	108
Раздел 3. Организации	197
В.Е. Велихов, А.П. Платонов, В.А. Пожаров, Е.А. Рябинкин, Б.И. Шитиков Развитие компьютерных технологий в Курчатовском институте	199
Эдуард Пройдаков Система управления развитием ВТ в СССР	227

УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Вышел в свет уже третий том серии «Страницы истории отечественных ИТ» — некоммерческого совместного проекта группы компаний АйТи и Виртуального компьютерного музея. Когда в 2014 году мы начинали этот проект, нами двигало желание рассказать, прежде всего, тем, кто сегодня работает в российской ИТ-индустрии, о первоисточках отечественной ИТ-школы, которая многие десятки лет назад могла создавать передовые разработки в области компьютерной техники и программного обеспечения.

Материалы третьего тома охватывают, если так можно сказать, «поздний советский период» развития ИТ — 70-е и 80-е годы XX века. Несмотря на то что политики окрестили эти годы «эпохой застоя», развитие советской вычислительной техники продолжалось. Именно тогда был взят курс на развитие единой серии ЭВМ как аналога известной линейки IBM 360/370. Правильным ли было решение переходить на ЕС? Что выиграли и что потеряли отрасль и страна от такого курса? Эти и многие другие вопросы мы задали двум свидетелям и непосредственным участникам событий тех лет — **Виктору Петровичу Иванникову**, академику РАН, заведующему кафедрами системного программирования факультета ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова и в Московском физико-техническом институте (МФТИ), профессору, научному руководителю Института системного программирования РАН, и **Борису Арташесовичу Бабаяну**, члену-корреспонденту РАН, доктору технических наук, профессору, заведующему кафедрой «Микропроцессорные технологии» МФТИ, Intel Fellow, лауреату Государственной и Ленинской премий, интервью с которыми открывают третий том серии «Страницы истории отечественных ИТ».

Большой исторический интерес представляют материалы, посвященные системе управления развитием вычислительной техники в СССР, а также обзор развития информационно-вычислительных систем в одном из лидеров не только российской, но и мировой науки — Курчатовском институте.



Страницы истории отечественных ИТ

И, конечно, в третьем томе серии вы найдете много новой информации об отечественных разработках в области создания вычислительных машин серии ЕС, а также советских домашних и персональных компьютеров.

Внимание профессионального сообщества к серии «Страницы истории отечественных ИТ» показывает, что сегодняшнее поколение инженеров, ученых, разработчиков активно интересуется прошлым нашей индустрии, открывает для себя многие инновационные подходы и разработки тех уже далеких времен. Я надеюсь, что каждый читатель найдет для себя что-то полезное на страницах третьего тома «Страниц истории отечественных ИТ», то, что, возможно, поможет ему в работе над инновациями завтрашнего дня. Ведь без знания своего прошлого люди, да и целые страны, не имеют будущего.

Тагир Яппаров,
председатель Совета директоров
группы компаний АйТи

Раздел 1

Люди

Борис Бабаян:

«Задача – сделать неулучшаемую компьютерную технологию»

Борис Арташесович Бабаян – член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, в течение многих лет был заведующим кафедрой «Микропроцессорные технологии» МФТИ, Intel Fellow, лауреат Государственной и Ленинской премий, архитектор компьютеров вычислительных систем «Эльбрус-1», «Эльбрус-2» и «Эльбрус-3». Более 40 лет Борис Арташесович проработал в ИТМ и ВТ. В настоящее время руководит группой, которая занимается разработкой новой архитектуры микропроцессоров в корпорации Intel.

Директор Виртуального компьютерного музея **Эдуард Пройдаков** побеседовал с **Борисом Арташесовичем Бабаяном** об истории развития архитектуры ЭВМ.



Эдуард Пройдаков: Борис Арташесович, расскажите, как Вы попали в ИТМ и ВТ?

Борис Бабаян: В 1951 году я поступил на Физтех (МФТИ), а в 1952 году, после окончания первого курса, пришел в ИТМ и ВТ на месячную практику — институт был базовой кафедрой Физтеха. На втором курсе мы проводили в ИТМ и ВТ один день в неделю, на третьем — два дня, а к шестому курсу работали уже всю неделю не покладая рук. Я сделал там диплом. Руководителем у меня был Петр Петрович Головистиков.

Моя первая важная студенческая работа была сделана в 1954 году. Я разработал метод carry-save arithmetic — умножение, деление и извлечение корня квадратного без переносов. В 1955 году я доложил результаты на конференции в Физтехе. Это была тема моей дипломной работы. Первая западная публикация на эту тему появилась в 1956 году в журнале Acta Informatica, то есть на год позже.

Обычно в арифметическом устройстве умножение происходит повторными сложениями двоичных операндов со сдвигом, и каждый раз, например в первой БЭСМ, перенос шел последовательно от младшего разряда к старшему. Это очень медленная операция. Аналогично и при делении. На первой БЭСМ деление плохо было сделано.

Метод carry-save arithmetic — один из двух, второй метод — умножение, деление и извлечение корня на несколько разрядов — предложил Дж.Е. Робертсон (J.E. Robertson). В соответствии с этим методом вы имеете не только множимое, но и утроенное множимое, и потом выполняете одно действие на три или больше разрядов сразу. Дж.Е. Робертсон был в Москве, и мы с ним встречались.

Эти два метода до сих пор являются основой всех арифметических операций.

Во время создания «Эльбруса» оборудования уже было больше, однако и это не позволяло выполнять высокопараллельные вычисления, но ту арифметику, о которой я рассказал, можно было реализовать двумя способами. Первый способ — один сумматор, можно без переносов, как я сказал, можно использовать метод Робертсона, но все равно использовать один сумматор, а можно сделать намного быстрее — поставить много сумматоров. Поставить их сразу на все разряды, и сразу на всех сумматорах начинается параллельное сложение. Если делать так, то умножитель становится специализированным. Получается — отдельно сумматор, отдельно умножитель, отдельно делитель. И хотя аппаратура уже позволяла это делать, распараллеливать вычисления было еще трудно, потому что оборудование было громоздким. И тогда мы задумались: а что в машине можно улучшить? В то время уже остро встал вопрос программирования, пришло понимание, что программирование — это серьезная вещь. Программы стали большими. Проблем с безопасностью и в помине не было, все машины стояли в отдельной комнате, которая запиралась на ключ ☺. Работали тогда так: приходил один программист, а когда заканчивал работу, снимал свои магнитные ленты. Потом приходил другой, магнитные ленты ставил, начинал работать. Информационная безопасность была никому не нужна.

А программирование всё больше становилось проблемой — многочисленные ошибки в программах уже мучили людей. Поэтому мы поставили задачу, которая актуальна и сегодня: сделать машину, в которой было бы реализовано действительно высокоуровневое программирование. Не мы первые подняли этот вопрос. Первой им занялась американская корпорация Burroughs («Барроуз»). В Москве кто-то купил их машину, и мы отправились на Burroughs, в Финляндию, где несколько дней общались с их главным разработчиком Робертом Бартоном. Очень толковый человек. А потом ездили в США, прямо на Burroughs. Это была очень продвинутая компания.

У нее было много пионерских нововведений, но все они не были доведены до практически приемлемого конца.

Э.П.: Но сегментную память ведь они придумали.

Б.Б.: Да, но с такими ошибками, что ее нельзя было использовать! Первое гениальное, что предложил Burroughs, — нужно поддерживать языки программирования. На самых первых вычислительных машинах были не программы, а инструкции на тему, как работать клавишами. Это был автоматизированный клавишный калькулятор. Посмотрите двоичную программу этой машины — из нее алгоритм извлечь очень трудно. Оборудования было очень мало, поэтому всё шло в угоду ему. Там и не требовалось хорошее программирование, потому что программы были очень маленькие. Когда одна машина заменялась другой, никто и не думал о сохранении программ. Зачем? Программисты тогда считались людьми второстепенными. Переписать эти программы было раз плюнуть. Сел и мгновенно переписал. А вот когда мы приступили к разработке «Эльбрус-1» (это было в 1972 году), этот вопрос стоял уже очень остро. Тогда в НАТО даже встал вопрос о кризисе программирования.

В Burroughs проблемой поддержки программирования занялись в 1960 году. Они ее решали так: сделали машину под Алгол, а этот язык создавался с учетом того, что он должен работать на существовавших в то время машинах. Но даже хороший язык без поддержки аппаратуры будет работать неэффективно. Разработчики Алгола калечили его как могли, пытались приладить к машине. Приведу один пример. В языках программирования есть человек номер один — Никлаус Вирт. Он бывал у нас в Москве, а я у него — выступал в Цюрихе. В свое время он создал хороший язык для программирования. Такой язык должен был, как минимум, обладать следующим свойством: в программах есть данные, есть целые и есть вещественные числа. В современных машинах нет целых и вещественных чисел — там есть биты. А язык должен понимать: то, что называется динамическими типами данных, то есть типом переменной, должно быть приклеено к ее значению. Вирт сделал язык Эйлер (Euler) с динамическими типами данных. Все аплодировали, но программы на нем очень неэффективно на машинах шли, потому что не было поддержки таких типов. Тогда он сделал шаг назад — пусть будут типы статические, то есть тип уже принадлежал не числу, а регистру или ячейке памяти. Поэтому, если вы записываете в ячейку целого типа вещественное число, кто-то должен будет преобразовать его в целое. Вернувшись к Алголу, мы сразу сообразили, что если поддерживать этот язык, то косвенно это будет означать поддержку старых машин. Именно это и привело Burroughs к плохим результатам. Тем не менее в этой области они всё равно пионеры.

Теперь давайте поговорим о памяти. В то время еще не существовало виртуальной памяти. Она появилась в Англии, в машине Atlas, где была создана страничная память, однако первую виртуальную память (но без виртуального пространства) реализовала всё-таки Burroughs, сделав правильный шаг, — память у них объектно-ориентированная. Вот есть память. Пользователь заказывает объект. Объект, допустим, занимает 15 машинных слов. Ему выделяется точно 15 слов. Кто-то попросит одно слово — ему выделяют одно слово. Между объектами пустые места, поскольку память выделяется динамически. К объекту нужно обращаться через дескриптор. Они ввели дескриптор. Это была гениальная идея. Но в дескрипторе они записывали физические адреса. В первой машине B5500 у них все дескрипторы размещались в начале памяти, под них была отведена тысяча (1000) ячеек. Поэтому, если какой-либо массив уничтожался, было известно, какой дескриптор нужно было уничтожить. На момент нашей встречи с Бартоном, разработчиком машины B5500, в ней это было более-менее хорошо сделано. Но пользователи сразу сказали: плохо, потому что все дескрипторы собраны вместе. В машине B6700 программисты уже имели возможность рассылать дескрипторы по памяти. Если массив уничтожается, попробуйте найти все дескрипторы, а в руководстве было написано: если вы не все дескрипторы уничтожили сами, это может привести к краху операционной системы.

Что же сделали мы? Мы тоже сделали объектно-ориентированную память, а поверх нее ещё и виртуальную память. Другими словами, если вы заказываете массив, то он размещается на страницах. Если он меньше страницы, то физической памяти выделяется ровно столько, сколько нужно, а конец виртуальной памяти не используется. У массива, занимающего несколько страниц, последняя страница может быть занята не полностью. Дескрипторы у нас уже с виртуальными адресами. Если вы уничтожаете массив, то виртуальную память нельзя повторно использовать, потому что дескрипторы разосланы, а физическая память сразу же повторно используется. Когда виртуальная память близка к переполнению, мы в фоновом режиме сканируем всю память, знаем все «дыры» и уничтожаем дескрипторы с этими виртуальными адресами. Все «живые» виртуальные адреса мы компактируем — уменьшаем на суммарный размер предшествующих «дыр».

Э.П.: Это такая сборка мусора?

Б.Б.: Это не сборка мусора, потому что сборка мусора — неэффективная процедура, нужно делать поиск по стекам. Кроме того, только после сборки мусора, а не уничтожения массива, освобождается физическая память, а у нас физическая память

повторно может использоваться сразу после уничтожения объекта. Это только фоновая сборка виртуальной памяти.

Э.П.: То есть эта процедура на детерминированность программы не влияла.

Б.Б.: Ни в коем случае. Единственный минус — там могут возникнуть ситуации, которые рассматриваются как программные ошибки. На самом деле это великолепно работало в «Эльбрусе-1, 2». Из-за того, что Burroughs сделала виртуальную память без использования виртуального пространства, у них Фортран просто умер. У меня есть статья, в которой я это описал. Что мы сделали в «Эльбрусе-1, 2»? Мы закончили разработку механизма компактировки виртуальной памяти в 1978 году. Хотя я и критикую Burroughs, но считаю, что это была гениальная фирма. Они во всем пионеры. Мы сделали второй шаг за ними. Они даже не говорили о компьютерной безопасности. Она и не нужна была. И мы о ней не говорили, но, так как мы делали всё, исходя из очень фундаментальных принципов, оказалось, что уже «Эльбрус-1» полностью решает эту проблему. В отличие от того, что делают сейчас, программисту для обеспечения компьютерной безопасности ничего не нужно было специально предпринимать. Сегодня вопрос безопасности рассматривается очень серьезно. Специалисты одной из фирм, занимающихся информационной безопасностью, сказали нам, что всё, что сейчас делается для компьютерной безопасности, напрасная трата денег и времени. Сейчас ведь как всё происходит? Обнаруживается уязвимость, потом антивирусные компании — Касперский или McAfee — «заштопывают» эту дыру, а у атакующих за это время появляются новые средства. Поэтому уровень безопасности мало зависит от того, что устранена предыдущая угроза. Безопасность, она или есть, или ее нет вообще.

В «Эльбрусе-1, 2» в основе нашего подхода лежали самые простые вещи. Например, что является основой объекта? Есть объект и есть процедура. Объект — это пользовательский тип, а процедура — пользовательская операция. Они между собой связаны. Для объекта есть пять простых требований: всякая процедура может заказать объект и получить ссылку на него. В ссылке будет условие, что с объектом можно делать. Если объект уничтожен, то до него никто не сможет добраться. Если у тебя нет этой ссылки, то нет и доступа к объекту. Для процедур определено, что у каждой процедуры есть контекст — ее глобальные и локальные переменные и ее параметры. Процедура имеет право обращаться только к своему контексту. Конечно, у нас все данные с динамическими типами. Это необходимо хотя бы потому, что по своим базовым принципам и реализации операционная система в «Эльбрусе-1, 2» может работать исключительно в пользовательском режиме, привилегированный режим

можно не вводить. К сожалению, в ОС «Эльбрус» в некоторых процедурах введен привилегированный режим, который можно легко убрать. По своим базовым принципам философия «Эльбрус» не требует введения привилегированного режима. В силу того что правильно сделаны указатели, у данных есть теги, которые показывают, что можно делать с этими данными. Если это данное — указатель, то его нельзя менять произвольным образом. Так было уже в 1978 году. Тогда мы не заботились о компьютерной безопасности. Но в этих машинах эта проблема была решена полностью.

Э.П.: Сейчас распространены два основных типа атак — атаки с переполнением буфера и сетевые атаки на превышение возможностей обработки запросов.

Б.Б.: С атаками последнего типа, если у компьютера не хватает производительности, ничего нельзя сделать, но информацию при этом вы не потеряете. Сравнение с Западом: полную реализацию механизма *capability* и полную *security* на его основе мы сделали в реальной машине («Эльбрус») в 1978 году, на Западе близко ничего не было и нет до сих пор. В 1981-м Intel тоже занялась этой проблемой. Тогда у нее появился процессор iAPX 432, в нем стояла контекстная защита, но была ошибка, которую спровоцировал Жак Деннис. В 1974 году он был в Москве, и мы с ним много общались. Жак осмыслил понятие *capability*, означающее, что вы имеете доступ к тому, на что получили ссылку. Ссылка становилась самым главным критерием безопасности, ее подделать никто не может. Но чтобы это работало, нужно, чтобы каждое слово памяти имело тег. Жак предложил вариант метода, когда тип определяется не для каждого данного, а для всего массива (*capability list*), в этом случае тегов не нужно — у массива всегда есть одно дополнительное слово, в котором указан его тип. Это была колоссальная ошибка, но все почему-то за его предложение ухватились. В СССР ЦК и Совмин обратились к ученым с вопросом: может быть, нужно копировать iAPX 432, потому что это процессор с интересными данными? Я написал письмо, где ответил: ни в коем случае! Через несколько месяцев этот проект с треском провалился из-за неэффективности такого подхода. Для запуска процедуры требовалось в среднем 50 обращений в память.

Э.П.: Скажите, Intel Fellow, что это за статус у Вас такой?

Б.Б.: Intel Fellow — это высшая техническая должность. Переводится как «заслуженный ученый-исследователь». Это техническая элита корпорации.

Э.П.: Такое звание Вас к чему-то обязывает в Intel?

Б.Б.: Обычно Intel Fellow ведут активную научно-техническую деятельность. То, что мы делаем в Intel, это абсолютно признано, но опять же по моему опыту — если вы что-то сделали, то есть три составляющих этого дела: на саму технику

приходится 30% усилий, на изложение результатов, чтобы они были понятны людям, — 20%, а 50% — это политическая борьба за выживание. Это везде так.

Э.П.: Интересна история шумевшего перехода Вашей команды в Intel. Какова была мотивация этого перехода?

Б.Б.: В то время чрезвычайно трудно было проектировать архитектуру в России — требовалось большое финансирование, а у нас было очень много толковых людей. Коллективы в России очень хорошие, но разработка машины стоит очень больших денег, много миллиардов. Их можно окупить, если будут массовые продажи этой машины. Внутри страны эта работа не окупится — нужны фабрики высокого уровня для того, чтобы быть конкурентоспособными на мировом рынке. С западными фабриками может возникнуть проблема. В Intel таких проблем не было. Практически хороший вариант — это совместная работа. В Intel российские работы очень высоко ценятся. Есть люди, которые говорят, что из Москвы приходят здравые архитектурные идеи. Наши ребята, которые здесь работают, сейчас делают машины, которые увидят свет в 2020 году. Нужно, чтобы технологии подросли.

Э.П.: Но Intel же перешла на 10 нм?

Б.Б.: Да, переходит на 7 нм. Более того, технологии меньше, чем 28 нм, делают машину быстрее, но дороже. А если они меньше 5–7 нм — машина становится и дороже, и не быстрее. Мы подошли к тому, что я здесь делаю. Суперскаляр я раскритиковал, вместо него мы разработали свой подход, который дальше уже просто не улучшаем. Конечно, теоретически это трудно доказать, но и трудно опровергнуть. Как я всегда говорю, вычислительная техника — это схема архитектуры из конечного числа дискретных компонентов. Их много, но конечное число. Теоретически конечное число дискретных элементов имеет конечное число реализаций, хотя и баснословно большое. Из этого конечного числа реализаций — одна наилучшая. Ее просто нужно найти. Первые ЭВМ в тех условиях ограничений по оборудованию были не улучшаемыми — арифметика не улучшаемая, оборудования больше чем на одну арифметику не хватает. Более того, эта архитектура универсальная — любая конкурирующая архитектура должна иметь такую же арифметику. После этого все машины, которые сейчас выпускаются, — не универсальные, потому что суперскаляр не может использовать всё доступное оборудование. Поэтому сейчас море программируемых специализированных машин. Спрашивают, может быть, специализированные машины лучше универсальных? Это сомнительное высказывание, потому что много лет никто не видел универсальной машины. Нет ее, сравнить не с чем. А то, что мы делаем, это универсальная машина, которая, я думаю, будет хороша для всех алгоритмов. По очень

простому принципу нужно как сделать? Нужно, чтобы был язык, абсолютно точно излагающий алгоритм, чтобы программа приходила на компилятор, локальный для моделей, а аппаратура должна быть как конструктор Lego, легко реструктурируемая компилятором — никакой оптимизации в аппаратуре. Аппаратура должна быть очень простой. Как я говорю, у аппаратуры мускулы сильные, но слабые мозги, а у компилятора мускулов вообще нет. Компилятор должен выполнять оптимизацию с учетом динамической обратной связи. Если сделать такую схему, то совместимость образуется либо на уровне языка, либо на уровне двоичного кода, который приходит к компилятору. Это две разные системы. Большим преимуществом является то, что вы можете что-то менять в аппаратуре, делая соответствующие изменения в локальном для модели компиляторе. При этом будет сохраняться полная совместимость на пользовательском уровне. Это значит, что вы можете довести аппаратуру до неулучшаемого состояния. Я держу у себя номер журнала «Суперкомпьютер» из-за одного выражения в статье «Есть ли жизнь после закона Мура».

Э.П.: Закон Мура как бы уже закончился, но его перевернули — стали говорить не о количестве транзисторов на кристалле, а о суммарной производительности.

Б.Б.: В той статье приводится высказывание афинского философа Аристидида. Он сказал: «Всё, что имеет начало, имеет и конец». Силиконовая технология это доказала. То, что мы делаем, может доказать то же самое в компьютерной архитектуре. Потому что арифметика неулучшаемая, суперскаляр практически тоже при внешних ограничениях аппаратной совместимости (нет локального компилятора), хотя это трудно доказать теоретически, но уже все разработчики понимают: всё, суперскаляр остановился. Мы это поняли еще в 1985 году. Вариант с локальным компилятором, но совместимый, будет неулучшаемым для процессоров ARM или для x86. Он тоже достигнет неулучшаемого состояния. И если совсем отбросить требование совместимости, то это будет абсолютно неулучшаемое состояние. Кремниевая технология неулучшаема, площадь кристалла ограничена. Всё, это достижение предельно возможного совершенства развития вычислительной техники, но его еще нужно достигнуть — по практическим результатам это не так далеко. Одна сторона нами сделана — полностью обеспечена безопасность, легко программировать, но нужно еще поработать над параллелизмом.

Э.П.: А дальше, как Вы думаете, на фотонику всё перейдет?

Б.Б.: Этого я не знаю. Непрофессионально не хочу высказываться. Если там будет что-то логически другое, то Аристидид же правильно сказал.

Э.П.: С древними греками не поспоришь. А вот всякие прорывы в технологии памяти, голографическая память могут изменить ситуацию?

Б.Б.: То, что я рассказывал про архитектуру, верно при заданной логической структуре компонентов.

Э.П.: Проповедовали еще вычисления в ячейках памяти.

Б.Б.: Не думаю. Те, кто это проповедовал, уже сами от этой идеи отказались.

Я встречался Бобом Колвеллом, который сделал суперскаляр (P6) в 1995 году и сделал Intel великим. А сегодня считается, что быстрее процессор не сделать. Можно сделать во много раз быстрее. У меня в этом плане возражений и вопросов к Intel очень много. Но сейчас такой период, что нам нужно дойти и выполнить предсказание афинского философа.

Э.П.: Народ шутил, что Pentium был назван так в честь Пентковского.

Б.Б.: Нет, конечно, это шутка то ли Алексея Пылкина, то ли Николая Малышева. Эта версия распространилась и даже недавно в каком-то фильме прозвучала.

Э.П.: Интересно, кто из работавших в ИТМ и ВТ, кроме Лебедева, произвел на Вас большое впечатление?

Б.Б.: Конечно, Лев Королев, Виктор Иванников, Юлий Сахин, Андрей Соколов, выдающийся человек. Володя Пентковский, очень толковый разработчик. В команде, которая сейчас в ИНЭУМ работает, — Сергей Семенихин, Владимир Волконский, Александр Ким, Владимир Фельдман, Леонид Назаров и много-много других, которых трудно всех здесь перечислить.

Э.П.: Кроме вычислительной техники, чем Вы увлекаетесь?

Б.Б.: Сейчас мне 82 года, а в прошлом я много спортом занимался — был серебряным призером первенства Советского Союза по альпинизму, выигрывал первенство Москвы. Альпинизмом занимался очень серьезно — ходил в группе с Евгением Таммом, который потом руководил экспедицией, по стене взошедшей на Эверест. Это всё мои друзья. Продолжительное время катался на горных лыжах, но серьезно ими не занимался.

Э.П.: Спасибо за беседу.

Виктор Иванников:

«У нас была атмосфера творческого братства...»



Об истории первых операционных систем, о людях, создававших первые отечественные ЭВМ, беседа директора Виртуального компьютерного музея **Эдуарда Пройдакова** с **Виктором Петровичем Иванниковым**, академиком РАН, заведующим кафедрами системного программирования факультета ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова и в Московском физико-техническом институте (МФТИ), профессором, научным руководителем Института системного программирования РАН (ИСП РАН).

Эдуард Пройдаков: Проблема компьютерной истории в том, что живых ее участников всё меньше, а остаются только документы, на которые следующие поколения будут ссылаться: «Вот так там написано».

Виктор Петрович Иванников: Для истории это обычное дело. Люди сами себе часто противоречат. В истории всегда возникает какое-то клише, которое через некоторое время начинают тиражировать. С этим приходится мириться, но вот что забавно: среди историков находят люди, которые начинают утверждать, что принятая точка зрения неверна, это клише неправильно, и принимают подыскивать материалы под другое клише. К сожалению, с историей вычислительной техники происходит то же самое. Например, до сих пор говорят об архитектуре фон Неймана, хотя на самом деле ее предложил Джон Моучли.

Э.П.: Вы были непосредственным участником работ по первым ЭВМ, очевидцем, поэтому очень интересен Ваш взгляд на те события.

В.И.: Дело в том, что я попал в институт Сергея Алексеевича Лебедева, ИТМ и ВТ (Институт точной механики и вычислительной техники. — Прим. Э.П.), и его личность определяла среду, которая там была. Он подбирал людей, совместимых с ним. Там работали такие люди, как Л.Н. Королёв, А.А. Соколов, В.С. Бурцев, Б.А. Бабаян и многие другие.

Я окончил Физтех в 1963 году, но в ИТМ и ВТ появился еще после второго курса — там мы проходили летнюю практику, а учась уже на четвертом, пятом и шестом курсе (на Физтехе всегда было шесть лет обучения), проводили там всё больше времени. На шестом курсе — все шесть дней в неделю (тогда была шестидневная рабочая неделя) — я делал в ИТМ и ВТ дипломную работу. Для меня она оказалась довольно напряженной. Вначале я попал в лабораторию (к Неслуховскому), которая занималась цифровыми дифференциальными анализаторами. Купился на то, что Неслуховский, приглашая меня после третьего курса к себе на работу, говорил о математике. Лаборатория находилась где-то на Курской. Я год к нему ездил. Началось с того, что он дал мне брошюрку по алгебре высказываний. Эту брошюрку я за полдня прочитал, а дальше моя деятельность, которой я начал манкировать, свелась к тому, чтобы за осциллографом находить и исправлять дефекты в феррит-транзисторных ячейках. Мне это быстро осточертело, и я ушел к М.И. Нечипуренко, который занимался функциональным анализом. Он дал мне задачку. Приближенные вычисления и функциональный анализ нам не читали — освоил сам. Это происходило в 1961–1962 году. Потом Нечипуренко уехал в новосибирский Академгородок, а я остался без руководителя, и нужно было поменять тему. Знакомые ребята (Толя Иванов и др.) работали у Льва Николаевича Королева, там студентов оформляли на полставки. И хотя программирование в то время считалось дурацкой мутью, занятием для пожилых женщин, но полставки были весомым аргументом. Стипендия, я помню, у нас была 60 рублей и полставки 60 рублей, причем ни то ни другое не облагалось подоходным налогом. Конечно же, меня это привлекло.

Попал я к Д.Б. Подшивалову (он недавно умер), который предложил мне задачу об экономии памяти. Тогда подход был такой, что ячейки для уже не используемых переменных можно отдавать другим переменным. Задача очень похожа на раскраску графа. По этому направлению имеется масса работ, например С.С. Лаврова, А.П. Ершова. Это направление и стало темой моего диплома. Хотя впоследствии, да и поныне, для этих целей стал использоваться другой подход — стековый механизм распределения памяти. Программирование как инженерное дело — это выбор какой-то альтернативы из многих. Поскольку все были первопроходцами, выбрать какую-то альтернативу и не дойти до конца означает большой риск сделать неверный выбор. Правильному выбору могло бы способствовать открытое обсуждение, какие-то конкурентные мнения. Если бы наше общество не было так изолированно, наверное, возникали бы какие-то сомнения при выборе. Но даже если стало понятно, что

выбранная альтернатива неверна, это отнюдь не означает, что она абсолютно неверна, — она может сработать в каких-то иных условиях.

Э.П.: Можно сказать, что вычислительная техника начиналась с эпохи романтизма, а потом она стала объектом коммерции?

В.И.: Нет, я смотрю сегодня на молодых ребят и понимаю: не закончилась эпоха романтизма. Всё дело в том, что должна быть среда, в которой этот романтизм может существовать. Среда, которая была в ИТМ и ВТ, спустя многие годы, Андрей Михайлович Степанов, человек очень искренний и невероятно талантливый, на конференции, посвященной памяти Л.Н. Королева, охарактеризовал весьма точно и эмоционально. В каждом его слове чувствовалась боль от потери того мира, в котором мы жили. Когда я строил этот институт (ИСП РАН. — Прим. Э.П.), образцом для меня было то, как меня пацаном приняли в ИТМ и ВТ, и мне хотелось такую же атмосферу создать в ИСП.

Когда есть такая атмосфера, есть и романтизм, и эта черта, наверное, самое ценное, что может быть в жизни. Так вот, смотрю я на молодых ребят — они, что бы там ни говорили, конечно же, романтики! Перед ними — куча задач, только задачи сейчас стали намного сложнее. А какие сегодня возможности и инструменты!

Конечно, можно создать и невыносимую обстановку. Когда мы с Мельниковым уходили из ИТМ и ВТ в НИИ «Дельта», ребята говорили: «Вы уже нахлебаетесь в МЭПе». Действительно, обстановка там была гнетущая. Какой уж там романтизм! Хотя в своем локальном мирке мы еще пытались сохранить принесенный нами дух, но уже за пределами комнаты среда была очень недоброжелательная. Создать такую среду нет проблем, и она, к сожалению, часто доминирует, но при этом все твердят о патриотизме. Как только я слышу пламенные речи о патриотизме и вижу, как люди бьют себя в грудь, поневоле закрадывается подозрение, что они просто хотят отхватить хороший кусок от госбюджетного пирога. Не совсем понятно, почему так происходит. Хотя я, несомненно, считаю себя патриотом.

Молодежь сейчас, быть может, даже лучше, чем мы были в их годы, потому что внутренне они более свободны. Все-таки на нас давило время, когда вся страна жила в страхе, притом что выдающиеся вещи создавались, но страх был в каждой семье, и это так или иначе передавалось детям. Сейчас ребята более раскрепощенные, и это просто здорово! Хотя за собой я особо не замечал, что боялся чего-то не так сказать. Скорее уж были очень глубинные тормоза, на которые я в общем-то не обращал внимания.

Э.П.: Как Вы пришли к разработке операционных систем?

В.И.: Парень я был активный, только что защитил диплом. Сергей Алексеевич Лебедев послушал мою защиту диплома и неожиданно для меня (я об этом и не думал)

сказал: «Хочу, чтобы он был в аспирантуре». А я еще и не москвич, там была с этим целая история. Короче, я остался в ИТМ и ВТ. В это время, в 1963 году, велись работы по созданию макета БЭСМ-6. До этого всё, над чем я работал, приходилось делать на М-40. Ужасная машина, как потом я понял.

Э.П.: А чем плоха была М-40?

В.И.: Уже плохо помню, но там, когда я обращался с возвратом к подпрограмме, адрес возврата записывался в конце памяти программы, к которой происходило обращение, то есть данные записывались в то самое место, где расположен код. Помню только, что это сильно мне мешало.

Э.П.: Еще интересно, как Вы пересекались с В. Пентковским?

В.И.: Володя Пентковский был очень умный парень и, безусловно, талантливый, он тоже заканчивал Физтех, но я был старше его, с разницей в четыре-пять лет. Это огромная дистанция мудрости, опыта и т. п. Он для меня был абитура. А потом он развернулся в Intel (руководил там департаментом, занимавшимся разработкой серверных процессоров. — *Прим. Э.П.*). Меня этонисколько не удивило. Нужно добавить, что он еще и очень интеллигентный парень был.

Э.П.: Есть очень много людей, имена которых в воспоминаниях звучат, но, к сожалению, ни их биографий, ни какой-то другой подробной информации о них нет. Взять того же Соколова, например.

В.И.: Есть люди, не буду называть фамилии, которые занимаются саморекламой. Вот они-то и становятся известными. Иногда они делают некрасивые вещи, как в известной истории с фон Нейманом. Андрей Соколов был не такой — его это просто не интересовало. Но он был очень упертый: я помню, когда начинаешь с ним спорить, его не прошибешь, это черт знает что такое нужно было сделать, чтобы его переубедить. На самом же деле не так много таких ярких, талантливых людей я вообще встречал. Даже, пожалуй, совсем немного. Спросите любого, кто работал с Соколовым, — может быть, другими словами, но он скажет о нем то же самое. Блестящий был человек.

Э.П.: С какого момента в истории ИТМ и ВТ начался негатив?

В.И.: Негатив начался после болезни и смерти С.А. Лебедева. Его уход стал началом смерти ИТМ и ВТ. Смерть института не была мгновенной. Пришел В.С. Бурцев — с другой моралью, с другим отношением к людям. Я не хочу сказать, что он был плохой, но он был другой человек. С этого всё и началось. Плюс ко всему (не хочу всё вешать на Бурцева, хотя роль личности в истории, конечно, трудно переоценить) здесь еще, по-видимому, сказался переизбыток в ИТМ и ВТ критической массы талантливых

людей. Дело вот в чем: приходят молодые ребята, и очень плохо, что люди, которые могли бы стать для них образцами, либо недостигаемы вообще, либо становятся достигаемы через многие-многие годы. В этом случае скважность поколений должна быть очень небольшой, чтобы молодежь не думала: «Зачем мне ломаться, я заведомо таким никогда не буду или буду через 15 лет». А это бесконечность для молодого человека. Вот тот же Майкл Стоунбрейкер создал СУБД PostgreSQL за 12 лет. Как их прожить и как всё это время активно работать? Причем, говоря о Postgres, нужно сказать, что уже была система R, в которой многое на тот момент было решено: SQL, управление транзакциями, активизация и т. д. Грей и Кодд давным-давно получили за это Тьюринговские премии, то есть фундаментальные проблемы были решены. Стоунбрейкер этим воспользовался в чистом виде, но даже в таких условиях ему потребовался десяток лет. Это невозможно спланировать. Я думаю, что он несколько раз просто-напросто переписывал эту СУБД, потому что проект редко бывает сделан настолько хорошо, что его реализация сразу же пошла. По моему опыту, даже вполне успешные вещи у нас по несколько раз переписывались.

Э.П.: В психологии такую ситуацию называют «перекрыты внешние цели».

В.И.: Думаю, что был синергетический эффект, когда и личность, и объективные процессы слились воедино. Они-то и привели к умиранию ИТМ и ВТ как творческого братства. Войны Бурцева с Мельниковым каким-то непостижимым образом и нас касались, хотя у меня были прекрасные отношения с лабораторией № 2, со всеми ребятами, с тем же Борей Бабаяном, с Юлей Сохиным, с Сергеем Семенихиным, Владимиром Пентковским. Тем не менее раздор наверху чувствовался: война, она всегда война. Теряют все, потерял и ИТМ и ВТ.

Э.П.: Это выразилось в том, что Владимир Андреевич Мельников ушел?

В.И.: Да, причем я бы ни ушел с ним, если б не был уверен, что Андрей Соколов тоже уйдет делать машину СС БИС, а он в это время затеял делать свою машину. И я по молодости лет говорил ему: «Андрей, ну, может быть, мы как-то скоординируемся?» Это была нелепая надежда, но для меня, как я воспринимал эту ситуацию в то время, казалось трагедией перестать работать с ним.

Э.П.: На факультет ВМиК Вы ушли уже от Мельникова?

В.И.: Нет, я всё время оставался с Владимиром Андреевичем. И когда он получил Институт кибернетики, я стал там одновременно заведующим отделом. А потом он умер, и появился шанс реализовать свою мечту, создать Институт программирования, потому что и от Любимского, и от Ершова, и от Михаила Романовича Шура-Буры я не раз слышал, что не на подхвате нужно быть; системное программирование само

по себе — сложная область знаний, и надо создать что-то отдельное, хотя в том же самом ИПМ и в Академгородке, в институте у Гурия Ивановича Марчука ребята были свободны, могли заниматься чем угодно. Но речь тут о том, что должна быть достаточная концентрация таких людей в нашей области знаний. Наконец в 1994 году, эту мечту удалось реализовать. Страшные были времена: 80% сотрудников из созданного института уехали из страны. Но сейчас у нас уже появилось поколение 40-летних. Есть приток молодых ребят с трех кафедр. Разрыв между поколениями, конечно, образовался, но 40-летние этот разрыв заполняют. Директором ИСП сейчас стал Арут Аветисян, ему 45 лет. Я очень доволен, что он стал директором, и он понимает ценность той самой обстановки в коллективе, которую создавал Сергей Алексеевич. ИТМ и ВТ был институтом со звездочкой (то есть под методологическим руководством АН СССР), но подчинялся Минрадиопрому. Отпуска были академические, поликлиника тоже — какие-то академические привилегии Лебедеву всё же удалось отстоять.

Э.П.: Есть спекулятивная тема — появление ЕС ЭВМ. К ней многие относятся очень по-разному.

В.И.: Поскольку я был в другом лагере, на стороне С.А. Лебедева, то, конечно, воспринимал это негативно. Может быть, это связано с тем, что у нас был узкофокусированный сегмент рынка, Советский Союз застоялся в отношении стандартизации архитектуры ЭВМ. Каждая машина была сама по себе, со своими устройствами ввода-вывода, со своими каналами и т.д. — огромное разнообразие. Если же говорить о программировании, то, каждый раз создавая прототип, я полностью отдаю творчеству, не думаю ни о каких стандартах, хотя реальная жизнь требует преемственности, совместимости. Не от веселой же жизни та же Intel продолжает поддерживать совместимость в архитектуре процессоров x86. Понятно, эти требования ограничивают творчество, но совместимость должна быть. Сказать, что System 360 красивая, нельзя — в ней много противоречий, но для массового производства она годилась. Проблема заключалась в том, что огромные ресурсы — человеческие и материальные — были переброшены на воспроизведение этой линии, причем речь здесь не только о деньгах — это касалось прописок, кадров, премий. Всё это отдавалось ЕС и СМ ЭВМ в ущерб другим направлениям. И только те, кто работал с военными, имели отдельные очаги чисто отечественных разработок, но и они постепенно размывались: исчез «Минск», «Урал». Между технологией и архитектурой обязательно должен быть какой-то баланс. В ЕС ЭВМ, на мой взгляд, был перекоп в сторону технологии. Как говорится: что имеем — не храним, потерявши — плачем, и это было плохо.

Э.П.: Переход на ЕС сильно сказался на ИТМ и ВТ?

В.И.: Абсолютно не затронул. ИТМ и ВТ вообще не участвовал в этом движении — мы продолжали делать свои собственные машины. Но дело в том, что ИТМ и ВТ не мог существовать изолированно: огромные ресурсы, например, самый сильный в стране отдел программирования Михаила Романовича Шура-Буры в ИПМ (Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша. — *Прим. Э.П.*) был направлен на разработку ЕС, то есть мы потеряли доступные внешние материальные и человеческие ресурсы.

Э.П.: А что происходило с Вашей первой операционной системой?

В.И.: Я достаточно активно участвовал в создании первой операционной системы Д-68, написав к ней очень много кода. А потом возникли разные идеи, захотелось что-то изменить, сделать по-другому, и постепенно я начал работать над следующей ОС — НД-70. До этого проводил разного рода эксперименты; например, показательный прогон одного куска этой ОС состоялся на испытаниях БЭСМ-6. Мне было интересно сделать как бы систему разделения времени, хотя я толком еще не понимал, что это такое. Задача была дать возможность работы со многих терминалов, а терминалами в то время у нас были только телетайпы. Когда ночью я выходил «отлаживаться», приходилось просить дежурного инженера нажать клавишу на втором телетайпе. Там было придумано много интересных вещей, например, чтобы код в ОЗУ был в одном экземпляре. Рабочую ночь я обычно начинал с того, что настраивал частоту телетайпа по камертону. Дело в том, что так в нем за счет стробоскопического эффекта регулировалась частота вращения шкива. Да еще плавала частота тактовых генераторов на БЭСМ. В конце концов пришла мысль использовать вместо камертона (камертоны ведь еще и расстраиваются со временем) настройку по трем произвольно введенным символам. После этого о камертоне можно было забыть. И никто мне не мешал — работал в свое удовольствие. В это время делалась ОС ИПМ, Тюрин в Дубне переписывал Д-68 на Ассемблере Севы Штаркмана.

Э.П.: Д-68 был написан в машинных кодах?

В.И.: Естественно, в машинных кодах. Это потом Марк Чайковский написал Ассемблер, но который еще имел ограничения, поскольку нельзя было ассемблировать независимые куски программы, а потом их компоновать. Штаркман сделал всё как надо. Благодаря такому подходу тюринский ДИСПАК стал более надежным. А в ОС ИПМ вообще была куча всевозможных идей. По этой теме мы общались с Эдуардом Зиновьевичем Любимским. Первая встреча у нас состоялась на какой-то конференции. Оказалось, он читал мою статью. Это прозвучало как «ты мне равный», и я был польщен. Он не стал меня расхваливать, а просто сказал: «Я тебя знаю».

А потом НД-70 в машине АС-6 заиграла, потому что позволяла делать подсистемы. В режиме пользователя она давала те же самые средства, что и ОС. Это была не виртуализация, а просто набор примитивов, которые позволяли создавать разные многопользовательские вещи. На этой основе Борис Ящук в Болшево и Рэм Галис (уж не знаю, жив ли он или нет, в Штаты уехал) в Подлипках сделали баллистические мониторные системы. Мы все дружили, конечно.

Это была очень интересная работа. С Андреем Соколовым мы общались и раньше, но такое вот взаимное глубокое творчество в период создания АС-6 — и по архитектуре, и по программированию — с такими людьми, как Соколов, Смирнов, возникло впервые. Андрей Соколов был очень спортивным человеком — прыгал в высоту под два метра. Тренировался вместе со Степановым и другими спортсменами, которые первыми в прыжках в высоту преодолели планку в два метра. Помню одно соревнование в ИТМ и ВТ, когда нужно было с места перепрыгнуть стул со стороны спинки, — развлекались так. При этом опять же очень интеллигентные люди. Марк Тяпкин... Как вспомнишь то время, ей-богу, слезы на глаза наворачиваются.

Э.П.: Хочется написать об этих людях неформально. Есть сейчас такое направление — изустная история.

В.И.: Это очень сложно сделать. Я пытался в этом стиле написать в книге воспоминаний о Льве Николаевиче Королеве. Но, наверное, не слишком удалось. Как был тогда прекрасен мир! Он и сейчас, наверное, прекрасен, но для молодежи.

Э.П.: Спасибо за беседу.

Раздел 2

Машины

Ю.С. Ломов

История создания старших моделей ЕС ЭВМ

Введение

В 1968 году в соответствии с Постановлением Совета Министров СССР «О дальнейшем развитии разработки и производства средств вычислительной техники» (от 30 декабря 1967 года) был создан Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники (НИЦЭВТ) — головная организация СССР и стран социалистического содружества (стран-членов СЭВ) по созданию комплекса электронных вычислительных машин «Ряд» — Единой системы электронных вычислительных машин (ЕС ЭВМ). Кроме выполнения головной роли, НИЦЭВТ непосредственно занимался созданием и внедрением в народное хозяйство старших моделей ЕС ЭВМ по программам «Ряд-1», «Ряд-2» и «Ряд-3».

В это время за рубежом начался массовый выпуск средств вычислительной техники (ВТ) третьего поколения (на микросхемах малой и средней степени интеграции). Парк вычислительных машин развитых зарубежных стран стремительно пополнялся, в том числе и за счет программно-совместимых ЭВМ общего назначения различной производительности. Их работа поддерживалась большим объемом внешней памяти на дисках, мощной и разнообразной номенклатурой периферийных устройств и абонентскими пунктами телеобработки, подключенными к центральному процессору через селекторные и мультиплексные каналы с высокой пропускной способностью. По отношению даже к «звездным» из большой номенклатуры отечественных ЭВМ второго поколения, которые в то время разрабатывались и производились в СССР, зарубежные ЭВМ третьего поколения имели преимущество как по основным характеристикам (производительность, надежность и т. д.), так и по качеству и объемам производства. К тому же указанный парк отечественных ЭВМ использовался в основном для расчетных задач (за исключением ЭВМ «Весна» и «Снег»), в то время как за рубежом ЭВМ третьего поколения использовались в информационных и управляющих системах различного назначения. И это преимущество обеспечивалось новой элементной базой, которую в совокупности с технологиями ее упаковки называют



А.М. Литвинов

базовой технологией. ЭВМ третьего поколения формировали промышленный комплекс индустрии массовых коммерческих средств электронной вычислительной техники. Началось движение в направлении, которое впоследствии назовут научно-технической революцией, изменившей облик цивилизации.

Созданная в США Комиссия по изучению мировых достижений в области программирования и ВТ в своих рекомендациях правительству страны отмечала, что развитые капиталистические страны добились значительного количественного и качественного превосходства в данной области над странами Совета экономической взаимопомощи (СЭВ). Широкий диапазон направлений ВТ делает невозможной и бессмысленной попытку охарактеризовать достигнутое превосходство каким-либо одним показателем. Однако отмечалось, что развитие ВТ в США по многим направлениям опережает страны СЭВ на 5–10 лет и более. Такой вывод не стал новостью ни для руководителей, ни для многих специалистов СССР. К примеру, председатель Комиссии по вычислительной технике АН СССР, председатель Научного совета по ВТ и системам управления Государственного комитета СМ СССР по науке и технике (ГКНТ СССР) академик А.А. Дородницын в своем докладе Коллегии ГКНТ в сентябре 1969 года утверждал, что по «содержательной части математического обеспечения мы стоим на уровне примерно 1960 г. по сравнению с США. У нас организовано ведется лишь разработка внутреннего математического обеспечения и некоторого минимального перечня стандартных программ и почти совсем не ведутся работы по типовым программам для комплексной обработки информации для предприятий, ведомств и других организаций». Академик Е.П. Велихов в 1987 году отмечал, что мы отставали по элементной базе на два поколения. К этому следует добавить, что сложность решаемых научно-технических, планово-экономических и производственных задач постоянно возрастала. Настоятельная необходимость удовлетворения потребностей научно-промышленного и оборонного комплекса страны современной вычислительной техникой требовала создания высокотехнологичной промышленной отрасли электронно-вычислительной техники.

Обычно бюрократический темп принятия решений значительно отстает от темпов развития ВТ. Очевидно, что к середине 1960-х годов



С.П. Соловьев



Л.Д. Райков

положение в области вычислительной техники достигло критической отметки. Решение ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 30 декабря 1967 г. было попыткой привести направление и темпы развития отечественной ВТ в соответствие с мировыми тенденциями.

Решение, определяя цели и задачи развития отечественной ВТ, носило не только мобилизационный характер. Кроме значительных инвестиций, оно предусматривало создание новых научно-технических центров (НТЦ) и промышленных предприятий, определяло конкретные мероприятия по разработке, закупке и внедрению новых технологий третьего поколения и т. д. Этим решением НИЦЭВТ поручалась разработка двух старших моделей ряда программно-совместимых ЭВМ (впоследствии получившего название «Единая система (ЕС) социалистических стран») Р-500 и Р-2000 с производительностью соответственно 500 и 2000 тыс. операций в секунду (оп/с).



Б.Н. Файзулаев

Формально разработка старших моделей ЕС ЭВМ началась с этого момента. В течение 1968 года формировался коллектив НИЦЭВТ и выбиралось направление разработки. Несмотря на то что аванпроект ориентировал разработку ряда совместимых машин на систему IBM 360, окончательное решение еще не было принято. Альтернативой системе IBM 360 могла стать «Система-4», предлагаемая английской фирмой ICL. «Система-4» разрабатывалась этой фирмой по лицензии американской компании RCA. В СССР эксплуатировалось несколько ЭВМ этой системы. Кроме того, фирмой ICL была обещана документация и помощь в разработке. Действительно, вскоре все столы разработчиков НИЦЭВТ оказались завалены документацией «Системы-4». Единственным настольным документом разработчика от IBM была книга «Вычислительная система IBM/360. Принципы работы» под редакцией В.С. Штаркмана.

Когда говорят об архитектуре IBM 360, то под этим понимают архитектуру *системы* как единство принципов работы (функционирования), а не архитектуру входящих в нее отдельных моделей. Возможности архитектурных и структурных решений этих моделей ничем не ограничивались при условии сохранения стандартных компонентов, необходимых и обязательных для идентификации этих моделей как моделей Единой системы.

Фактически работы начались после того, как в декабре 1968 года НИЦЭВТ объединился с Научно-исследовательским институтом



В.Г. Макурочкин



В.И. Павлов

электронных математических машин (НИЭМ). Директором НИЦЭВТ и генеральным конструктором Единой системы ЭВМ был назначен С.А. Крутовских.

Руководителем научно-технического отделения по разработке старших моделей ЕС ЭВМ стал В.С. Антонов (позднее Ю.С. Ломов). Основной костяк разработчиков этого отделения составляли: А.А. Шульгин, К.С. Ораевский, М.Д. Пейбарт, И.Б. Михайлов, Г.С. Попилина, Н.В. Егорычева, И.П. Попова, Б.Б. Автономов, И.С. Храмцов, Ю.А. Почечуев, Ю.А. Коханов, Р.М. Коханова, С.К. Иванов, Н.Н. Слюсарев, В.В. Климов, А.И. Терёшкина, Ю.Н. Фомичёв, Ф.М. Шагиахметов, Л.М. Обьедкова, Е.И. Уробушкин, В.В. Герасимов, Г.В. Герасимов, В.Л. Мишняков, Г.А. Мишнякова, В.В. Ильенко, Т.А. Сергеева и А.Г. Пьянков.



Б.Б. Автономов

Костяк разработчиков НИЦЭВТ формировался в ходе разработки ЭВМ Р-500, получившей в рамках ЕС ЭВМ шифр ЕС-1050.

Разработкой ЭВМ Р-2000, получившей впоследствии шифр ЕС-1065, занимался коллектив второго разрабатывающего отделения по старшим моделям ЕС ЭВМ. Начальник отделения — А.М. Литвинов (позднее В.У. Плюснин), основные разработчики: Ю.П. Цуканов, Е.Л. Брусиловский, А.И. Никитин, Ф.Р. Кушнеров, В.Г. Моисеев, А.И. Слуцкий, Л.В. Поспелов, Л.А. Погорелов.

В то же время были созданы основные отделения по следующим тематическим направлениям:

- по общим вопросам ЕС. Начальник отделения — С.П. Соловьев, основные специалисты: А.П. Заморин, Е. Кошман, Я.П. Локшин;
- по программному обеспечению. Начальник отделения — Л.Д. Райков, основные специалисты: К.А. Ларионов, Г.В. Пеледов, Я.С. Шагидевич, А.П. Гагарин, В.Г. Лесюк, В.П. Данилочкин, Т.В. Макарова, Г.Н. Староверова;
- по элементной базе и электронному конструированию. Начальник отделения — Б.Н. Файзулаев (позднее Н.М. Малярский), основные специалисты: В.А. Гринкевич, Б.И. Юргаев, В.А. Павлычев, В.А. Драпкин, И.Н. Порфирьев, Е.И. Батюков, В.Г. Воронин;



А.Б. Акинфиев



А.В. Шмид

- по устройствам оперативной памяти. Начальник отделения — Н.М. Шаруненко (позднее А.Б. Акинфиев), основные специалисты: Вл.И. Павлов, Ю.В. Андреев;
- по внешним запоминающим устройствам. Начальник отделения — В.Г. Макурочкин, основные специалисты: В.М. Черемисинов, С.Л. Горбацевич;
- по автоматизации проектирования. Начальник отделения — А.И. Лазарев (А.В. Шмид), основные специалисты: В.П. Горелов, В.В. Ярных, Р.С. Вахнов, И.П. Ростовцева, Б.И. Седов;;
- по сервисному оборудованию. Начальник отделения — И.И. Пожаров, главный специалист Б.Ф. Осипов;
- по конструкции. Начальник отделения — Горшенин (позднее В.И. Павлов), основные специалисты: Л.Г. Тимохин, В.И. Антонов, В.Н. Гаврилов, Г.С. Репников, Б.И. Панфилкин, А.А. Чижов;



И.И. Пожаров



А.А. Шульгин

- по технологии. Начальник отделения — Ю.И. Гежа, основные специалисты: А.М. Медведев, А.М. Сержантов;
- отдел надежности. Начальник отдела — Б.П. Михайлин, главный специалист В.В. Веригин.

Многие из названных специалистов участвовали в разработке всех старших моделей ЕС ЭВМ.

В январе 1969 года Советом главных конструкторов ЕС ЭВМ выбор был сделан в пользу системы IBM 360. Очевидно, учитывалось обстоятельство, что уже в то время система воспринималась де-факто как сложившийся стандарт программно-совместимых ЭВМ общего назначения, с высокой степенью унификации интерфейсов, протоколов, способов взаимодействия, а также средств автоматизации проектирования и производства средств ВТ. Недаром в США систему IBM 360 называли *унифицированной системой*. Впоследствии это качество в ЕС ЭВМ широко



Б.П. Михайлин



Ю.И. Гежа

использовалось при разработке информационных и управляющих электронно-вычислительных систем самого разного назначения. Система IBM 360 определила вектор мирового развития ЭВМ общего назначения.

Концепции, заложенные при проектировании старших моделей ЕС ЭВМ, предполагают их использование в крупных вычислительных центрах и автоматизированных системах управления (АСУ) для решения широкого круга научно-технических, планово-экономических, информационных и специальных задач в режимах как местной, так и дистанционной обработки. Возможности многостороннего применения обеспечиваются универсальным набором команд, большим объемом оперативной и внешней памяти, высокоскоростными каналами ввода-вывода и широкой номенклатурой периферийного оборудования. Наличие этих средств, а также развитой системы прерываний, средств отсчета времени и защиты оперативной памяти позволяют эффективно использовать ЭВМ в мультипрограммном режиме, режиме разделения времени, а также в диалоговом режиме.

Многие считают, что старшие модели ЕС ЭВМ — это машины с предельным уровнем производительности, и сравнивают их с суперЭВМ. Это не так. ЭВМ Единой системы по производительности занимают зону между классом машин мини-ЭВМ и суперЭВМ. Единый ряд ЭВМ составляют модели, производительность которых определяется по определенной методике, начиная с младшей: производительность каждой последующей модели должна быть несколько выше двухпроцессорного варианта предыдущей модели. При этом для ЭВМ общего назначения производительность не является главным критерием разработки. Главным критерием служит эффективное решение широкого круга задач, массовость производства, эксплуатационные характеристики и широкие пользовательские аспекты, включая системность и коммуникабельность. Исходя из этого наиболее важными свойствами ЭВМ общего назначения являются стоимость, технологичность, максимальная автоматизация процессов производства, высокие эксплуатационные свойства, в том числе и достаточно простое увеличение вычислительной мощности в зависимости от возрастающей пользовательской потребности.

Электронные вычислительные машины ЕС-1050 и ЕС-1052

Первой разработанной НИЦЭВТ по проекту ЕС ЭВМ была ЭВМ ЕС-1050 — старшая модель первой очереди ЕС ЭВМ («Ряд-1»). Она испытала на себе все трудности и сложности разработки, внедрения в производство и ввода в эксплуатацию ЭВМ третьего поколения, причем в условиях, когда большинства технологий на тот период просто

не существовало. Новая элементная база, новая конструктивно-технологическая база, новая производственно-технологическая база, новая система автоматизации проектирования и т. д. — всё это рождалось, проверялось и совершенствовалось в реальном масштабе времени создания машины.

Главным конструктором ЭВМ ЕС-1050 (Р-500) стал к. т. н. В. С. Антонов. Первый заместитель и главный конструктор процессора ЕС 2050 — начальник ведущего отдела А. А. Шульгин. Главный конструктор процессора ввода-вывода — д. т. н. В. С. Лапин. Главный конструктор оперативной памяти — к. т. н. Н. М. Шаруненко. За программное обеспечение отвечал к. т. н. Л. Д. Райков, за электронное конструирование — д. т. н. Б. Н. Файзулаев, за внешние запоминающие устройства — к. т. н. В. Г. Макурочкин.

Одним из первых проблемных технических вопросов при разработке ЭВМ ЕС-1050 стал вопрос о системе охлаждения машины. Решение этой проблемы легло на плечи конструкторского подразделения (В. И. Павлов), обеспечившего проектирование конструктивных элементов всех старших моделей ЕС ЭВМ. Разработанная специалистами конструкторско-технологическая концепция конструирования и производства сложной электронной техники позволила создать высокопроизводительные машины на высоком технологическом, пользовательском и дизайнерском уровне. С каждой новой разработкой сложность возникающих проблем возрастала, но разработчики снова и снова находили новые решения, обеспечивающие возможность применения системы воздушного охлаждения, которая впервые была разработана именно для ЭВМ ЕС-1050.

Архитектура ЭВМ ЕС-1050 реализует принципы работы и систему команд IBM 360. Центральный процессор выполняет операции с плавающей и фиксированной запятой, логические операции, операции десятичной арифметики, операции управления. Операции ввода-вывода выполняются процессором ввода-вывода, центральный процессор только инициализирует их выполнение.

Многие из разработчиков имели опыт разработки таких ЭВМ, как «Весна», М-220, «Раздан», «Урал», и хорошо были знакомы с архитектурой машин серии БЭСМ, «Минск» и др., поэтому не испытывали трудностей в выборе и реализации архитектуры и структуры ЭВМ. К тому же незадолго до начала разработки в Советском Союзе были опубликованы материалы по американскому проекту Stretch («Стреч»), оказавшему огромное влияние на развитие вычислительной техники. Революционные технологии в области архитектуры ЭВМ, предложенные в этом проекте, вот уже более 50 лет не утрачивают своего значения, особенно для создателей суперЭВМ. Поэтому

в вопросах организации вычислительного процесса для ЭВМ с производительностью 500 тыс. команд/с разработчики затруднений не испытывали.

Структура центрального процессора содержит три основных блока: блок центрального управления и два арифметическо-логических — основной блок и блок десятичных операций. Совмещение при выполнении команд — трехуровневое. Объем оперативной памяти на ферритовых сердечниках — от 256 до 1024 Кбайт. В системе ввода-вывода использован стандартный интерфейс между каналами и периферийными устройствами. Селекторных каналов — 4; мультиплексных каналов — 1 (с двумя селекторными подканалами). Пропускная способность селекторного канала — 1,3 Мбайт/с и 580 Кбайт/с для мультиплексного канала с двумя селекторными подканалами.

Элементная база (интегральные логические схемы средней интеграции ECL137, ECL138 и ферритовые сердечники в качестве элементов памяти), хотя и значительно уступала зарубежной, всё же позволяла реализовать предложенную архитектуру ЭВМ. Так что с выполнением требований по производительности (500 тыс. оп/с) с точки зрения возможностей архитектуры трудностей не ожидалось. Разработанные для ЭВМ ЕС-1050 конструктивы всех уровней (типовые элементы замены — ТЭЗы, панель, рама, стойка) по электромеханическим свойствам соответствовали современным стандартам. Однако большие опасения вызывали существовавшие в то время технологии монтажа и сборки со слабой автоматизацией процессов, которые не позволяли добиться нужного уровня упаковки (хотя бы рациональной компоновки). К таким технологиям относились технологии ферритовой памяти, технологии проводного монтажа для панелей, технологии пайки, разъемный монтаж для межпанельных, межрамных и межстоечных соединений и т. д. И, действительно, впоследствии они доставили нам немало сложностей.

Но всё-таки первую подножку нам подставила именно архитектура. Причем трудности возникли не из-за недостаточности ноу-хау в этой области, а, как это ни парадоксально, из-за богатого опыта отдельных разработчиков. Создавая отдельные блоки и устройства, они уже имели опыт разработки подобной аппаратуры и переносили эти решения на новую разработку, естественно, считая их самыми оптимальными. Наверное, так оно и было. Но в данном случае требовались не просто эффективные решения, а решения в формате принципов работы ЕС ЭВМ. Одновременная разработка центрального процессора (ЦП), процессора ввода-вывода (ПВВ), операционной системы (ОС), оперативной и внешней памяти требовала единого понимания и учета данного аспекта. Каждый разработчик делал это на свой страх и риск. Особенно трудно шла наладка, тогда-то и проявились все нестыковки,

связанные с разным пониманием или недопониманием принципов работы. Вопросы эти настолько тонкие и трудные для выявления и исправления (вроде бы всё работает так, как задумано, а нужного результата нет), что проявлялись и на этапе наладки, и на этапе постановки на производство, и даже при эксплуатации. Более того, такие проблемы, конечно, значительно в меньшей степени, возникали и на некоторых моделях второй очереди. К тому же исправлять ошибки было непросто как идеологически, так и физически.

Множество подобных нестыковок относилось к системным устройствам, таким как каналы ввода-вывода при их взаимодействии с дисками и процессором. Требовались не просто знания, а доскональные знания одновременно операционной системы, принципов работы центральных и периферийных устройств. И такими знаниями обладали ведущие математики НИЦЭВТ: Константин Ларионов, Татьяна Макарова, Наталия Музылева, Галина Староверова и др. На всех объектах и площадках, где устанавливались первые модели ЕС ЭВМ, они успешно справлялись с самыми сложными системными ситуациями. Это идеологически. А физически потому, что, хотя конструкции всех уровней считались ремонтпригодными, промышленных технологий процесса ремонта разработано еще не было. Все исправления, в том числе и на многослойных печатных платах, проводились на уровне изобретательской смекалки и подручным инструментом, что не добавляло надежности функционирования опытному образцу. Так, очевидно, было и с другими моделями ЕС ЭВМ первой очереди, разрабатываемыми в СССР. В пользу этой версии говорит и то, что почти сразу после освоения в производстве все эти модели были модернизированы. В общем, новый опыт и новые знания давались непросто. Рождение ЕС ЭВМ было тяжелым и мучительно-болезненным, впрочем, как и положено при появлении чего-либо нового.

Тем не менее разработка была закончена, и абсолютно «задушенный» опытный образец ЭВМ ЕС-1050 с некоторыми ТЭЗами, напоминавшими решето, с растрепанным навесным монтажом панелей в 1973 году был представлен на государственные испытания (председатель комиссии — академик А.А. Дородницын). Промышленной технологической основы для надежной работы опытный образец не имел, функционировал, что называется, «на честном слове» и потому не мог показать все свои возможности. Это были необычайно трудные, напряженные и нервные испытания. Более жарких и эмоциональных дебатов по проблемам ВТ, думается, не было ни до, ни после этих испытаний. Несмотря на большое количество замечаний, испытания прошли с положительным результатом, причем во многом благодаря позиции Министерства обороны (заместитель председателя комиссии — главный инженер заказывающего

Управления полковник С.Ф. Середа, председатель технической подкомиссии — начальник отделения 27-го ЦНИИ МО полковник Н.М. Яковлев).

Хотелось бы обратить внимание на один момент. Советом главных конструкторов ЕС ЭВМ в январе 1969 года было принято еще одно очень важное решение — о двойном назначении ЭВМ Единой системы и о разработке единой конструкторской (КД) и технической (ТД) документации для Министерства обороны (МО) и народного хозяйства. Таким образом, у ЕС ЭВМ появился заинтересованный потребитель и контролер качества разработки и производства. Министерство обороны активно способствовало становлению ЕС ЭВМ. Это проявилось и на государственных испытаниях, и на всех последующих этапах создания и освоения ЕС ЭВМ. Представители МО не только поддерживали, но и практической работой совместно с разработчиком и специалистами завода конкретно решали возникающие проблемы. Так было на этапе разработки изделий ЕС ЭВМ с головной приемкой заказчика при НИЦЭВТ (Д.Л. Файнберг, Ю.И. Грачев, А.И. Абрамов). Так было и на этапе внедрения в производство при работе с приемкой Пензенского завода ВЭМ (полковник А.Г. Питиков).

Наиболее ярким примером этого стал ввод в эксплуатацию ЭВМ ЕС-1050 № 13 в г. Болшево Московской области. Во всех отношениях с представителями МО чувствовались их заинтересованность и партнерское сотрудничество, которые не могли быть просто случайностью. Очевидно, это была целенаправленная деятельность МО, сформулированная и направляемая начальником заказывающего Управления генерал-лейтенантом Кириллом Николаевичем Трофимовым, занимавшимся вопросами создания автоматизированных систем управления военного назначения.

Вот что пишет о взаимодействиях с представителями заказчика главный инженер Минского производственного объединения вычислительной техники (МПО ВТ), к. т.н., лауреат Государственной и Ленинской премий Юрий Владимирович Карпилович: «Еще раз добрым словом вспоминаю организацию приемки. Она сослужила добрую службу в деле укрепления технологической дисциплины, повышения чувства ответственности. Конечно, руководители приемки основательно “портили нервы” всем нам, но это было на общую пользу. Особенно эффективно работал “командир” данной службы Кирилл Николаевич Трофимов — человек очень интеллигентный, культурный, всесторонне развитый. Он прожил сложную жизнь и, к глубокому сожалению, трагически погиб в самом расцвете творческих сил. Именно он учил нас, что тупиковых ситуаций не существует. В каждом случае есть выход, и надо, не торопясь, не паникуя, искать грамотное решение, устраивающее все стороны. Так он обычно поступал и сам».

Следующим этапом создания ЕС-1050 был этап ее освоения в производстве на заводе ВЭМ в г. Пенза. К проблемам разработки добавились проблемы производства. Пришлось корректировать большой объем конструкторской документации, поскольку машина изначально готовилась для производства на московском заводе САМ. К тому же полной технологической готовности завода ВЭМ не было. И только совместная работа службы главного конструктора, технологов разработчика, технологов СКБ и инженерных служб, а также ответственная позиция директора завода В.А. Стукалова, личная инициатива и творческая изобретательность главного инженера завода В.Е. Прохорова, его заместителя Н.В. Васильева и представителя СКБ В.А. Ревунова позволили обеспечить серийный выпуск ЭВМ ЕС-1050 в 1974 году. Это стало возможным благодаря тому, что все или почти все новые технологии (пайки, накрутки, изготовления печатных плат, автоматизации производства, наладки и контроля, а также многое-многое другое) были созданы совместными усилиями разработчика и производителя и проходили обкатку на первых серийных образцах этой модели. Технологическое перевооружение производственной базы ВТ и создание автоматизированных высокотехнологичных конвейерных производственных линий, позволивших освоить серийное, а затем и крупносерийное производство средств вычислительной техники, — один из основных продуктивных итогов реализации программы ЕС ЭВМ.

Кстати, передача ЭВМ для производства с одного завода на другой была каким-то злым роком старших моделей ЕС ЭВМ. Мы долго работали с технологами и конструкторами СКБ московского завода, и вдруг перенос в Пензу. Всю работу пришлось начинать сначала. ЭВМ ЕС-1060 готовились производить в Пензе, а внедрили в Минске. ЭВМ ЕС-1066 начали производить в Пензе, затем переделали всю конструкторско-технологическую документацию и продолжили производить в Минске.

Следующий этап — сдача ЭВМ в эксплуатацию у пользователя. И здесь нам снова помогли представители МО. Они проявили инициативу, предложив объединить усилия



Международная выставка ЕС ЭВМ. Сидят (слева направо): генеральный конструктор ЕС ЭВМ В.В. Пржиялковский; А.И. Белов; начальник заказывающего Управления изделий ЕС ЭВМ К.Н. Трофимов. Стоит: руководитель головного представительства заказчика по разработке изделий и программного обеспечения ЕС ЭВМ в НИЦЭВТ Д.Л. Файнберг

разработчика, завода и заказчика по вводу в эксплуатацию ЕС-1050 № 13 в вычислительном центре заказчика. Задачей ставилось не только введение образца в эксплуатацию, но и предстояло «вычистить» все недоработки разработки и производства. Вдохновителем и организатором этих работ был главный инженер ВЦ НИИ-4 полковник М.Т. Кобзарь. От НИЦЭВТ активное участие принимали А.А. Шульгин (ответственный), Б.Б. Автономов, Ю.А. Коханов, К.А. Ларионов, Ю.С. Ломов, Ю.А. Почечуев, Н.Н. Слюсарев и др. От завода ВЭМ — Н. Васильев (ответственный), В. Гончарик, Ю. Пахолков и др. От заказчика — подполковник В. Стецюк, представитель заказчика НИЦЭВТ — А.И. Абрамов. Общими усилиями в мае 1975 года ЭВМ ЕС-1050 № 13 была сдана в эксплуатацию. О важности и качестве этой работы говорит тот факт, что этот образец успешно эксплуатировался почти 15 лет. Команду заказчика во главе с М.Т. Кобзарем можно с полным правом назвать соисполнителями создания ЕС-1050. Доводка системы — такой же важнейший этап, как и разработка. Этап, который требует особого таланта, терпения и умения. И всеми этими качествами обладала команда М.Т. Кобзаря.

Состояние разработки и внедрения в производство ЕС-1050 постоянно контролировалось Министерством радиопромышленности СССР (Минрадиопромом) и Военно-промышленной комиссией при СМ СССР. Давление на разработчиков было чрезвычайным.

Весь период от начала госиспытаний до сдачи в эксплуатацию был для всех участников работы экстремально-стрессовым. И только один человек спокойно и уверенно

вел дело к успеху. Это главный конструктор Вениамин Степанович Антонов! Трудно представить, какие страсти бушевали у него внутри, но даже в самые сложные, самые критические моменты он оставался внешне спокойным. Его уверенное спокойствие передавалось коллективу, что создавало нормальную рабочую обстановку. Хотя эмоциональных моментов тоже хватало. Они исходили от заместителя главного конструктора Андрея Андреевича Шульгина, по поведению которого сразу можно было ощутить ту бурю эмоций, которая обуревала руководство проектом, и всё то, что они хотели



Главный инженер завода ВЭМ г. Пенза В.Е. Прохоров проводит заседание комиссии по приемочным испытаниям ЭВМ ЕС-1052 (первый слева от В.Е. Прохорова — В.А. Ревунов)

от разработчиков. Несмотря на разность темпераментов, эти два человека представляли собой единое целое, причем настолько позитивное, что уровень уважения к ним среди разработчиков (и не только) просто зашкаливал.

Электронно-вычислительная машина ЕС-1050 выпускалась на пензенском заводе ВЭМ с 1974 по 1978 год. Работала она под управлением операционной системы ОС-4. На тот момент у нас в стране это было качественно новое ПО с функциями диспетчеризации, редактирования заданий, управления вводом-выводом. Периферия — НМЛ ЕС5511/5017, НМД 5561/5056 (27 Мбайт), АЦПУ, устройства ввода-вывода на перфокарты (ПК) и перфоленту (ПЛ).

Всего было выпущено 87 машин. Эта цифра говорит о том, что совместными усилиями всех заинтересованных сторон машина в производственном и эксплуатационном качестве была доведена «до ума». ЕС-1050 стала первой ЭВМ, созданной в НИЦЭВТ, реализовавшей технологии машин третьего поколения на базе интегральных схем типа ЕСЛ средней степени интеграции. Приобретенный при ее создании богатый опыт требовал немедленной реализации. Было принято решение о модернизации.

Модернизация ЭВМ ЕС-1050 завершилась в 1977 году. Новой модели был присвоен шифр ЕС-1052.

Модернизация проводилась специалистами СКБ пензенского завода ВЭМ. ЭВМ ЕС-1052 выпускалась этим заводом с 1978 по 1980 год, заменив собою ЕС-1050. За эти годы было выпущено 74 машины.

Принципиальной особенностью ЕС-1052 по отношению к ЕС-1050 явилась более плотная компоновка, что позволило увеличить производительность машины до 700 тыс. оп/с и повысить показатели надежности за счет лучшей технологичности.

Основные разработчики: В. А. Ревунов, В. Гончарик, Ю. Пахолков, Е. А. Рассказов и другие сотрудники СКБ завода ВЭМ. Большое и плодотворное участие в создании ЕС-1052 принимал заместитель главного инженера Н. В. Васильев.

Электронные вычислительные машины ЕС-1060 и ЕС-1061

Главный конструктор ЭВМ ЕС-1060 — начальник отделения НИЦЭВТ, к. т. н., лауреат Ленинской премии В. С. Антонов.

Состав заместителей главного конструктора и основных разработчиков практически не изменился по сравнению с командой



В.С. Антонов

ЕС-1050, за исключением того, что заместителями главного конструктора ЭВМ ЕС-1060 были назначены начальник отделения В.И. Павлов и главный инженер отделения Ю.С. Ломов, а главным конструктором каналов ввода-вывода ЕС-4001 — Е.И. Уробушкин.

Начало разработки — 1972 год. Окончание — 1977 год.

Электронная вычислительная машина ЕС-1060 относится к старшим моделям Единой системы второй очереди («Ряд-2») с набором команд IBM 370. По отношению к ЕС-1050 модель ЕС-1060 реализует новые возможности:

- расширенный набор команд;
- расширенный режим управления в процессоре;
- динамическое преобразование адресов в процессоре;
- косвенную адресацию данных в каналах;
- блок-мультиплексный режим работы каналов;
- новые микропроцессорные средства;
- повышение точности операций с плавающей запятой;
- расширенную систему прерываний;
- новые средства отсчета времени;
- обеспечение мониторинговых программ;
- регистрацию программных событий;
- повышение эффективности средств контроля и диагностики.

Почти все эти свойства были реализованы впервые в отечественных ЭВМ и ВТ социалистических стран.



Процессор ввода-вывода ЕС 4001

Архитектурные и структурные особенности ЕС-1060 направлены на повышение производительности, надежности и эффективности использования, а также на создание простоты и удобства в обслуживании. Производительность процессора (1 млн команд/с) достигается за счет организации быстрого доступа к данным, совмещения выполнения операций и применения эффективных алгоритмов вычислений.

Для согласования времени работы процессора и временных параметров

оперативной памяти (ОЗУ) использована кэш-память объемом 8 Кбайт. Обмен между основной памятью и буферной осуществляется 32-разрядными блоками (страницами) данных. Использование эффективного алгоритма замещения информации в буферной памяти в сочетании с применением буфера каналов позволяет снизить степень конфликтности в процессоре.

В арифметическом устройстве используются эффективные алгоритмы, которые позволяют сочетать высокий темп выполнения операций с разумными затратами оборудования. Специальный блок ускоренного умножения позволил повысить скорость операций умножения в 2–2,5 раза. В процессоре одновременно выполняется несколько команд, которые находятся на разных уровнях обработки. Параллельно с обработкой команд осуществляются формирование адреса следующего участка программы и считывание команд из памяти в буферный регистр. При разработке структуры ЭВМ общего назначения разработчик всегда решает компромиссную задачу — достижение заданной производительности при разумной сложности. В ЕС-1060 решение этой задачи обусловлено:

- введением микропрограммного управления не только в арифметическом устройстве (АЛУ), но и в устройстве центрального управления;
- строгой синхронизацией работы уровней совмещения по времени;
- введением эффективной системы контроля и диагностики.

Обработка команд в процессоре, выполнение операций и обработка прерываний управляются микропрограммами. Управляющая память с возможностью перезаписи информации выполнена на интегральных схемах (ИС) и состоит из двух блоков — основного и управляющего, выборка из которых проводится по независимым адресам. Объем основного блока памяти микропрограмм — 4096 слов по 144 разряда, управляющего — 512 слов по 24 разряда. В процессоре ЕС 2060 все блоки центрального управления и арифметического устройства



Электронная вычислительная машина ЕС-1060

работают под микропрограммным управлением. Блок системных средств управления, а также блок контроля и диагностики имеют смешанное аппаратно-микропрограммное управление. Такое широкое внедрение принципа микропрограммного управления стало особенностью и одновременно достоинством ЕС-1060, поскольку в то время этот принцип для высокопроизводительных машин не применялся.

Управление вводом-выводом информации осуществляется асинхронным процессором ввода-вывода ЕС 4001, подключенным к центральному процессору и разделяющим с ним оперативную память.

Впервые в отечественных ЭВМ появились блок-мультиплексные каналы, дисковые накопители емкостью 100 Мбайт, телепроцессор, комплекс средств отображения информации ЕС 7920.

В каждом из имеющихся трех блок-мультиплексных каналов содержится по 80 активных подканалов. Пропускная способность каждого канала — 1,5 Мбайт/с.



Инженеры-наладчики Юрий Рогатко, Ирина Пронина и Лилия Александрова проводят отладочные работы на ЭВМ ЕС-1061

Байт-мультиплексный канал имеет четыре селекторных канала и один мультиплексный. Пропускная способность селекторного канала — 500 Кбайт/с, мультиплексного — 100 Кбайт/с.

Основную сложность при разработке создавало отсутствие интегральных схем статической памяти для буферных памяти процессора и каналов, а также интегральных схем динамической памяти для ОЗУ. Интегральные схемы (ИС) статической памяти на опытный образец и первые серийные образцы пришлось закупать за рубежом. А оперативная память ЕС 3206 была разработана в двух вариантах — на ферритовых сердечниках и интегральных схемах. Память на ферритах

имела объем от 2 до 8 Мбайт с четырехкратным чередованием адресов. Цикл обращения — 125 мкс, время выборки — 0,8 мкс. В одной стойке с питанием размещался 1 Мбайт памяти. Для реализации памяти объемом 8 Мбайт потребовалось бы 8 стоек. Вот такой тогда был уровень базовых технологий. Устройство полупроводниковой динамической оперативной памяти ЕС 3266 на интегральных схемах 16 Кбит в корпусе имело объем 8 Мбайт, время цикла — 680 нс, время выборки — 520 нс.

На центральный процессор и на процессор ввода-вывода было получено более 20 авторских свидетельств.

ЭВМ ЕС-1060 работала под управлением ОС ЕС, в состав которой входили трансляторы с языков программирования Ассемблер, Фортран, Кобол, Алгол-60, ПЛ/1, РПГ. В состав ПО также входили комплект неавтономных тестов устройств, тест-монитор, система микродиагностики.

В 1977 году ЕС-1060 успешно прошла государственные испытания и была рекомендована к серийному производству.

Серийное производство началось в 1978 году. В процессе подготовки производства ЕС-1060 впервые была освоена технология изготовления многослойных печатных плат ТЭЗов и ответных панелей. Применен метод металлизированных сквозных отверстий. Освоена технология производства плоских кабелей. Создан ряд



В Вычислительном центре АН СССР, 1983 год. Инженеры проводят тестовую проверку памяти ЭВМ ЕС-1060



Ю.В. Карпилович

автоматизированного оборудования для подготовки и установки электро-радиоэлементов (ЭРЭ) на печатную плату, полуавтоматы для монтажа методом накрутки. В механообрабатывающем производстве внедрен ряд прогрессивных формообразующих методов. За годы производства (1978–1982) было выпущено 313 машин ЕС-1060.

СКБ Минского производственного объединения вычислительной техники совместно с НИЦЭВТ провело модернизацию ЕС-1060 с целью повышения ее производительности и надежности. Модернизированная версия получила название ЕС-1061. На основе возможностей новой базовой технологии удалось сократить объем аппаратуры центрального процессора и повысить производительность до 2 млн команд/с. Особое внимание было уделено проблемам надежности. Кроме схемотехнических решений, совершенствовались технологии изготовления ЭВМ ЕС-1061 в части автоматизации процессов производства и наладки узлов и блоков. Но наибольший вклад в решение проблем надежности внесла организация входного контроля электронно-компонентной базы. Для этого был создан цех входного контроля, по рекомендациям которого были введены электротренировки ИС, ТЭЗов и ЭВМ в целом, налажен обмен информацией с предприятиями Министерства электронной промышленности (МЭП) по вопросам улучшения качества поставок ИС. Это позволило повысить наработку на отказ ЕС-1061 по сравнению с ЕС-1060 в 3,5 раза.

Главная заслуга в проведении комплекса работ, в том числе по повышению надежности, принадлежит начальнику СКБ завода, лауреату Государственной премии Владимиру Петровичу Шершню. В числе этих работ — внедрение на заводе по согласованию с МЭП системы входного контроля компонентной базы.

Работы по модернизации были закончены в 1983 году созданием ЕС-1061.

Главный конструктор ЕС-1061 — главный инженер МПО ВТ, к. т.н., лауреат Государственной и Ленинской премий Ю.В. Карпилович; начальник отдела СКБ — А.Н. Виталисов.

Заместитель главного конструктора от НИЦЭВТ — Ю.С. Ломов.

Основные разработчики от СКБ: Н.З. Поздняков (процессор команд), А.С. Григорьев (арифметическое устройство), Б.Ф. Шадрин и В.И. Делендик (каналы ввода-вывода).

Основные разработчики от НИЦЭВТ: И.С. Храмцов (центральный процессор), Н.А. Слюсарев (арифметическое устройство), Ю.А. Коханов (устройство управления памятью), В.В. Герасимов и В.Л. Мишняков (каналы ввода-вывода).

С 1983 по 1988 год было произведено 566 машин.

Электронная вычислительная машина ЕС-1065

ЭВМ ЕС-1065 — старшая модель Единой системы второй очереди. Ее разработка началась отделом под руководством М.Б. Тамаркина еще в 1969 году в качестве старшей модели первой очереди ЕС ЭВМ с системой команд IBM 360 и производительностью 2 млн команд/с. Естественно, что в качестве прототипа архитектуры центрального процессора ЕС 2065 рассматривалась архитектура старшей модели IBM 360/91.

Центральный процессор модели 91 имел пять автономных устройств (устройство памяти, процессор управления памятью, процессор команд, процессор с фиксированной запятой и процессор с плавающей запятой), которые позволяли машине, учитывая механизм совмещения, выполнять несколько функций и обрабатывать множество команд одновременно. Оперативная память составляла 2 Мбайт с расширением до 6 Мбайт с 16-кратным чередованием адресов. Эта суперскалярная архитектура, естественно, вызвала у специалистов НИЦЭВТ неподдельный профессиональный интерес. Архитектура резко контрастировала с архитектурами других моделей системы IBM 360. Нам было известно, что подобная архитектура эффективна для решения научно-технических задач, поскольку она уже использовалась в 1964 году в ЭВМ научного назначения CDC6600. Но вызывала сомнение ее эффективность на широком круге задач разного назначения, которые на ЭВМ общего назначения должны решаться примерно с одинаковой эффективностью. В моделях IBM 360 для этого используется универсальная система команд, которая состоит из стандартного набора команд для экономических и научных применений. Стандартный набор команд включает команды фиксированной запятой, команды управления, обмена, ввода-вывода, логических операций и защиты памяти. Набор команд для экономических применений составляют команды стандартного набора и команды, обеспечивающие обработку десятичных данных с переменной длиной слова. Команды для научных применений, кроме стандартного набора команд, включают операции с плавающей запятой.

Для исследования эффективности архитектуры модели IBM 360/91 на разных классах задач была создана программная модель его центрального процессора на основе СЛЭНГ — системы программирования, разработанной в Киевском институте кибернетики АН УССР под руководством В.М. Глушкова. В Киеве на ЭВМ БЭСМ-6 проводилось и моделирование. Моделирование, прежде всего, показало, что высокая производительность модели 91 достигалась за счет сочетания двух ключевых факторов. Первый фактор — это передовая базовая технология (элементная база плюс технология высокой плотности ее упаковки), обеспечившая время цикла процессора, равное 60 нс. Вторым фактором являлась высокая степень параллельной

и магистральной (конвейерной) организации выполнения команд (в том числе возможность выполнения с нарушением порядка их поступления), которая совместно с динамическим переименованием регистров и предсказанием переходов позволила выполнять больше одной команды за такт. Такая архитектура позднее получила название суперскалярной архитектуры. Что касается приоритетов, то безусловный приоритет ее рождения принадлежит молодым специалистам, разработавшим американский проект Stretch. Именно молодые специалисты (как их называли в нашей стране) не только разработали, но и реализовали проект, который еще многие годы питал разработчиков (особенно разработчиков суперЭВМ) новыми идеями и оригинальными технологиями вычислений. И это несмотря на то, что как коммерческий проект был признан неудавшимся. Очевидно, основную роль в этом сыграли высокая сложность ЭВМ и, как следствие, высокая стоимость выполнения одной операции. В моделях машин CDC6600 и IBM 360/91 явно прослеживается влияние проекта Stretch.

Моделирование IBM 360/91 также подтвердило наши предположения, что данная архитектура эффективна в основном на научно-технических задачах. Возник вопрос о принадлежности этой модели к системе IBM 360 (имеется в виду к системе машин общего назначения). Много позже стало известно, что эта модель разрабатывалась специально для научных применений, таких как освоение космоса, теоретическая астрономия, субатомная физика и глобальное прогнозирование погоды. Ее работа поддерживалась мощным, специальным для этой модели программным пакетом. В январе 1968 года она была введена в эксплуатацию в Национальном управлении по аэронавтике и исследованию космического пространства США (НАСА). Производительность этой модели (16,6 млн команд/с) в 50 раз больше предыдущей ЭВМ (IBM 7090), установленной в НАСА. Несмотря на то что это была специальная разработка для научных приложений, пользователям она функционально представлялась как любая другая модель общего назначения системы IBM 360, хотя относилась к классу суперЭВМ того времени как по производительности, так и по назначению. Это лишний раз доказывает, что система IBM 360 не имела принципиальных ограничений организации вычислительного процесса.

Кроме того, моделирование показало, что уровень отечественной элементной базы 1960-х годов не позволял эффективно реализовать подобную архитектуру. В тот период разработчик мог рассчитывать только на схемы средней степени интеграции, поскольку отсутствовали полупроводниковые схемы как статической, так и динамической памяти, а ОЗУ строилось на ферритовых сердечниках. Внешняя память также была ограничена низкой емкостью накопителей на дисках и лентах. Что могло бы

получиться при попытке реализовать подобную архитектуру в ЭВМ на этой базовой технологии, показало моделирование. Это был бы монстр — уродец, более чем в пять раз уступающий прототипу по производительности и с втрое большей площадью, занимаемой центральной частью. Да к тому же, скорее всего, нежизнеспособный, ввиду большого аппаратурного объема центральных устройств и слабой надежности их интегральных схем.

Таких примеров в истории техники много. Разработка моделей ЭВМ общего назначения с подобной архитектурой привела бы к их необоснованной сложности и удорожанию. Судя по дальнейшему развитию событий, и IBM создание этой модели далось не просто. Такой вывод косвенно подтверждается тем, что к архитектуре суперскаляра корпорация IBM вернулась только в 1980-е годы, когда появились принципиально новые базовые технологии.

По результатам нашего моделирования был запатентован «Центральный процессор мультипрограммной мультипроцессорной вычислительной системы» (авторы: М.Б. Тамаркин, Ю.С. Ломов, В.М. Гальцов, И.Ф. Казаков, В.А. Субботин, А.А. Горностаев, А.Г. Григорцевский) со суперскалярной архитектурой (приоритет от 14 августа 1969 года), но мы также заморозили реализацию этой архитектуры до 1980-х годов.

А для ЭВМ ЕС-1065 коллективом специалистов НИЦЭВТ (В.У. Плюсин, А.М. Литвинов, Ю.П. Цуканов, Е.Л. Брусиловский, А.И. Никитин, Ф.Р. Кушнеров, В.Г. Моисеев, А.И. Слуцкий, Л.А. Погорелов, В.И. Павлов) была разработана оригинальная архитектура, не имевшая зарубежных и отечественных аналогов.

Главный конструктором ЭВМ ЕС-1065 был назначен начальник отделения, к. т.н. Владимир Устинович Плюсин. Заместителями главного конструктора — д. т.н. Б.Н. Файзулаев, к. т.н. Л.Ф. Райков, к. т.н. В.Г. Макурочкин и В.И. Павлов.

ЕС-1065 реализует все режимы обработки данных и использует все функциональные и логические возможности ЕС ЭВМ-2. Она, как и все модели ЕС ЭВМ, прежде всего, является ЭВМ общего назначения. В этом плане она должна обладать свойствами универсальности и обеспечивать возможность эффективного решения самых различных классов задач пользователей. В то же время модели ЕС ЭВМ должны обладать свойствами специального системного применения, в том числе характерными чертами открытой системы, позволяющими включать в ее состав проблемно-ориентированные устройства.



В.У. Плюсин

Исходя из этого, архитектура ЕС-1065 должна была:

- обеспечивать достижение высокой скорости выполнения команд при обработке широкого круга задач;
- допускать возможность введения в состав модели специальных процессоров;
- реализовать развитые средства комплексирования, реализующие следующие свойства:
 - реконфигурируемость;
 - расширяемость;
 - толерантность;
 - модульность.

В основу ЕС-1065 положены принципы комплексирования функциональных, конструктивно законченных модулей, а также принципы расширения номенклатуры технических средств и ПО для создания вариантных конфигураций, учитывающих специфику конкретного проблемно-ориентированного применения.

В ЕС-1065 реализована архитектура, которую можно охарактеризовать как архитектуру с общим исполнительным ресурсом. Это предполагает наличие нескольких устройств, подготавливающих команды к выполнению, а выполнение этих команд осуществляется в одном из блоков операционного устройства, которое является общим ресурсом для всех этих устройств. При этом предполагается принятие специальных мер по сокращению времени обработки на всех этапах подготовки и выполнения команд. Операционное устройство обладает пропускной способностью, равной нескольким десяткам миллионов команд в секунду, и имеет возможность наращивать суммарную мощность путем подключения как аналогичных стандартных арифметических блоков ЕС ЭВМ, так и проблемно-ориентированных устройств. Она значительно выше пропускной способности процессоров команд и управления памятью. В этом случае представляется возможным и целесообразным использование нескольких процессоров команд и разделение буферной памяти на независимые сектора с собственным управлением и доступом в оперативную память.

Архитектура с общими ресурсами, которая с точки зрения операционной системы представляется как многопроцессорная, работающая на общее поле оперативной памяти, имеет ряд достоинств. Это, прежде всего, эффективное повышение производительности и обеспечение живучести системы. ЭВМ продолжает функционировать, хотя и с меньшей производительностью, при отказе отдельных устройств. При включении в состав ЭВМ второго операционного устройства, которое также будет являться общим ресурсом, надежность системы многократно увеличивается. Кроме того,



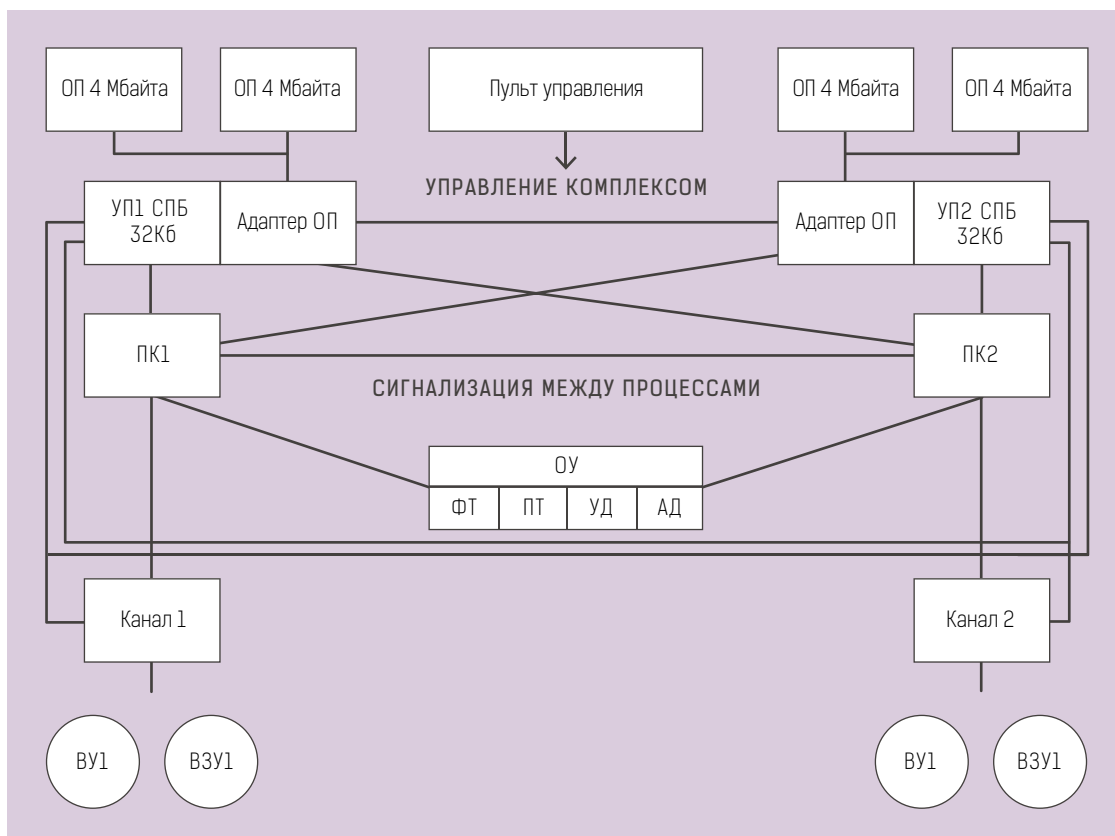
Основные свойства ЭВМ ЕС-1065

введение в состав центрального процессора нескольких процессоров команд упрощает структуры каждого из них, например, за счет реализации микропрограммного принципа управления. Проблемно-ориентированные процессоры на правах общего ресурса подсоединяются к любому из процессоров команд посредством специального интерфейса.

Главный конструктор ЕС-1065 назвал модель с такой организацией вычислительного процесса «вычислительной системой с адаптивно-перестраиваемой структурой».

К дополнительным особенностям ЕС 1065 относятся:

- наличие общего поля оперативной и внешней памяти для всех процессоров команд;
- выделение пульта управления ЕС 1565 в самостоятельное устройство и расширение его функциональных возможностей;
- аппаратная возможность реализации четырехпроцессорного варианта ЭВМ;



Структура центрального процессора ЭВМ ЕС-1065

- возможность статической и динамической реконфигурации системы, обеспечивающей ее повышенную живучесть за счет широкой номенклатуры общих ресурсов;
- возможность логической изоляции отдельных устройств для проведения диагностических и профилактических процедур.

Высокая скорость процессора ЕС 2065 (4,2 млн команд/с на процессор) с оперативной памятью объемом 16 Мбайт поддерживается мощной системой ввода-вывода: два мультиплексных и шесть блок-мультиплексных каналов. Развитая система контроля и диагностики обеспечивает 17 видов восстановительных реконфигураций

при выходе из строя отдельных блоков. Кроме того, создан высокоэффективный тестер, выявляющий не только статические, но и динамические ошибки в работе схем.

Пульт управления ЕС 1565 является автономным комплексом в структуре ЭВМ ЕС-1065. В его составе имеется управляющий процессор с развитой системой прерываний и запросов в оперативную и внешнюю память. Все центральные устройства ЕС-1065 — абоненты пультавого системного процессора. Обмен данными происходит по специальному интерфейсу.

Он объединяет в себе функции:

- пульта оператора, обеспечивая контроль и управление системой и программой;
- пульта инженера, обеспечивая контроль и управление ЭВМ при проведении наладочных, диагностических и профилактических работ;
- пульта управления, обеспечивая контроль электропитания и управление всеми его режимами работы.

Для сравнения на рисунке показан пульт модели 91 системы IBM 360. Общее у них только то, что сейчас оба устройства находятся в музее. Одно из них (ЕС 1565) в Политехническом музее в Москве, в составе ЕС-1065. Второе — в Музее компьютерной истории (в технологической галерее) IBM в США как отдельное уникальное устройство, как демонстрация достижений первой половины 1960-х годов.

Что-то похожее на архитектуру ЕС-1065 у IBM появилось в 1980 году в модели IBM 370/3081. Два процессора этой модели (основной и присоединенный) также работали на общий ресурс. Но общим ресурсом была буферная и оперативная память. Вследствие этого модель 3081 не могла, как ЕС-1065, работать в режиме двух независимых ЭВМ. А при подключении второго процессора производительность двухпроцессорной ЭВМ становилась на 45% выше однопроцессорной, в то время как при работе двухпроцессорного варианта ЕС-1065 производительность увеличивается до 80%. Да и возможностей реконфигурации у ЕС-1065 было



Пульт модели 91 системы IBM 360

больше. В то же время архитектура IBM 370/3081 при общем удешевлении проекта позволяла в основном процессоре реализовать более эффективную архитектуру (суперскаляр) и общее значительное повышение производительности по сравнению с другими моделями.

Предложенная архитектура ЕС-1065 позволяла значительно превысить требования технического задания по производительности, но по совокупности причин было принято решение о разработке ЕС-1060. Создание ЕС-1065 переносилось на вторую очередь Единой системы с одновременным повышением требований по производительности.

Изготовление ЕС-1065 на заводе потребовало внедрения новых технологий по отношению к ранее выпускаемым ЭВМ. Впервые и специально для ЕС-1065 была разработана (В.И. Павлов, Ю.И. Гежа, В.И. Матросов, А.Н. Бельцев) технология двойного ТЭЗа (280 × 150 мм) с повышенным количеством слоев (логических до шести) и повышенной плотностью монтажа (два проводника в шаге). Непростым оказалось и освоение производства сдвоенного ТЭЗа на многослойной печатной плате с двумя проводниками в шаге на заводе. Эта технология была внедрена на Минском производственном объединении вычислительной техники (МПО ВТ) при освоении ЕС-1065.

Совместным решением НИЦЭВТ и МПО ВТ изготовление опытного образца ЕС-1065, наладка и государственные испытания должны были проводиться на МПО ВТ. Для этих целей на заводе был выделен отдельный цех. Ход изготовления и наладки ЭВМ контролировался не реже одного раза в месяц руководством института и завода на совместных совещаниях. Разработчики поселились в Минске. Ответственным от НИЦЭВТ был назначен начальник отделения Ю.С. Ломов, от МПО ВТ — заместитель главного инженера М.П. Кривонос. Большую помощь в создании ЭВМ от завода оказали начальники цеха Заволокин, А.И. Галимский, В.И. Козарь и др.

В 1984 году ЕС-1065 успешно прошла государственные испытания. Государственная комиссия по техническому уровню разработки отнесла ЕС-1065 к изделиям высшей категории качества. На машину оформлено несколько десятков авторских свидетельств, в том числе на мультипроцессор.

В том же году ЕС-1065 была поставлена на производство. В 1985–1986 годах выпущено 7 машин под контролем государственной приемки.

Старшая модель семейства ЕС ЭВМ второй очереди нашла применение в вычислительных центрах Министерства геологии для обработки геологоразведочной информации при определении нефтяных месторождений.

Электронная вычислительная машина ЕС-1066

ЕС-1066 является старшей моделью третьей очереди («Ряд-3») ЕС ЭВМ. Главный конструктор — д. т.н., профессор, Лауреат Государственной премии СССР, заслуженный деятель науки РФ Юрий Сергеевич Ломов. По сравнению с командой разработчиков ЕС-1060 несколько изменился состав заместителей и главных конструкторов устройств. Заместителями главного конструктора стали: Игорь Сергеевич Храмцов, Борис Борисович Автономов, Константин Сергеевич Ораевский, Вячеслав Ильич Павлов, Юрий Иванович Гежа. Главный конструктор центрального процессора — И.С. Храмцов. Главный конструктор процессора ввода-вывода — Владимир Александрович Ревунов (СКБ завода ВЭМ г. Пенза).

К началу 1980-х годов в рамках проекта ЕС ЭВМ было разработано и освоено большинство современных технологий проектирования и производства, без которых невозможно создание высокотехнологичных продуктов вычислительной техники. Это относится как к технологиям автоматизированных систем проектирования и наладки ЭВМ, так и к технологиям оснащения производств современным автоматизированным оборудованием с высокой степенью автоматизации процессов производства, контроля качества, наладочных, тренировочных и испытательных работ. Кроме военной приемки на заводах была введена государственная приемка. К тому времени значительно возрос уровень базовых технологий. Всё это, вместе взятое, позволило вывести ЭВМ Единой системы третьей очереди на более высокий качественный уровень как по функциональным возможностям и основным параметрам (производительность, надежность), так и по эксплуатационным характеристикам. К таким ЭВМ относилась и ЕС-1066.

Разработка ЕС-1066 началась в 1980 году практически тем же составом разработчиков, который трудился над созданием ЕС-1050 и ЕС-1060. К тому времени их опыт разработки и постановки на производство был еще обогащен многолетним опытом эксплуатации ЭВМ у пользователей, не в полной мере удовлетворенных предыдущими разработками в части качества разработки и производства, надежности, времени локализации отказов, условий эксплуатации. Решение этих проблем, наряду с задачей реализации высокой производительности, было приоритетной задачей разработки ЕС-1066.

Качество разработки и производства — это такое состояние поставляемых пользователю машин, при котором не требуется многомесячное проведение пусконаладочных работ (как это



Ю.С. Ломов

было с ЕС-1050) и доводка машины по мере эксплуатации. ЭВМ сразу должна начинать работать после установки и монтажа в вычислительном центре пользователя. Это само собой разумеющееся, но труднореализуемое требование. Даже на зарубежных образцах, которые впоследствии стали доступны в России, следы доработок по первичным извещениям были далеко не единичными случаями.

Надежность ЭВМ во многом определяется качеством производства. Все техпроцессы повышения надежности, отработанные при производстве ЕС-1061, и в первую очередь такие действенные, как входной контроль электронно-компонентной базы, электротермотренировки и др., использовались и при производстве ЕС-1066. Помимо этого были разработаны и применялись наиболее передовые технологические процессы: роботы, обрабатывающие центры, гибкие производственные модули, гальванические процессы с управлением от ЭВМ. Были созданы и успешно работали комплексно-механизированные участки по производству ТЭЗов, блоков, стоек и ЭВМ.

Но надежность продукта закладывается на стадии проектирования разработчиком. Схемотехнические методы обеспечения надежности функционирования, такие как исправление одиночных и обнаружение двойных ошибок памяти, автоматическое повторение выполнения команд и процедур при сбоях, а также методы реконфигурации и деградации для поддержания непрерывности функционирования и многие другие, используются практически во всех ЭВМ Единой системы. Однако все эти средства направлены на исправление ситуации, когда событие уже произошло. При разработке ЕС-1066 ставилась и решалась задача профилактики причин возникновения отказов, при этом особое внимание уделялось разработке конструкции, системы охлаждения и электропитания. Разработчики конструкции ЕС-1066 (В.И. Павлов, Л.Г. Тимохин, В.И. Антонов и др.) сумели найти такие решения, которые при сохранении воздушного охлаждения обеспечивали комфортные эксплуатационные условия работы интегральных схем, в том числе и температурные. Для старших моделей была создана линейка вентиляторов производительностью от 360 до 560 м³/час.

Разработка конструкции, в которой отсутствуют температурные перекося в зависимости от расположения интегральных схем, представляла особую сложность, но одновременно это было и наиболее действенным средством профилактики отказов. За разработку конструкций для ЕС-1065 и ЕС-1066 В.И. Павлову в 1983 году было присвоено звание «Заслуженный изобретатель СССР».

Усовершенствованная конструкция совместно с новой системой электропитания (Е.И. Батюков, В.Г. Воронин) обеспечила размещение основного электронного оборудования ЕС-1066: процессора, 12 каналов ввода-вывода, оперативной памяти

емкостью 16 Мбайт (имелась возможность расширения памяти до 32 Мбайт) и вторичного электропитания в трех стандартных стойках ЕС ЭВМ, а также высокую степень упаковки. Объем занимаемой площади при этом сократился в 1,5–2 раза по сравнению с ЭВМ подобного класса.

Зависимость надежности от режимов электропитания — общеизвестный факт, который при создании ЕС-1066 предопределил исследования и разработку новой системы электропитания центральных устройств, включая:

- построение источников вторичного электропитания с бестрансформаторным входом и новой элементной базой, позволяющих сократить количество блоков питания и повысить среднее время их наработки на отказ;
- использование методов резервирования блоков питания с учетом реализации в них возможностей параллельной работы на общую нагрузку;
- введение программного автоматического управления режимами работы и параметрами блоков питания в процессе функционирования ЭВМ.

В результате использование специально разработанных программно-управляемых от пульта ЕС-1066 мощных источников питания с широкими диагностическими возможностями, автоматическое отслеживание и корректировка режимов электропитания в процессе функционирования, сокращение в 3 раза количества блоков питания и полное исключение блоков управления питанием стали одними из основных особенностей ЭВМ ЕС-1066.

Все эти меры уменьшают количество факторов отказа интегральных схем (включая проблему включения-выключения питания) и, по нашим расчетам, на порядок повышают надежность самой системы электропитания.

Еще одна особенность ЕС-1066 — пульт управления ЕС 1566 (Н.Ю. Салтанов), реализующий все функции, необходимые для поддержания надежного функционирования, эксплуатации и инженерного обслуживания ЭВМ. Пульт ЕС 1566, построенный на базе сервисного процессора, принципиально отличается от пультов предыдущих поколений ЭВМ. Сервисный процессор представляет собой специально разработанную для пульта мини-машину с собственной системой команд, оперативной памятью и операционной системой. Конструктивно пульт реализован в виде стола, в котором вместе с питанием расположены два сервисных процессора. Управляется он через дисплей, а также при помощи переключателей и кнопок на панели управления.

Пульт управления ЕС 1566 расширяет схемотехнические возможности повышения надежности ЭВМ. Система прогнозирования отказов, реализованная на базе сервисного процессора, обеспечивает своевременную и обоснованную замену

предполагаемых ненадежных элементов. Если отказ всё же произошел, пульт сокращает время поиска неисправностей путем автоматического выполнения диагностических процедур локализации неисправностей на базе системы микродиагностики. Если в традиционных тестовых программах применялась рабочая система команд устройства и это устройство при отказе должно было сохранять работоспособность части оборудования (ядра), необходимого для запуска тестов, то в ЕС-1066 в режиме микротестирования используется сервисный процессор и специальные диагностические команды. Режим микротестирования как бы допускает «микрокопирование» работы аппаратуры по месту и по времени. Разработчики (И.Б. Михайлов, А.П. Волков, В.Д. Мальшаков) большое внимание уделяли качеству диагностической информации, получая ее путем логического и физического моделирования, ужесточения требований к моделирующим программам и совершенствования методов генерации тестов. В результате автоматическая локализация неисправностей ЭВМ осуществлялась с точностью до ТЭЗа. А с учетом того, что пульт управления одновременно являлся стендом для проверки работоспособности ТЭЗов и хранил весь необходимый объем тестовой информации, то локализация осуществлялась практически до микросхемы.

Согласно зарубежной классификации, ЕС-1066 относится к большим машинам и работает на высокой тактовой частоте. Для устойчивого функционирования этой машины требовалась новая система охлаждения. Старая система, применяемая при создании ЕС-1060, и ранее не удовлетворяла требованиям как по мощности, так и по шумовым характеристикам. Неудовлетворенность условиями эксплуатации старших моделей Единой системы была связана с высокой шумностью в зале эксплуатации машин. Перед разработчиками возникла альтернатива: либо переходить на систему жидкостного охлаждения, либо сохранить воздушное. Опыта разработки жидкостного охлаждения у нас не было. Кроме того, его разработка могла задержать и, скорее всего, задержала бы сроки разработки. Но главное — это увеличение стоимости ЭВМ, что для машин общего назначения нежелательный фактор. Для сохранения воздушного охлаждения требовалась разработка нового мощного вентилятора, да к тому же с низким уровнем шума. Но даже если такой вентилятор будет создан, его еще надо было освоить в серийном производстве. И всё это в масштабе времени разработки ЕС-1066. Невероятно сложная задача! И всё же мы рискнули, опираясь на опыт подобных разработок специалистов НИЦЭВТ (В.И. Павлов, В.И. Антонов, Л.К. Чучупака). И они решили эту задачу. Разработка оказалась настолько эффективна и технологична, что сразу же была принята в массовое производство и потом

использовалась во всех ЭВМ Единой системы. На базе этого вентилятора создана эффективная и малозумная система охлаждения ЭВМ ЕС-1066.

На стадии эксплуатации для пользователей моделей ЕС ЭВМ существенным являлось решение следующих проблем:

- быстрая проверка готовности ЭВМ с большой конфигурацией периферийных устройств после включения в режиме одно-двухсменной работы вычислительного центра;
- обеспечение непрерывного профилактического контроля и ремонта периферийных устройств, надежность которых на порядок ниже надежности центральных устройств, при многосуточном (или непрерывном) режиме эксплуатации ЭВМ;
- сокращение времени поиска неисправностей в центральных устройствах ЭВМ;
- оперативное подавление влияния сбоев в работе устройств без существенного снижения производительности ЭВМ;
- постоянный автоматический сбор данных о сбоях, отказах и загрузке центральных, а также периферийных устройств, периодический анализ полученной информации.

Цена простоя высокопроизводительной ЭВМ достаточно высока. В системах управления реальными объектами простои могут привести к катастрофическим последствиям. Обслуживающий персонал ЕС-1066 для организации техобслуживания имеет в своем распоряжении достаточные аппаратные средства, упомянутые выше, и программные средства (основные разработчики И.Б. Михайлов, Ю.Я. Коган, А.К. Казаков). К последним относятся:

- автономные тесты устройств (тест-монитор ЕС ЭВМ — ТМЕС);
- комплект неавтономных тестов устройств — КНТУ;
- система комплексного автоматического тестирования — СКАТ;
- средства микротестирования и микропрограммного тестирования;
- программные средства восстановления вычислительного процесса в составе операционной системы (SERO, SERI, CCH, ERP, OBR, EREP, APR, DDR, MIC и др.).

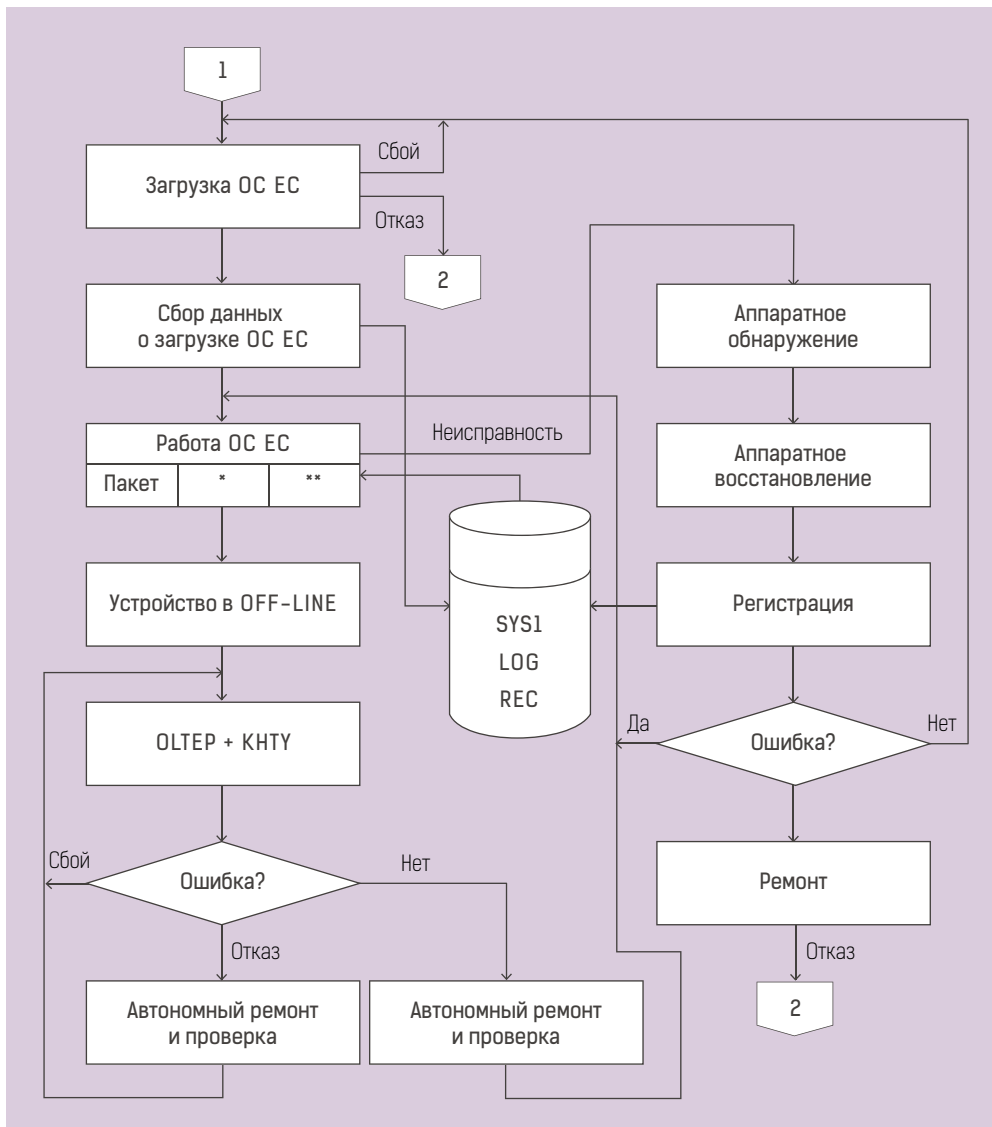
На рисунках показан типовой алгоритм техобслуживания после включения ЭВМ и в процессе работы пакета ОС ЕС.

Все вышеуказанные мероприятия существенно повысили качество разработки и производства, а также качественно улучшили пользовательские и эксплуатационные характеристики ЕС-1066. Время наладки ЭВМ после изготовления резко сократилось и, по существу, свелось к времени поиска незначительных неисправностей,

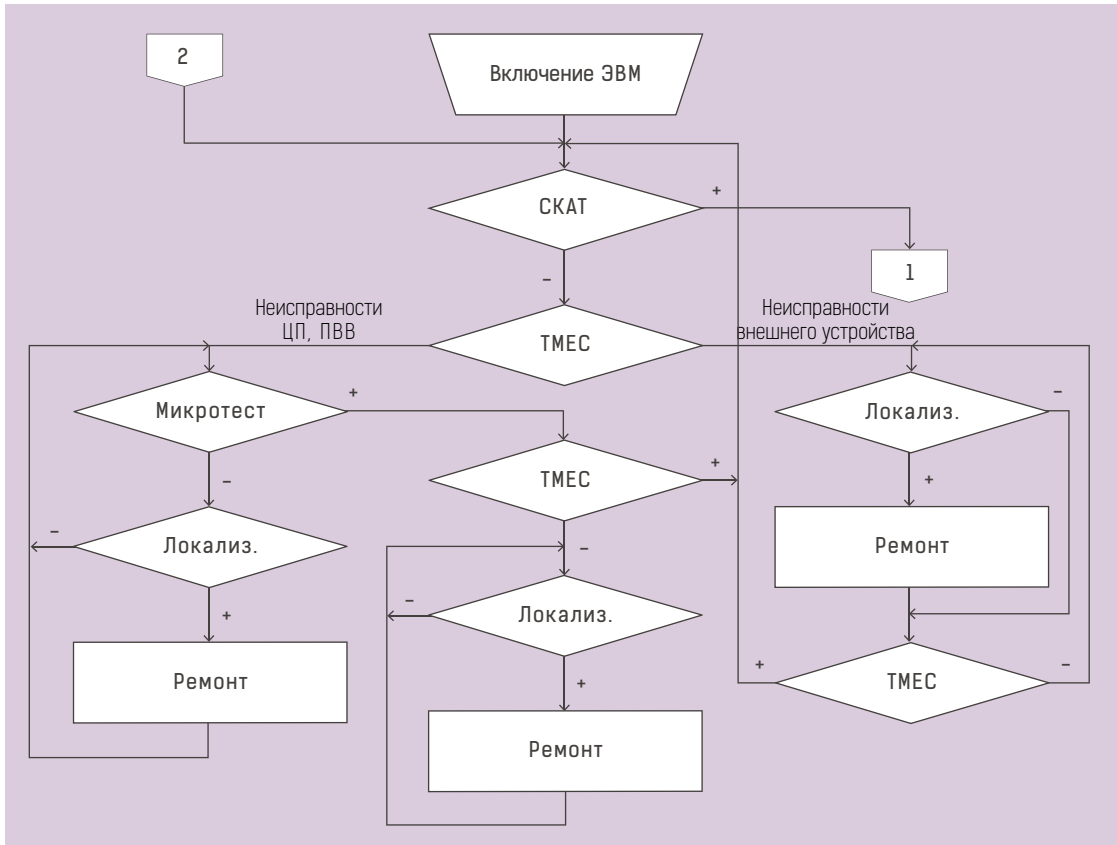
допущенных на всех стадиях производства. Этому способствовала и автоматизация процесса наладки на базе интеллектуальных возможностей пульта ЕС 1566, который позволял вести наладку и проверку центрального процессора с оперативной памятью, но без каналов, а каналы с основной памятью — без центрального процессора. В этом отношении ЭВМ Единой системы третьей очереди сделали значительный шаг вперед.

Теперь некоторая характеристика архитектурных и структурных решений ЕС-1066. Отличительными особенностями этой машины являются:

- высокая производительность (12,5 млн одноктактных команд/с) за счет конвейерной обработки и подготовки команд, совмещенной с выполнением команд в операционном устройстве;
- параллельное выполнение команд обеспечивается за счет наличия в процессоре трех параллельно работающих блоков — блока команд, арифметического блока и блока управления памятью;
- предварительная подготовка трех потоков команд — основного и двух альтернативных, хранимых в буферной памяти (объем 64 Кбайт) и выбираемых по адресам команд переходов;
- микропрограммное управление, обеспечивающее эффективность алгоритмов управления и выполнения операций в процессоре (емкость управляющей памяти 128 Кбайт) и процедур ввода-вывода в каналах;
- динамическое микропрограммирование управляющей памяти за счет оперативного обновления содержимого микропрограмм при помощи сервисного процессора;
- автоматическое исправление содержимого управляющей памяти при ее сбоях;
- сокращение времени записи результатов от процессора за счет создания очереди до 6 запросов на запись.
- параллельное обращение к 8 независимо адресуемым модулям (каждый 1 или 2 Мбайт) оперативной памяти, реализованной на БИС ОЗУ, объемом 16 или 64 Кбит в корпусе и общей емкостью ОЗУ 8 или 16 Мбайт;
- применение высокоэффективных алгоритмов выполнения системных команд обеспечивает снижение затрат времени на управление ОС и повышение процента времени на функционирование;
- наличие в ЭВМ аппаратно-микропрограммных средств реализации функций операционной системы (средства дуального адресного пространства), обеспечивающих высокую эффективность работы в режимах виртуальной памяти



Типовой алгоритм техобслуживания после включения ЭВМ



Типовой алгоритм техобслуживания в процессе работы ОС ЕС

и виртуальных машин (режимы, впервые реализованные в отечественных ЭВМ);

- усовершенствованное управление вводом-выводом за счет разработки процессора ввода-вывода (ПВВ), состоящего из двух независимых процессоров групп каналов, каждый из которых управляет группой из одного байт-мультиплексного и пяти блок-мультиплексных каналов;
- наличие в процессорах групп каналов арифметических устройств, позволяющих реализовать некоторые функции операционной системы аппаратными сред-

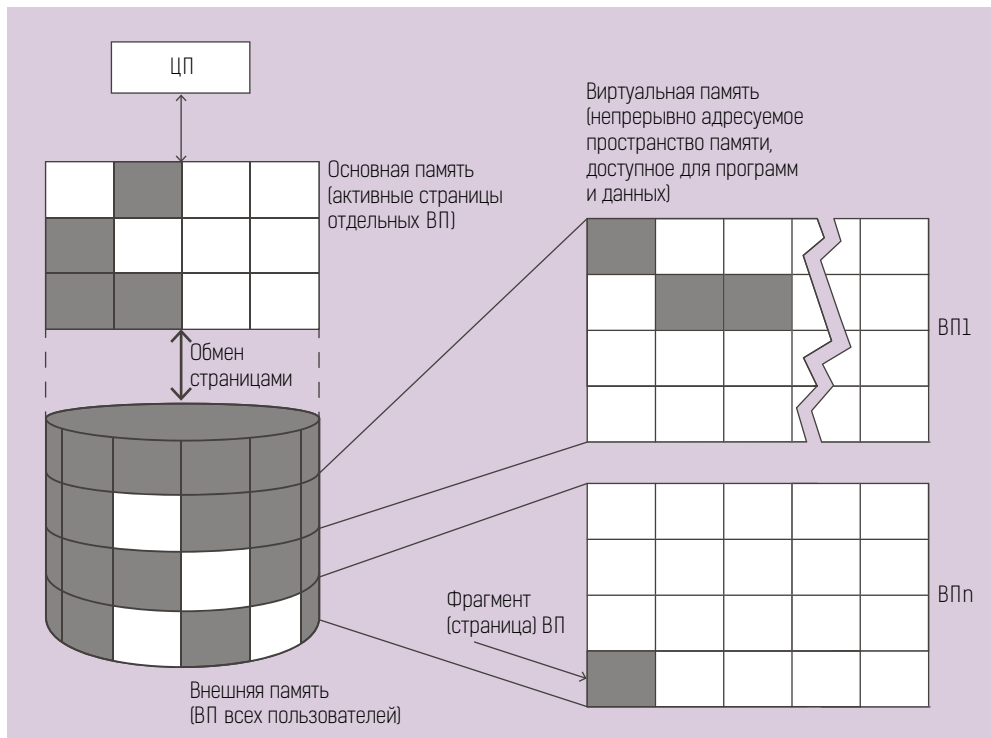


Схема организации виртуальной памяти

- ствами и на этой основе обеспечить повышение эффективности ввода-вывода;
- наличие буфера циклов, обеспечивающего хранение предвыбранной и записываемой информации для каждого канала;
 - наличие мощной системы ввода-вывода, обеспечивающей подключение накопителей на магнитных дисках от 100 до 600 Мбайт и организацию на их основе поля внешней памяти объемом 10^9 – 10^{10} бит;
 - возможность организации альтернативного доступа к одним и тем же накопителям посредством многоканальных переключателей от каналов, принадлежащих разным группам, что обеспечивает высокую надежность системы ввода-вывода;

- высокая степень сбалансированности быстродействия процессора с циклом работы оперативной памяти и пропускной способностью системы ввода-вывода (18 Мбайт/с);
- обеспечение построения многомашинных и многопроцессорных систем, систем коллективного пользования, а также сетей ЭВМ с использованием средств телеобработки из номенклатуры ЕС ЭВМ;
- наличие пульта управления ЕС 1566 с двумя сервисными процессорами;
- наличие двух сервисных процессоров и специального интерфейса в пульте ЕС 1566, кроме повышения надежности, обеспечивает проведение диагностических и профилактических работ отдельных устройств ЭВМ параллельно с управлением вычислительным процессом;
- подключение внешней памяти ЭВМ к сервисному процессору посредством стандартного интерфейса через двухканальный переключатель открывает возможность доступа к информации операционной системы в процессе вычислений;
- организация на базе пульта системы контроля (электропитание, вентиляция, температура и т. д.), позволяющей автоматизировать: управление подсистемами, контроль подсистем, диагностику неисправностей, регистрацию условий функционирования, оповещение операционной системы и оператора об угрожающем или аварийном изменении условий функционирования;
- организация на базе пульта в интересах пользователей справочно-информационной системы конструкторской документации ЕС-1066 с выводом на экран дисплея фрагментов технических описаний, таблицы сигналов, цепей прохождения сигналов с указанием адресов контактов и т. д.
- создание на базе пульта в интересах производства технологических стендов поэтапного контроля качества изготовления узлов и блоков ЭВМ (ТЭЗ, панель, монтаж рамы и стойки и т. д.).

Программные средства ЕС-1066 включают в себя системные, тестовые и сервисные. Системное ПО состоит из операционной системы ОС 7 ЕС, включая операционную систему СВМ (система виртуальных машин) и систем программирования для языков ПЛ/1, Кобол, Фортран, Паскаль и Ассемблер.

Операционная система ОС 7 ЕС состоит из базовой операционной системы (БОС) и операционной системы виртуальных машин (СВМ). ОС 7 ЕС обеспечивает функционирование как однопроцессорных, так и многопроцессорных конфигураций ЕС-1066, при этом возможно использование множества пространств виртуальной памяти.

Обеспечивается эффективный переход пользователей от разработанных ранее операционных систем ОС ЕС и ДОС ЕС. В этом отношении большую работу провели разработчики программного обеспечения В.Н. Помогаев, Д. Коновалов, Чекалов. Операционная система ОС 7 ЕС не имеет аналогов в мире и обладает патентной чистотой.

Год окончания разработки ЕС-1066: 1984.

Год начала серийного производства: 1985.

Год прекращения выпуска: 1993.

Всего было выпущено 422 машины в 18-ти различных модификациях.

Основные разработчики ЕС-1066: Н.А. Слюсарев, Н.Н. Бельский, А.И. Терёшкина, А.С. Клюев, Е.А. Рассказов, Ю.Н. Фомичёв, Н. Романенко.

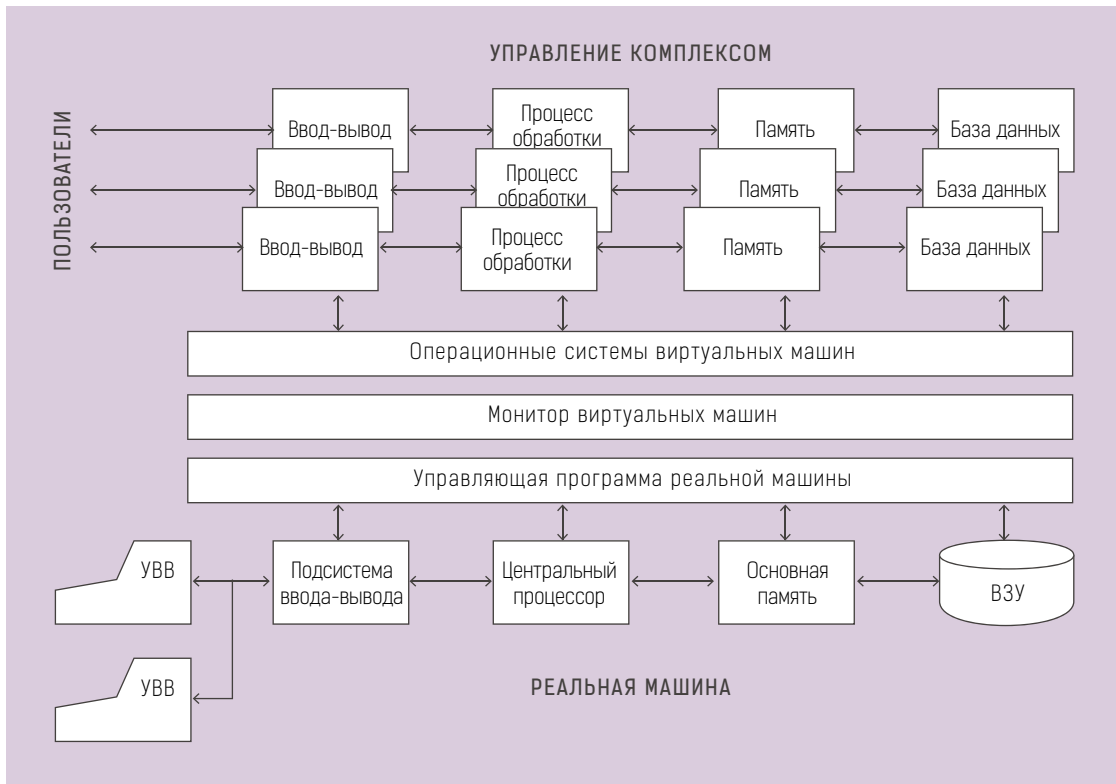
Разработка ЕС-1066, а также ее двухпроцессорного варианта ЕС-1066.90, безусловно, являлась значительным достоянием отечественной вычислительной техники. Вместе с тем до настоящего времени в отдельных публикациях и выступлениях на научно-технических конференциях высказывается ошибочное мнение о копировании НИЦЭВТ при разработке ЕС ЭВМ моделей корпорации ИВМ. Разработка ЭВМ ЕС-1066, а также ее двухпроцессорного варианта ЕС-1066.90, безусловно, являлось значительным достоянием отечественной вычислительной техники. К сожалению, даже в предыдущем издании «Вместе с тем до настоящего времени в отдельных публикациях и выступлениях на научно-технических конференциях высказывается ошибочное мнение о копировании НИЦЭВТ при разработке ЕС ЭВМ моделей фирмы ИВМ. Например, в статье члена-корреспондента РАН Б.А. Бабаяна «Истории отечественной электронно-вычислительной техники» (М., 2014, с. 98) в статье члена-корреспондента РАН Б.А. Бабаяна говорится о копировании НИЦЭВТ машин ИВМ: *«Мы выиграли соревнование с НИЦЭВТ, который в то время копировал машины ИВМ, не являвшиеся суперскалярном. Мы сравнивали с двумя машинами ЕС-1060 (старая машина, аналог ИВМ 3033) и ЕС-1066 (самая новая на тот момент машина НИЦЭВТ, аналог ИВМ 3081). Мы превзошли первую в 10 раз, а вторую в 2 раза на однопроцессорном «Эльбрус-2», а... на двухпроцессорном «Эльбрус-2» в 5 раз. Это была конкуренция не с НИЦЭВТ, а с ИВМ, так как они сделали точные (clock precise) копии машин ИВМ, а технологическая база у нас была одна».*

Ключевым моментом в этом случае является замечание, что «технологическая база у нас была одна». А значит, элементная база одна, технологии упаковки идентичны и машины работают на одной частоте. Так оно и есть, здесь всё одинаково, за исключением системы охлаждения. А разница — в оптимизации архитектуры под предполагаемый круг задач. Еще никому не удалось найти такую архитектуру вычислителя,

которая позволяла бы решать все задачи с абсолютно одинаковой скоростью. Поэтому при разработке архитектуры для решения широкого круга задач приходится жертвовать оптимумом одних ради рациональности других и эффективности в целом. Отсюда следует: на одних задачах будет быстрее одна машина, а на других — другая. Вполне возможно, что на какой-то задаче «Эльбрус-2» превзошел ЭВМ ЕС-1066. И уж совсем нет ничего удивительного, что машина с производительностью 12,5 млн команд/с (разработка 1985 года) превзошла машину с производительностью в 1 млн команд/с (разработка 1977 года) и уже давно была заменена на ЕС-1061. Следуя логике Б.А. Бабаяна, НИЦЭВТ уже в 1983 году выиграл у IBM, поскольку ЕС-1061 была в два раза производительнее ЕС-1060, а значит, и IBM 3033. Вот только фанфар по поводу этого замечательного события не звучало. Значит, не так всё просто, как не просто поверить в то, что «...на двухпроцессорном “Эльбрус-2” мы превзошли ЭВМ ЕС-1066 в 5 раз», если в однопроцессорном только в два. Это уже не факт, а какая-то реклама: «Купите два процессора — половину третьего получите бесплатно».

Теперь копирование, суперскаляр и конкуренция «не с НИЦЭВТ, а с IBM». ЕС-1060 не могла быть аналогом, а тем более точной копией (clock precise) модели IBM 3033 (1978 год) хотя бы по той простой причине, что она была разработана на год раньше, чем модель IBM 3033. Мы могли на тот момент ее только сфотографировать, когда она появилась (да и то чисто теоретически), но никак не скопировать. Действительно (и тут Б.А. Бабаян прав), IBM 360/3033, обладая почти всеми технологиями суперскалярной, всё же имела скалярную архитектуру. Архитектура же ЭВМ ЕС-1060 по сравнению с IBM 370/3033 отличалась еще большей простотой.

Модель IBM 370/3081 реализована на элементной базе четвертого поколения (БИС — 704 вентиля на чип) и использует беспрецедентные технологии упаковки, которые позволили удалить один уровень конструкции (ТЭЗы). ЕС-1066 построена на элементной базе средней интеграции, размещаемой на ТЭЗах. Только по одной этой причине точной (clock precise) копии уже быть не может. Хотя архитектуру ЕС-1066 мы тоже считаем суперскаляром (во всяком случае, она имеет многие технологии этой архитектуры), но она несопоставима с суперскалярной архитектурой основного процессора IBM 370/3081 и с суперскаляром «Эльбрус-2». Суперскаляр не стандартизирован и может быть реализован разными технологическими приемами, в зависимости от целей проектирования и решаемых задач. Нет никаких сомнений, что архитектура основного процессора модели IBM 370/3081 была суперскалярной. Но какое это имеет значение? Разве один факт того, что в одной ЭВМ использован суперскаляр, а во второй — нет, дает автоматически преимущество



Концептуальная модель виртуальных машин

первой над второй? Гораздо важнее понять, почему IBM не делала суперскаляры. Она что, не знала архитектуру суперскаляра? Знала и еще в 1966 году использовала ее в своих разработках. А при разработке ЕС-1066 мы разве не могли применить «хорошую» архитектуру суперскаляра? Мы что, ее не знали? Знали и могли. Так почему же не использовали? Для этого у нас аргументов было больше, чем у IBM. Например, при разработке архитектуры ЕС-1060 мы прекрасно знали архитектуру ЕС-1066. Но не использовали ее. Базовые технологии того времени позволили нам реализовать довольно простую архитектуру ЕС-1060 (процессор примерно 150 тыс. логических вентилях), центральная часть которой размещалась в шести стандартных стойках. Базовые технологии ЕС-1066 позволили реализовать более сложную архитектуру

(процессор примерно 300 тыс. логических вентилей) в трех стандартных стойках. Отсюда и производительность. Если бы мы использовали архитектуру ЕС-1066 при разработке ЕС-1060, то получили бы машину в 12 стандартных стойках с гораздо более низкими показателями производительности и надежности. А если бы использовали архитектуру суперскаляра (для справки: центральный процессор архитектуры 3081 содержит 800 тыс. логических вентилей), то получили бы нежизнеспособного монстра-уродца. Отсюда один из основополагающих законов разработки ЭВМ массового применения: архитектура должна соответствовать уровню базовых технологий. Иначе стоимость одной операции будет недоступна массовому потребителю. «Что позволено быку, не позволено Юпитеру». IBM попробовала суперскаляр и, очевидно, решила, что на той базовой технологии эта архитектура недостаточно эффективна с точки зрения стоимости операции. И вернулась к ней только тогда, когда появилась базовая технология четвертого поколения на основе БИС. И вся история развития вычислительной техники показала, что массовое применение эта архитектура нашла с того момента, когда она была реализована на микропроцессорном уровне. То есть для использования суперскаляра на элементной базе среднего уровня интеграции нужны очень веские аргументы. Возможно, на какой-то узкоспециализированной задаче «Эльбрус-2» добился максимально возможного результата и выполнил свое предназначение. Но это сугубо частный случай, хотя иногда и он оправдывает такую разработку. Но утверждать, что одно лучше другого только на том основании, что в одной модели есть суперскаляр, а в другой его нет, может привести к конфузу.

Модели IBM 3033 и IBM 3081 несоизмеримы с моделями ЕС-1060 и ЕС-1066 и по производительности. Такт работы первых и вторых соответственно равен: 56, 26, 120 и 80 нс. И по этой причине вторые не могли быть точной копией первых.

По нашему мнению, ЕС-1066 и однопроцессорный «Эльбрус-2» с точки зрения технического уровня являются машинами одного класса, но предназначены для разного применения, поэтому отдельные их параметры не могут служить критериями их оценки и сравнения.

Но дело не в этом. Главный вопрос, если перефразировать известное высказывание, в том, что «одни занимались оригинальной архитектурой, а другие — массовой вычислительной техникой». И ЕС-1066 полностью отвечает этому предназначению. Технологичность этой машины давала возможность создать автоматизированное (роботизированное) производство высокопроизводительных ЭВМ. Ее эксплуатационные качества позволяли организовать круглосуточное использование без простоев на ремонт и профилактику. И наконец, 18 различных конфигураций с диапазоном

производительности от одного процессора до супервысокопроизводительных систем различного назначения могли удовлетворить любого пользователя как по стоимостным показателям, так и по функционально-параметрическим характеристикам. Но в то время не многие пользователи в полной мере были готовы использовать возможности таких ЭВМ, как ЕС-1065, ЕС-1066, ЕС-1087.

Высокопроизводительные системы, комплексы и суперкомпьютеры ЕС

Проект ЕС ЭВМ был направлен, главным образом, на создание массовых и экономичных однопроцессорных ЭВМ. В то же время он обладал широким набором программных и аппаратных средств для организации на базе этих ЭВМ, при сохранении указанных качеств, мультипроцессорных и многомашинных комплексов.

Для реализации возможности многопроцессорной организации необходимо, прежде всего, обеспечить доступ одного процессора в оперативную память другого и, наоборот, доступ каждого процессора к общему полю оперативной памяти. Организация этого доступа различна, и конкретная его реализация во многом определяет эффективность работы многопроцессорной системы. В ЕС ЭВМ по топологии связей между основными ресурсами использовалось несколько типов организации многопроцессорных систем. Основными из них являются системы с общей шиной, многоходовые системы, системы с перекрестной коммутацией.

Общая шина использовалась, например, в ЕС-1015, и при этом разрешалась передача информации по этой шине с разделением по времени. Такая организация отличается простотой реализации, гибкостью, удобством подключения дополнительных устройств, унификацией, несложностью интерфейсов отдельных устройств и низкой стоимостью оборудования коммутации. Основные идеи общей шины были реализованы в ЭВМ с общими ресурсами — старшей модели второй очереди ЕС-1065.

Организация систем с перекрестной коммутацией базируется на коммутирующей матрице с пространственным разделением, позволяющей соединить одинаковые устройства (ЭВМ) друг с другом в любой комбинации. Конфликты, возникающие между процессорами при обращении к оперативной памяти, разрешаются специальной аппаратурой, расположенной в коммутирующей матрице. Коммутирующая матрица обладает относительно высокой функциональной сложностью и высокой стоимостью. Сложность оборудования возрастает пропорционально квадрату числа коммутируемых процессоров. При этом объем оборудования коммутатора для организации работы порядка десяти процессоров соизмерим с объемом оборудования одного процессора.

И всё же при числе процессоров более четырех другого пути организации их работы на общую память просто нет. Вопрос только в оптимизации такой организации с целью сокращения влияния коммутатора на производительность системы.

Многие зарубежные и отечественные ученые занимались вопросами производительности многопроцессорных комплексов. И все эти исследования показали логарифмическую зависимость производительности многопроцессорных систем от числа процессоров. Проблема оптимальной загрузки современных суперкомпьютеров и эффективного использования их процессоров не решена до сих пор.

Единственным проектом в мире, когда производительность растет прямо пропорционально количеству процессоров, является «Эльбрус-2». Для организации общего поля оперативной памяти он использует коммутирующую матрицу. Как пишет А.Н. Романов («История развития ЭВМ в СССР»): «Основная идея нового комплекса — использовать многопроцессорную архитектуру не только для повышения надежности, как это было до сих пор, но и в целях *увеличения производительности*. Была создана многопроцессорная структура, где при увеличении числа процессоров производительность практически не падает. В те времена *в зарубежных аналогах уже четвертый процессор не давал надбавки производительности*. Но в “Эльбрусе” были заложены такие архитектурные и конструкторские решения схемотехники, благодаря которым *производительность МВК практически линейна*». И если разработчики «Эльбрус-2» справились с этой задачей, то это действительно их большое достижение мирового уровня, заслуживающее уважения и внимания. Но не нашим специалистам, не специалистам IBM тайна схемотехнических решений, «благодаря которым производительность МВК практически линейна», не открылась, как, очевидно, оказалась недоступна и широкому зарубежному разработчику, поскольку эксперимент никем не был повторен. Например, когда серией 3080 IBM приступила к созданию многопроцессорных систем, производительность IBM 3081 с двумя процессорами по отношению к монопроцессору IBM 3083 увеличивается всего на 45% (один общий кэш) и до 80%, если присоединенному процессору поставить свой собственный кэш. Более того, монопроцессор IBM 3083 работает на 15% быстрее того же процессора, размещенного в модели IBM 3081 с отключенным присоединенным процессором. А разница между ними только в том, что процессор IBM 3081 имеет в своем составе аппаратуру коммутации для доступа к оперативной памяти, которой в монопроцессоре нет. Наш опыт дает примерно такие же результаты. Так что не мы, не за рубежом не смогли преодолеть проблему закона Амдала: на скольких бы этапах ни бежали зайцы, время прохождения всей эстафеты будет

определяться временем прохождения своего этапа улиткой. Линейного роста производительности в многопроцессорной системе можно достичь только тогда, когда каждый процессор работает с совершенно независимыми частями программы одной задачи (на всех этапах бегут зайцы). Этого для классических компьютерных комплексов в полной мере невозможно было сделать тогда, невозможно сегодня и невозможно будет завтра. Это станет возможным только тогда, когда мы научимся использовать квантовый параллелизм и (или) параллелизм нейросетевых структур. Поэтому в проекте ЕС ЭВМ, имея возможность создавать 16-процессорные комплексы (архитектура это предусматривала), мы создавали только двухпроцессорные комплексы. Четырехпроцессорные (ЕС-1181) еще только стояли на очереди.

Двухпроцессорные системы ЕС-1068.90, ЕС-1087.20, ЕС-1181

Электронная вычислительная машина ЕС-1068. При построении двухпроцессорных систем на базе старших моделей ЕС ЭВМ для коммутации шин данных использовались многоходовые адаптеры памяти. Физически адаптеры памяти могут быть размещены как в устройстве оперативной памяти, так и в процессоре. В обоих случаях они выполняют одну и ту же роль — расширяют число входов в оперативную память и разрешают конфликты между процессорами при обращении к ней. Многоходовые многопроцессорные системы обладают высокой скоростью передачи данных и высокой надежностью. Кроме того, оборудование коммутации имеет меньший объем, а следовательно, и более низкую стоимость. Этим был предопределен наш выбор.

Двухпроцессорная ЕС-1068 (главный конструктор Ю.С. Ломов) с производительностью в 1,8 раза выше производительности ЕС-1066 была разработана в 1985 году. В разработке принимали участие тот же состав аппарата главного конструктора и коллектив, который разрабатывал ЭВМ ЕС-1066. Машина серийно выпускалась Минским производственным объединением вычислительной техники до 1993 года.

Электронная вычислительная машина ЕС-1087. К началу 1980-х годов зарубежные фирмы стали производить ЭВМ на элементной базе четвертого поколения с интеграцией (N) 1000 логических элементов (ЛЭ) на чип. Конкурировать с ними, имея в качестве базовой технологии среднюю степень интеграции, стало просто невозможно.

Необходимость решения этой проблемы поставила перед отечественной наукой и промышленностью целый ряд сложных задач, связанных как с разработкой теоретических вопросов электронно-логического проектирования, так и с освоением новых физико-технологических процессов изготовления БИС, многослойных печатных плат и конструкций ЭВМ. В тот период повышение быстродействия элементной базы

решалось применением матричной структуры БИС с использованием каналов между элементами для трассировки межсоединений. Следует отметить, что на пути использования матричных БИС при проектировании ЭВМ возникает ряд конструктивно-технологических проблем: проблема роста числа контактов БИС, проблема плотности электро монтажа БИС и проблема роста номенклатуры и снижения повторяемости БИС. Для высокопроизводительных ЭВМ особенно серьезной проблемой технической реализации БИС является проблема сбалансированности быстродействия БИС и конструкции, а также «бездефектность» проектирования БИС, то есть высокая степень отработки сложных функциональных схем БИС до изготовления ЭВМ.

В отставании тоже есть свои преимущества: можно учиться на чужом опыте. К началу разработки ЕС-1087 на элементной базе с повышенной степенью интеграции в мире уже выпускалось несколько таких машин: ЭВМ серий 470 и 580 фирмы Amdahl, M200H фирмы Hitachi и серий 4300 и 3081 корпорации IBM. Изучение конструкций этих машин привело нас к неожиданным результатам. Во-первых, отсутствовала единая технология упаковки БИС. В указанных ЭВМ на БИС использовались разные типы конструкций: кассетная (ЭВМ серий 4300 и M200H), плоскостная (ЭВМ серии 470), этажерочная (ЭВМ серии 580) и конструкция на основе многокристальных монтажных модулей (ЭВМ серии 3080). Некоторые основные характеристики конструктивной и элементной базы зарубежных ЭВМ приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметр	ЭВМ			
	470/6	5860	4331	3081
Год выпуска	1975	1982	1980	1981
Машинный цикл, нс	32,5	24		26
Элементная база	БИС/ЭСЛ	БИС/ЭСЛ	БИС/ТТЛ	БИС/ТТЛШ
Максимальная интеграция БИС, ЛЭ	100	400	704	704
Число выводов в БИС	84	84	116	116
Шаг размещения БИС, мм	22,5	24		8
Максимальное число БИС на плате	42	121	9 в модуле	118 в модуле
Размер монтажной платы, мм	178×178	290×310	50×50	90×90

В табл. 2 приведены оценочные значения схемной ($T_{лэ}$), конструктивной ($T_{св}$) и системной (T_c) задержек, а также соотношения между $T_{св}$ и T_c , полученные на основе анализа элементной и конструктивной базы (см. табл. 1) и временных параметров ЭВМ, реализованных на 20 тыс. условных логических элементов (УЛЭ).

Таблица 2

Параметр	ЭВМ			
	470/6	5860	4331	3081
Схемная задержка $T_{лэ}$, нс	0,65	0,4	2,5	1,15
Конструктивная задержка $T_{св}$, нс	1,9	0,85	0,3	0,1
Системная задержка T_c , нс	2,55	1,25	2,8	1,25
Соотношение $T_{св}/T_{лэ}$	3	2	0,2	0,085

Характерной особенностью выбора этих типов конструкций является желание достичь максимальной монтажной плотности компоновки на всех уровнях конструкции. Но, как видно из табл. 2, значение конструктивной задержки на один логический каскад имеет разброс от 0,1 нс в ЭВМ 3081 до 1,9 нс в ЭВМ 470V/6. При этом соотношение $T_{св}/T_{лэ}$ находится в диапазоне от 0,085 (в ЭВМ 3081) до 3 (в ЭВМ 470V/6). Такой широкий диапазон значений позволяет сделать второй неожиданный вывод о несбалансированности параметров рассмотренных ЭВМ. Эти выводы заставили нас искать собственные решения конструирования ЭВМ на БИС.

Параметры элементной базы ($N = 750$ УЛЭ; $T_{лэ} = 1$ нс; $N_k = 108$; $P_{кр}$ не больше 4 Вт), а также производительность ЕС-1087 (10 млн команд/с) нам были заданы. Заданным параметрам соответствовали матричные БИС/ЭСЛ на основе БМК И-300. Допускалось частичное использование СИС серии К1500 в плоских корпусах с 24 выводами. Требовалось разработать оптимальную конструкцию, обеспечивающую реализацию заданного уровня производительности. Нами исследовались два типа конструкций: кассетный, когда БИС размещаются в ТЭЗах, устанавливаемых в панели, и плоскостной, когда БИС размещаются непосредственно на многослойной печатной плате панели. Если провести опрос разработчиков, то, скорее всего, квалифицированное большинство, если не все опрошенные, проголосует за плоскостную конструкцию. Работает эффект очевидности. Мы и сами так считали. Тем не менее мы начали эти исследования, как бы заранее зная результат и пытаясь ответить на другой вопрос:

позволит ли кассетная конструкция получить заданные параметры производительности и сколько мы потеряем при этом, сохранив базу старой конструкции относительно принципиально новой? Почему нас интересовал этот вопрос? Да потому что он имел много преимуществ: не надо новой разработки конструкции, систем электропитания и охлаждения, при этом технологии производства и эксплуатации изменялись незначительно. А самое главное — выигрыш во времени освоения новой элементной базы, сокращение сроков разработки и освоения ЭВМ в производстве, а также сокращение относительной стоимости ЭВМ при значительном (в два раза) увеличении производительности. При анализе кассетного варианта конструкции мы рассматривали два предельных варианта, когда в ТЭЗе размещается:

- минимальное число БИС (например, один), соответствующее числу логических контактов одного соединителя ТЭЗа, типа СНП34 на 135 контактов;
- максимальное число БИС, суммарный функциональный объем которых соответствует максимальному суммарному числу логических контактов всех соединителей, размещенных в ТЭЗе. Например, двойной ТЭЗ с тремя соединителями СНП34-135 может содержать в среднем 6 логических БИС при 14 посадочных местах под БИС (включая резисторные блоки).

Результаты анализа приведены в табл. 3.

Таблица 3

Параметр	Тип конструкции устройств ЭВМ			
	ЕС-1066	ЭВМ на БИС		
	Кассетный	Кассетный		Плоскостной
		60 ИС на плате ТЭЗа	1 БИС на одинарном ТЭЗе (вар. 1)	
Схемная задержка Тлэ, нс	2	1	1	1
Конструктивная задержка Тсв, нс	2,05	0,65	0,7	0,45
Системная задержка Тс, нс	4,05	1,65	1,7	1,45
Соотношение Тсв/Тлэ	1	0,65	0,7	0,45
Коэффициент сжатия временной диаграммы (относительное повышение быстродействия ЭВМ при переходе на БИС)		2,45	2,4	2,8

Полученные результаты стали неожиданными и для нас. Ожидаемая очевидность, конечно, подтвердилась. Заданная производительность достигалась без труда. Но главное оказалось не в очевидном, а в мелочах. Преимущество плоскостной конструкции оказалось не таким значительным, как предполагалось. Реализация этого преимущества требует разработки и освоения новых высокотехнологичных, наукоемких и трудоемких технологий, то есть теоретическое преимущество надо было еще суметь материализовать. Кассетная конструкция варианта 2 не дает никакого преимущества по отношению к варианту 1. Эти результаты позволили сделать следующие основные выводы:

- наибольший выигрыш плоскостной конструкции достигается установкой бескорпусных БИС;
- плоскостная конструкция при заданных параметрах элементной базы может использоваться тогда, когда целью разработки является достижение предельного уровня производительности (да и то только в том случае, когда относительное повышение производительности является значительным), то есть при разработке суперЭВМ;
- для ЭВМ общего назначения на этом этапе может использоваться кассетная конструкция при условии выполнения требований по производительности.

Таким образом, применение кассетной конструкции (вариант 1) для нас в тот период было предпочтительным. Расчеты показывали, что если задачу перехода на БИС мы будем решать параллельно с разработкой новой архитектуры ЭВМ, разработкой и производством широкой номенклатуры БИС, то на разработку полного цикла ЭВМ потребуется 6–7 лет. Что произойдет за это время в области конструирования ЭВМ? Анализ тенденций развития вычислительной техники показал, что в соответствии с законом Гордона Мура интеграция БИС увеличится как минимум на порядок. Для реализации такой машины, как ЭВМ ЕС-1087, потребуется не 350 типов БИС, а только 30. Кроме того, наметился явный переход от так называемой «наобумной» логики (когда с целью достижения производительности вся функциональная схема ЭВМ разрезается на схемы БИС без учета их функциональности) к структурированной логике. Об этом свидетельствовал тот факт, что уже в то время для мини-ЭВМ эти проблемы решались путем применения универсальных микропроцессоров и микропроцессорных комплектов БИС. Неминуемо этот процесс должен распространиться и на большие ЭВМ, и на суперЭВМ. А значит, все существующие на тот период конструкции были переходными, появление которых было связано с невысоким уровнем технологии БИС. Нам показалось нелогичным начинать разработку новой для нас конструкции, которая за рубежом находится уже «на излете».

Так впоследствии оно и произошло. Быстрое интеграционное и функциональное развитие универсальных микропроцессоров привело к тому, что самая развитая суперскалярная структура ЭВМ третьего поколения была реализована на микропроцессорном уровне еще в самом первом процессоре Intel Pentium в 1993 году. Затем появился Intel Core 2, ядро которого также является суперскалярным и содержит 4 декодера команд, теоретически позволяющих достичь пиковой производительности до 4 операций за 1 такт в каждом ядре. Сложившаяся архитектура микропроцессора Intel получила название x86. Современные процессоры включают в себя декодеры команд x86 для преобразования их в упрощенный внутренний формат с последующим их выполнением. В корне изменились и принципы конструирования.

Все эти аспекты привели нас к мысли «взять интеграл по частям». Временной период разработки ЭВМ на БИС (6–7 лет) с учетом перекрытия этапов был разбит на три отрезка. Первый отрезок был рассчитан на 3–4 года, в течение которых должна быть решена проблема бездефектной разработки БИС широкой номенклатуры. На этой основе предстояло создать ЭВМ ЕС-1087 с производительностью в два раза выше, чем у ЕС-1066. Как мы считали, это был фундамент быстрого прогресса старших моделей ЕС ЭВМ. Второй этап — проектирование ЕС-1181 с использованием БИС повышенной степени интеграции, включающей функциональные схемотехнические решения первого этапа. Третий этап — переход к технологии проектирования ЭВМ на основе универсальных микропроцессоров. Правильно выбранная стратегия проектирования — половина успеха работы коллектива. Выбранная стратегия позволяла нам решать задачи, стоящие перед коллективом отделения разработчика. А нагрузка на середину 1980-х годов была запредельная. В разгаре была работа по освоению в серийном производстве ЕС-1065 и ЕС-1066, а также их авторское сопровождение. На базе ЕС-1066 проектировались многомашинные комплексы и комплексы высокой производительности на основе матричных процессоров. Велась разработка сразу трех ЭВМ: двух высокопроизводительных на БИС — ЕС-1087 и ЕС-1181 и одной суперЭВМ векторно-конвейерного типа — ЕС-1191.

Для ЕС-1181 со сроком разработки начала 1990-х годов предполагалась разработка центрального процессора в объеме панели, а в раме должен был разместиться 4-процессорный вариант ЭВМ. Таким способом мы предполагали превзойти производительность модели ИВМ 3084 (два основных и два присоединенных процессора).

При этом предполагались новая архитектура, новая элементная база (БИС с 10×103 вентилях на кристалле), новая конструкция. Следующий этап (1993–1995 годы) — создание универсального микропроцессора с архитектурой ЕС ЭВМ. Как

показало дальнейшее развитие событий, выполнение этой программы открывало путь к созданию отечественных суперЭВМ на отечественной элементной базе.

Если стратегия первого этапа выражалась девизом «ТЭЗ в БИС», то стратегия второго — «процессор в панель», а третьего — «процессор в БИС (в микропроцессор)».

А ключом для решения всех этих проблем являлась быстрая разработка ЕС-1087. Ключевое слово здесь — «быстрая». Именно это давало возможность ее производства в течение примерно 5 лет. Иначе разработка этой машины становилась бессмысленной. Исходя из этого и была выбрана стратегия ее разработки, основанная на высокой степени унификации технологий ЕС-1066. Архитектура ЕС-1066 изменялась только в части организации многомашинных и многопроцессорных комплексов. ЕС-1087 сразу разрабатывалась как двухпроцессорная ЭВМ (ЕС-1087.20). Сохранялись все технологии производства и пользовательские технологии. К традиционным технологическим процессам ЕС ЭВМ добавились процессы механизированной подготовки выводов и пайки БИС, имеющих по 108 выводов с шагом 0,625 мм. Изменились только технологии разработки. В этом плане была разработана система автоматического проектирования и технологии монтажа БИС. Бездефектность проектирования решалась переводом функциональных схем ТЭЗ в функциональное наполнение БИС. Таким образом, это была модернизация, или перевод на новую элементную базу архитектуры ЕС-1066. Если хотите, «разведка боем» возможности разработки и производства БИС. Тем более что трассировать и изготавливать их НИЦЭВТ пришлось самому, поскольку предприятия МЭП категорически отказывались производить такую номенклатуру БИС. Но создание ЭВМ четвертого поколения открывало путь к новым современным компьютерным технологиям, производительность ЕС-1066 увеличивалась почти в четыре раза с одновременным повышением надежности. Одним словом, игра стоила свеч.

Тем не менее трудности проектирования и производства БИС превысили наши ожидания. Разработка ЕС-1087.20 (главный конструктор разработки — Ю. С. Ломов, главный конструктор



Электронная вычислительная машина ЕС-1087.20

центрального процессора — И.С. Храмцов, зам. главного конструктора по конструкции — В.И. Павлов) потребовала гораздо больше времени, чем мы рассчитывали, завершившись проведением государственных испытаний (1988 г.) и рекомендацией передачи ее в серийное производство.

Стационарная двухпроцессорная электронная вычислительная машина общего назначения ЕС-1087.20 — первая машина четвертого поколения. Для этого разработчиками НИЦЭВТ и НИИ «Аргон» была создана единственная в стране система сквозного проектирования БИС и СБИС практически всех известных в то время технологий ECL, TTL, CMOS. Главным конструктором этого проекта являлся Валерий Васильевич Ярных. Разработанная система позволила разработать 317 типов БИС процессора ЕС-1087, а также более десятка СБИС «ТАКТ 6000». Система также использовалась в ЕРНИИМ (г. Ереван), в ЦИИТ (г. София, БНР), ИТМ и ВТ. Предназначалась машина для построения мощных вычислительных систем и сетей ЭВМ различного назначения с высокой пропускной способностью ввода-вывода и большим объемом внешней памяти.

Центральный процессор и процессор ввода-вывода выполняют принципы работы ЕС ЭВМ-3. Новым устройством, входящим в ЭВМ, была расширенная оперативная память ЕС-3948 емкостью 128 Мбайт. При подключении двух таких устройств оперативная память ЭВМ расширялась до 256 Мбайт.

ЕС-1087.20 могла функционировать в следующих режимах:

- двухпроцессорный (основной режим работы с повышенной производительностью и надежностью);
- однопроцессорный (две полностью изолированные однопроцессорные ЭВМ);
- двухмашинный (две подсистемы с неразделенными ресурсами).

Программное обеспечение ЕС-1087 аналогично программному обеспечению ЕС-1068.90.

Два центральных процессора с оперативной памятью 16 Мбайт развивали производительность 15 млн оп/с по смеси Gibson-3 и 4,5 млн оп/с на смеси GPO-WU для планово-экономических задач. 12 или 24 канала ввода-вывода обеспечивали высокую пропускную способность системы ввода-вывода (до 36 Мбайт/с.) Центральная часть ЭВМ размещалась в четырех стандартных стойках. Занимаемая площадь — 120 кв. м. Потребляемая мощность — 30 кВт.

Центральный процессор ЭВМ ЕС-1087, работая по принципам работы ЕС ЭВМ-3, выполнен на матричных БИС ИС-300Б, содержащих около 1 200 логических вентилях на чипе.

Электронная вычислительная машина ЕС-1181

Вся наша хорошо продуманная стратегия разбилась о перестройку. От НИЦЭВТ был отделен НИИ физики и технологии, который изготавливал БИСы для ЕС-1087. Сроки ее разработки начали сдвигаться. Проблемой стала не только разработка и производство СБИС, но и достигнутый уровень БИС не обеспечивался производством. В связи с этим было изменено ТЗ на разработку ЕС-1081. Новый двухпроцессорный вариант ЕС-1181 базировался на достижениях ЕС-1087. Главным конструктором новой ЕС-1181 был назначен И.С. Храмцов, главным конструктором центрального процессора — Н.А. Слюсарев. Заместителем главного конструктора по конструкции стал В.И. Павлов. Активное участие в создании ЕС-1181 принимали: Н.Н. Бельский, А.С. Ключев, Ю.Н. Фомичёв, Н. Романенко.



И.С. Храмцов

Высокая производительность ЕС-1181 (20 млн команд/с) и большая емкость оперативной памяти (64 Мбайт) предполагали ее использование в автономных территориальных и кустовых вычислительных центрах, в автоматизированных системах управления и сетях управления на базе многомашинных, многопроцессорных и проблемно-ориентированных комплексов различной конфигурации. Машина позволяет строить распределенные системы обработки данных, системы и сети телеобработки. ЕС-1181 имеет «интеллектуальный» пульт управления, реализованный на базе ПЭВМ типа IBM PC/AT. В конфигурацию ЕС-1181 включено качественно новое оборудование: НМД емкостью 2,4 Гбайт (ЕС 5597.01, ЕС 5317,01); НМЛ — ЕС 5537, ЕС 5727; терминальная система — ЕС 7970.52; печатающее устройство — ЕС 7040. Введение новых оптимизированных средств дуального адресного пространства позволило повысить системную производительность в 1,5 раза на задачах с интенсивным страничным обменом.

Но главная и результативная работа была проведена по совершенствованию кассетной конструкции с размещением одного БИС на плате. Идея оказалась настолько продуктивной, что путем изменения конструкции ТЭЗа, панели и рамы удалось разместить центральный процессор, процессор ввода-вывода и оперативной памяти и оперативную память в одной стойке. Новые технологии компоновки, предложенные конструкторами (В.И. Павлов), полностью изменили дизайн конструкции и позволили не только сохранить воздушное охлаждение, но и отказаться от централизованных систем охлаждения. Таким образом, работы по переходу

на элементную базу четвертого поколения старших моделей ЕС ЭВМ первого этапа программы получили свое логическое завершение.

НИЦЭВТ по договору с НИИВТ г. Пенза впервые создал дисковую подсистему внешней памяти для ЕС-1181. Работу финансировал НИЦЭВТ. В одном базовом шкафу ЕС ЭВМ размещалось до 32 накопителей общей емкостью. Главный конструктор системы — лауреат Государственной премии А.И. Дудкин. Устройство внешней памяти прошло испытания и поставлялось в ВЦ ГШ РФ для комплектования информационно-управляющих систем.

Опытный образец ЕС-1181 был изготовлен на МПО ВТ, налажен и испытан, показав высокую надежность функционирования и подтвердив правильность проектной концепции. Была создана машина на БИС мирового уровня. Проведение государственных испытаний и серийное производство намечалось на 1993 год. Многочисленные пользователи, которые посещали завод для того, чтобы познакомиться с результатами работы, давали, без всякого преувеличения, восторженные оценки характеристикам, эксплуатационным качествам и дизайну ЕС-1181. Несмотря на это, участь машины определил наступивший 1993 год, изменивший не только жизнь людей, но и судьбу высокотехнологичной техники.

Многомашинные системы ЕС

Многомашинные системы ЕС представляют собой вычислительные комплексы (ВК) на базе серийно выпускаемых ЕС ЭВМ, которые объединяются для совместной работы с помощью средств комплексирования. Многомашинные системы, в отличие от многопроцессорных, не имеют общего поля оперативной памяти, и каждая ЭВМ, входящая в комплекс, управляется собственной операционной системой. НИЦЭВТ разрабатывает не сами многомашинные комплексы, а аппаратные и программные средства комплексирования для них. Основным разработчиком крупных автоматизированных систем государственного назначения на базе многомашинных комплексов ЕС ЭВМ являлся НИИ «Восход». Успехи в создании автоматизированных систем, в том числе и на базе высокопроизводительных многомашинных комплексов ЕС ЭВМ, прежде всего, связаны с достижениями отечественных специалистов в области архитектуры, программирования и систем управления базами данных (СУБД). Эти достижения признаны во всем мире.

Пакеты прикладных программ (ППП) являются составной частью системы программного обеспечения ЕС ЭВМ и представляют собой функционально законченный комплекс программных средств, ориентированный на решение

определенного логически целостного класса задач. ППП, разработанные в рамках ЕС ЭВМ, отличаются независимостью от типа использующихся технических средств и периферийного оборудования, легкостью настройки, разнообразием классов решаемых задач (областей применения) и различными алгоритмами решений в каждом классе.

По сферам применения и классам решаемых задач выработалась следующая классификация ППП:

- общего назначения;
- для решения инженерных и научно-технических задач;
- для решения задач экономического характера и задач АСУ.

ППП, предназначенный для функционирования вычислительного комплекса, не ограничивает количества ЭВМ, входящих в его состав. При этом каждая из этих ЭВМ работает под управлением операционной системы ОС ЕС, а ППП — на одной из них. Использование ОС ЕС совместно с ППП в многомашинной вычислительной системе (ВС) повышает производительность и надежность такой ВС по сравнению с отдельно используемыми ЭВМ и позволяет сократить число операторов ЭВМ, обслуживающих многомашинную вычислительную систему. Эти преимущества достигаются благодаря разделению функций по выполнению заданий между ЭВМ и использованию дополнительных возможностей, предоставляемых ППП.

На момент окончания разработки второй очереди ЕС ЭВМ, на основе которых и началось создание многомашинных комплексов, фонд прикладных программ ЕС ЭВМ составлял более 100 пакетов общим объемом несколько миллионов команд. Конечно, это был еще не тот объем, который позволял бы говорить как о каком-то значительном результате, но работы в этом направлении продолжались, и не только в НИЦЭВТ. За счет этого фонд стремительно пополнялся новыми ППП. Особенно успешно в этой области работал НИИ «Восход», который не только разрабатывал пакеты прикладных программ ЕС ЭВМ, но и внедрял их в разрабатываемые им автоматизированные системы. В результате к 1983 году НИИ «Восход» внедрил в серийное производство крупный комплект ППП, отмеченный Премией Совета Министров СССР. Этот программный продукт для решения задач на ЕС ЭВМ включал пакеты задач общего назначения, пакеты инженерно-технических и экономико-математических задач балансового и оптимизационного типа.

Важным качеством современных ЭВМ и вычислительных систем с точки зрения их использования для построения АСУ и информационно-поисковых систем (ИПС) является наличие в их составе стандартного ПО средств для организации и ведения

больших массивов данных и средств, обеспечивающих коллективный доступ к таким массивам в режиме одновременного обслуживания запросов пользователя, поступающих от удаленных и локальных терминалов. В этом плане серийно выпускаемые ЕС ЭВМ были единственными вычислительными машинами, содержащими в поставляемом комплекте стандартного ПО все указанные средства коллективного доступа.

Системы управления базами данных (СУБД) ЕС ЭВМ в то время были представлены СУБД «Ока» и системой телеобработки баз данных «Кама». СУБД «Ока-ЕС» — иерархическая СУБД с логической и физической базами данных. Предназначалась для построения мощных информационных, справочных и управляющих систем с большим объемом обрабатываемой информации и сложными логическими связями между элементами информации в пакетном режиме и в режиме оперативного обслуживания задач пользования. В системе могут функционировать все типы удаленных и локальных терминалов ЕС ЭВМ. Система «Ока» содержит развитые средства ведения баз данных, которые обеспечивают:

- протоколирование всех изменений, происходящих в базе данных, и регистрацию всех сообщений;
- восстановление данных, поддерживающих информационный фонд системы в правильном состоянии, в случае отказов и сбоев аппаратуры;
- защиту ресурсов от несанкционированного доступа;
- реорганизацию и загрузку баз данных;
- подготовку статистических отчетов.

Система телеобработки баз данных «Кама-ЕС» предназначалась для использования в качестве базового ПО при построении:

- средств организации распределенной обработки данных в одnoreгиональных и многорегиональных сетях ЕС ЭВМ;
- средства обмена управляющей информацией и данными между задачами пользователей;
- средств восстановления работоспособности системы при отказах ПО и технических средств (ТС);
- широкого класса обычных применений систем телеобработки, включая переключение сообщений, получение справок, ввод данных в режиме диалога, сбор данных;
- справочно-информационных систем коллективного пользования, работающих в оперативном режиме и характеризующихся малым временем реакции.

Системы баз данных быстро развивались и совершенствовались как за рубежом, так и у нас в стране. Наиболее удачным проектом была СУБД, разработанная высококлассными программистами НИИ «Восход» под руководством доктора технических наук Б. Берёзкина, к сожалению, рано ушедшего из жизни. СУБД ДИСОД НИИ «Восход» по параметрам соответствовала лучшим зарубежным образцам с рекордно малым временем на запрос. Это определило широкое применение автоматизированных систем на базе многомашинных комплексов ЕС ЭВМ, которые обеспечивали следующие режимы работы, приведенные в табл. 4.

Впервые специалисты НИИ «Восход» и НИЦЭВТ встретились по совместной работе уже через два-три года после образования НИИ «Восход» (23 ноября 1972 года).

Таблица 4

Режимы	Функциональное состояние		
	ЭВМ 1	ЭВМ 2	Характеристика ВК
1	Рабочая	Дублирующая	Обе ЭВМ выполняют одну и ту же работу, но результаты резервной блокированы (используются для контрольного сравнения). Подключение резервной ЭВМ состоит в блокировке рабочей ЭВМ и в разблокировке дублирующей ЭВМ
	Дублирующая	Рабочая	
2	Рабочая	Параллельная	Используется для преодоления перегрузок рабочей ЭВМ. С наступлением перегрузки резервная ЭВМ берет на себя часть нагрузки рабочей ЭВМ, работая с ней параллельно. Преодолев перезагрузки, переходит в любой другой режим, например дублирования
	Параллельная	Рабочая	
3	Рабочая	Вспомогательная	Обе ЭВМ решают задачи управления. Рабочая ЭВМ решает основные задачи АСУ, а резервная обрабатывает задачи управления вспомогательного характера (производит предварительную обработку)
	Вспомогательная	Рабочая	
4	Рабочая	Резервная	Рабочая ЭВМ решает все задачи АСУ, а резервная – в режиме ожидания либо в режиме тестового контроля
	Резервная	Рабочая	
5	Рабочая	Независимая	Рабочая решает все задачи АСУ, а вторая решает задачи, не связанные с управлением
	Независимая	Рабочая	
6	Независимая	Независимая	Две независимые ЭВМ работают по совершенно различным программам и ведут обработку индивидуальных задач



Д.Л. Файнберг

В Вычислительный центр ЦК КПСС на Старой площади были поставлены три двухмашинных комплекса ЕС-1060, при этом впервые они были укомплектованы самыми последними по характеристикам импортными накопителями на дисках фирмы BASF. Для сдачи комплексов в эксплуатацию была назначена комиссия: от НИИ «Восход» — В.И. Дракин и А.В. Грибов; от НИЦЭВТ — В.В. Пржиялковский и В.С. Антонов; от Минского завода ЭВМ — Ю.В. Карпилович и М.П. Кривонос; от Министерства обороны (МО) — Д.Л. Файнберг и представители заказчика НИИ «Восход».

Было показано и доказано, что система ЕС ЭВМ совместима не только с моделями от младших до старших ЭВМ, но и с любым оборудованием, отвечающим принципам работы IBM. Вот что пишет в своей книге «Так было» бывший главный инженер МПО ВТ Ю.В. Карпилович: «Особенно не просто “шла” ЕС-1060. На одном

из объектов ответственным за сдачу машины в эксплуатацию был главный инженер Главка Э.Р. Фильцев. Мне, руководителю инженерного корпуса МПО ВТ, был запрещен выезд с объекта до окончания работ. Ежедневно по утрам специальная комиссия рассматривала состояние дел. Порой обстановка накалялась до такой степени, что казалось, в Минск, домой, нам уже не вернуться! Работали непрерывно, сутки — пополам. Хватало и разработчикам. В.В. Пржиялковский (также член комиссии) и старший представитель заказчика НИЦЭВТ Д.Л. Файнберг ежедневно рассматривали ситуацию, принимая важные решения по целому спектру проблем. И работа продвигалась! Учились друг у друга — разработчики, производители, пользователи».

Три двухмашинных комплекса ВК 2Р-60 были основой специализированной информационно-справочной системы ЦК КПСС разработки НИИ «Восход» на базе ЕС ЭВМ (главный конструктор, д. т.н., профессор, трижды лауреат Государственной премии В.И. Дракин). Это была первая, но не последняя совместная работа с НИИ «Восход».

Совместная плодотворная работа НИИ «Восход» и НИЦЭВТ продолжалась почти 20 лет. За это время в НИИ «Восход» было создано около 20 специализированных автоматизированных информационно-вычислительных систем для высших органов государственной власти и управления страны, а также управляющих систем для МО. В них использовались как отдельные машины ЕС ЭВМ, так и многомашинные вычислительные комплексы Единой системы — от 2-машинных на базе ЕС-1060 до 8-машинных на базе ЕС-1066. Эти системы были созданы под руководством и при участии

таких выдающихся системщиков, как В.И. Дракин, А.В. Грибов, В.И. Богатырёв, В.С. Корсаков, Н. Солянкин, А. Куколев.

Еще одним мощным центром создания автоматизированных систем в интересах военного назначения на базе ЕС ЭВМ, с которым у НИЦЭВТ сложились хорошие партнерские отношения, был 27-й Центральный научно-исследовательский институт МО. На основе системных разработок этого института формировались мощные вычислительные центры органов управления государства и МО, вычислительные центры округов и флотов и других органов управления. В качестве примера можно привести разработанную этим институтом на базе ЕС ЭВМ АИС и ее развитие за счет создания базовых автоматизированных средств обработки данных БАСОД СПО-397. Ее инструментальные средства служили базой для разработки новых разнообразных автоматизированных информационных систем и автоматизированных информационно-управляющих систем. Неоценимым вкладом этого института является развитие СУБД как основы построения различного рода систем и вклад в фонд пакетов прикладных программ ЕС ЭВМ.

СуперЭВМ Единой системы

В конце 1970-х годов НИЦЭВТ начал заниматься проектированием средств высокопроизводительных вычислений для класса задач, решаемых на суперЭВМ. Тогда были разработаны первые высокопроизводительные системы на базе матричных процессоров, что соответствовало тенденциям развития ЭВМ общего назначения. В развитых капиталистических странах уже эксплуатировалось около 1000 суперкомпьютеров. Из 512 установок векторно-конвейерной архитектуры 201 установка — высокопроизводительные машины общего назначения с векторными устройствами. А это уже зона ответственности НИЦЭВТ.

В проекте ЕС ЭВМ проектировались матричные процессоры разной производительности двух типов: функционально зависимые и функционально независимые. Первые — это устройства, которые являются операционными блоками процессора и могут использоваться только с тем процессором, для которого они разработаны. Конструктивно матричные модули выполняются таким образом, чтобы иметь возможность быть подключенными к уже установленной машине. В качестве примера можно привести матричный процессор, разработанный для ЭВМ ЕС-1055 (ГДР). Такую же возможность подключения матричных процессоров, и не только матричных, но и других функциональных обрабатывающих устройств, допускала архитектура ЕС ЭВМ-1065. Вторые — матричные устройства, которые подключаются

к процессору по интерфейсу канала ввода-вывода и поэтому могут работать с любой моделью ЕС ЭВМ.

Матричный процессор является специализированным исполнительным устройством, предназначенным для быстрого выполнения таких операций с плавающей запятой, которые используются при матричных вычислениях и преобразованиях Фурье. Благодаря параллельному выполнению различных процессов достигается высокая скорость вычислений, которая в зависимости от размера полей, плотности потока команд и алгоритма может быть много выше, чем при выполнении этих операций в арифметическом устройстве с плавающей запятой основной ЭВМ. Например, в ЕС-1055 и производительность процессора увеличивается на задачах в 30–50 раз.

Функционально независимые матричные процессоры позволяют в зависимости от сложности решаемых задач подключать к ЭВМ большое количество устройств и строить вычислительные системы кластерной архитектуры. Такого решения, например, потребовала задача управления полетом и обработка информации со спутника, запущенного к комете Галлея, приближающейся к Земле. Эта задача была успешно выполнена на базе системы, созданной специалистами ИПМ АН им. М.В. Келдыша, Болгарской Народной Республики и НИЦЭВТ.

В 1985 году на базе двухпроцессорной ЭВМ ЕС-1068.90 в НИЦЭВТ был разработан высокопроизводительный вычислительный комплекс ЕС 1066.17. Объем ОЗУ — 64 Мбайт с возможностью расширения до 256 Мбайт. Объем внешней памяти — 32–64 Гбайт. Комплекс допускал подключение до 16 матричных процессоров ЕС 2706. Кроме того, подключались рабочие станции и средства локальных и региональных сетей с числом абонентских пунктов до 10 тыс. Производительность комплекса в базовой комплектации (4 матричных процессора) составляла 200 млн оп/с.

Несмотря на то что главное внимание НИЦЭВТ уделял массовым коммерческим машинам, он одновременно не упускал из виду развитие архитектуры супервычислительных систем большой сложности и существенно большей производительности. На повестке дня стояли архитектуры с массовым параллелизмом. Работы шли совместно с Киевом (Институт кибернетики имени академика В.М. Глушкова), с Таганрогом (НИИ МВС ЮФУ имени академика А.В. Каляева) и др.

В 1974 году на конгрессе IFIP В.М. Глушков выступил с докладом о рекурсивной ЭВМ, основанной на новых принципах организации вычислительных систем (соавторы В.А. Мясников, И.Б. Игнатьев, В.А. Торгашёв). В развитие этих идей в НИЦЭВТ под руководством д. т. н. В.А. Торгашёва (Ленинградский институт информации автоматизации) и при активном участии В.У. Плюснина проводились работы по машинам

с динамической архитектурой (МДА), ориентированным на распределенные вычисления. При разработке МДА предложен новый подход к организации вычислений в ЭВМ: динамическая трансформация программы (модель распределенных вычислений на базе теории растущих автоматов — динамические автоматные сети).

Создан оригинальный, не имеющий зарубежных и отечественных аналогов мультипроцессор с динамической архитектурой ЕС 2704 с производительностью 100 млн оп/с. Главной отличительной чертой МДА является то, что в основу этих машин положена вычислительная модель, в которой само вычисление рассматривается как автотрансформация сети, и в этом случае распределенное управление становится частным случаем вычислений. Разработан новый подход к организации распределенной и полностью децентрализованной ОС для ЭВМ с МДА. ОС МДА распределена по всей ЭВМ, то есть отсутствует централизованная функция управления.

Работа проводилась на основании Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 483–155 от 09.06.1980, а также совместного решения АН СССР и МРП № Р-193–01–84 от 13.07.84 «О проведении работ по созданию проблемно-ориентированного процессора с динамической архитектурой для ЕС ЭВМ».

В основу работ в Киеве положены найденные решения по архитектуре, базирующиеся на парадигмах и идеях академика В.М. Глушкова. Суть архитектуры, названной макроконвейером, заключается в том, что каждому отдельному процессору на очередном шаге вычислений дается задание, позволяющее ему длительное время работать автономно без взаимодействия с другими процессорами.

Макроконвейерные ЭВМ ЕС-2701 и ЕС-1766 (главный конструктор С.Б. Погребинский), не имеющие аналогов в мировой практике (по оценке Государственной комиссии, принимавшей работы), — самые мощные вычислительные системы начала 1990-х годов. Производительность ЕС-1766 при использовании полного комплекта процессоров (256 устройств) оценивалась в 2 млрд операций в секунду (!). Производство ЭВМ ЕС-2701 и ЕС-1766 было передано на завод ВЭМ (г. Пенза) в 1984 и 1987 годах соответственно. К сожалению, столь мощные (соперничающие с лучшими американскими) и столь нужные науке и технике машины были выпущены на заводе лишь малой серией.

В Таганроге на основе идей академика А.В. Каляева развивались решения по программируемому и динамическому архитектурам.

Суперкомпьютеры развивались как уникальные специализированные вычислители, позволявшие ученым и инженерам браться за трудоемкие задачи, решение которых ранее было невозможным. В НИЦЭВТ планировалось создать

суперкомпьютер Единой системы, сохраняющий все функции машин общего назначения и одновременно реализующий новые функции для решения научно-технических задач. Такой подход отличался и от концепции IBM, которая воплощала ту же идею путем добавления 171-й команды в систему команд IBM 3090.

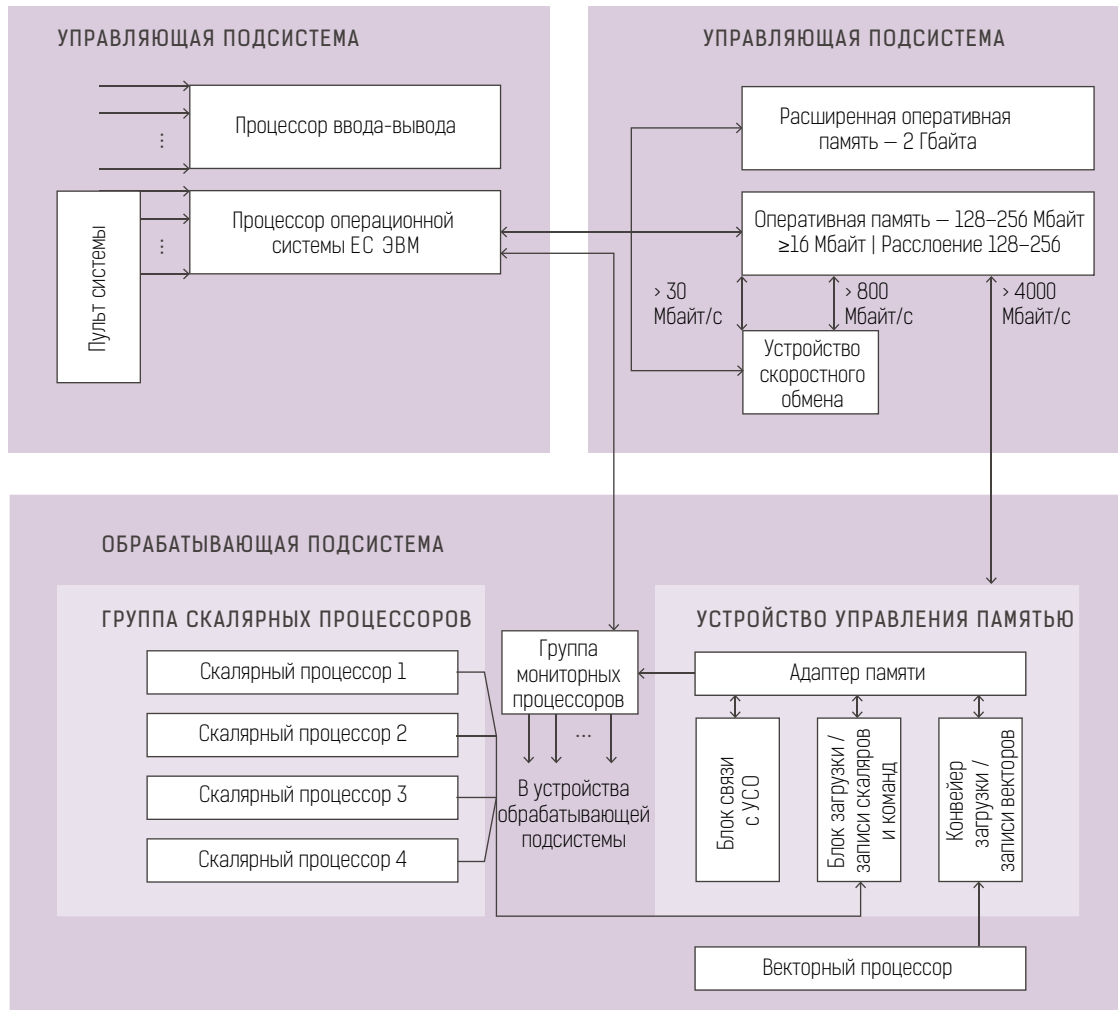
При разработке суперкомпьютера ЕС были сформулированы следующие основные принципы его концепции:

- преодоление порога производительности в 1 Гфлопс;
- разработка архитектуры, обеспечивающей достижение номинальной производительности, близкой к пиковой, в достаточно широком диапазоне и именно для тех классов задач, которые требуют большого объема вычислений;
- обеспечение применения таких методов программирования, которые приняты для современных высокопроизводительных ЭВМ общего назначения. При этом должно быть обеспечено использование операционных систем и необходимого сервиса, разработанного и используемого в рамках Единой системы;
- оптимальное распределение функций между управляющей и обрабатывающей подсистемами для максимального сосредоточения функций управления на управляющей подсистеме с целью освобождения обрабатывающей подсистемы от рутинных действий, не требующих сверхвысокой скорости вычислений.

Решение о создании векторно-конвейерного суперкомпьютера ЕС-1191 с оригинальной архитектурой было принято Военно-промышленной комиссией (ВПК) при СМ СССР. Техническое задание ЭВМ ЕС-1191 подписал председатель комиссии Ю.Д. Маслюков. Главным конструктором этой машины был назначен Ю.С. Ломов. Основные разработчики: А.И. Слуцкий, А.И. Никитин, В.Г. Моисеев, Л.В. Поспелов, В.В. Карпова, Н.Д. Воронцова, Е.Н. Потоцкий, В.Г. Семовских, И.В. Кульгашова, В.И. Павлов, А.М. Сержантов.

Архитектура и принципы работы суперкомпьютера ЕС-1191 разрабатывались специалистами НИЦЭВТ с учетом последних достижений в области векторно-конвейерных вычислений суперкомпьютеров Cray (США), а также Hitachi и Toshiba и суперкомпьютеров серии NEC SX (все — Япония), которые воплотили в структуру новые по отношению к ЭВМ Cray идеи.

Предложенные архитектурные и структурные решения суперкомпьютера ЕС-1191 позволяли создать суперкомпьютер с производительностью 1000 Мфлопс. Это достигалось за счет создания эффективного векторного процессора, высокопроизводительных скалярных процессоров, подсистемы памяти, по емкости и пропускной способности в сотни раз превосходящей системы памяти ЭВМ общего назначения,



Структура суперкомпьютера ЕС-1191

мониторинговых процессоров, как эффективного средства программно-аппаратной реализации функций внутренней операционной системы.

Особое внимание при разработке архитектуры суперкомпьютера ЕС-1191 было уделено вопросам организации подсистем памяти, которая состоит из основной

оперативной памяти (ОП), расширенной оперативной памяти (РОП) и устройства скоростного обмена (УСО). Устройство управления памятью (УП) связано с ОП, имеющей емкость до 256 Мбайт, и восемью независимыми интерфейсами. Высокая степень расслоения ОП (128–256 байт) обеспечивает предельный темп выборки — восемь 64-разрядных слов каждые 15 нс, что позволяет через конвейер загрузки-записи обеспечить передачу векторов в векторный процессор с темпом четыре двойных слова за 7,5 нс. При выборке массивов векторов с произвольным шагом конвейер загрузки-записи обеспечивает передачу векторов в векторный процессор с максимальным темпом четыре двойных слова за 15 нс. Для сглаживания разницы в быстродействии ОП и внешней памяти используется РОП. При скорости передачи, близкой к 1,0 Гбайт/с, РОП по быстродействию примерно в 300–400 раз превосходит устройства внешней памяти на магнитных дисках. Кроме того, предусмотрено до 15 адресных пространств виртуальной оперативной памяти. Скорость передачи данных из РОП в УСО предполагается высокой — не менее 500–1000 Мбайт/с, а между областями оперативной памяти — в диапазоне 30–100 Мбайт/с.

В процессорах ЕС ЭВМ общего назначения для обеспечения компромисса между производительностью и стоимостью функции управления и вычислений реализуются одним процессором. В обрабатываемой подсистеме ЭВМ ЕС-1191 эти функции разделены.

Управляющая подсистема суперкомпьютера ЕС-1191 выполняет следующие основные функции: ввод-вывод данных; подготовка исходных текстов программ для решения в обрабатываемой подсистеме; ввод-вывод в основную и расширенную память обрабатываемой подсистемы; обслуживание запросов мониторных процессоров; выполнение заданий или шагов заданий, не требующих сверхвысокой производительности и больших объемов памяти; обеспечение пользователей всем необходимым сервисом.

За счет выделения группы мониторных процессоров обеспечивается параллелизм управления вычислительными задачами и высокая надежность контура управления. Мониторные процессоры предназначены для оперативного управления функционированием и обслуживания устройств обрабатываемой подсистемы за счет внутренней операционной системы.

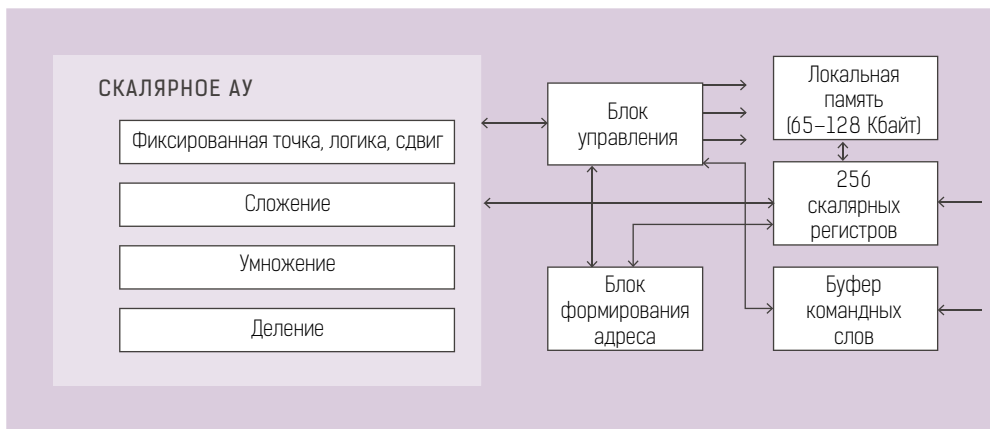
Оба мониторных процессора имеют общую память операндов, предельная емкость которой составляет 128 Кбайт, или 64 К 16-битовых слов. Каждый мониторный процессор имеет свою память команд объемом 32 Кбайт. Память команд используется как сверхоперативная память программ мониторного процессора, в которую

процессор обращается за очередной командой, в частности при переходах и прерываниях. Система команд мониторингового процессора состоит из 54 команд — 14 арифметических и 40 управляющих.

Все устройства обрабатывающей подсистемы суперкомпьютера ЕС-1191 являются общими ресурсами скалярных процессоров, которые выполняют операции над скалярами. Для повышения пропускной способности предусмотрены команды группового обмена между скалярными регистрами и локальной памятью, а также между группой векторных регистров и оперативной памятью. Для оперативного хранения команд используется глубокая (256 двойных слов) буферная память командных слов. Каждому скалярному процессору придается локальная память емкостью 8–16 К двойных слов (64–128 Кбайт), предназначенная для временного хранения скаляров и векторов текущих потоков команд. Эти локальные памяти являются программно управляемыми и заменяют сверхоперативные буферные памяти.

Система команд скалярных процессоров идейно близка к системе команд RISC-архитектуры и ограничена только теми командами, которые необходимы для эффективного выполнения научно-технических расчетов. Временная диаграмма скалярного процессора позволяет запускать на исполнение команды с предельным темпом 15 нс (один машинный такт).

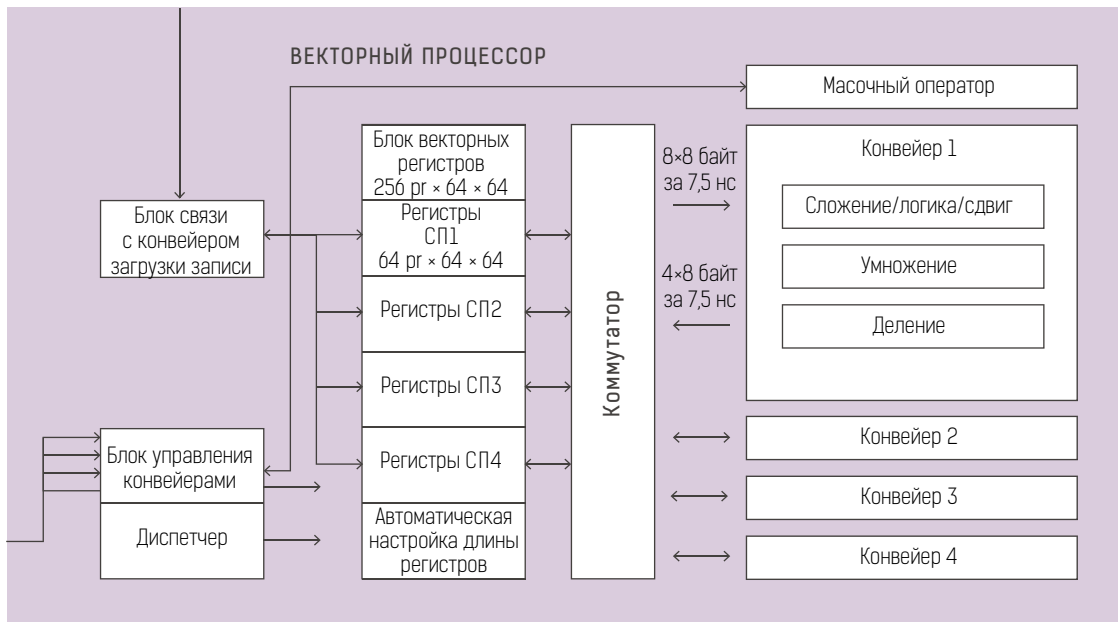
Векторный процессор суперкомпьютера ЕС-1191 является многопоточковым устройством обработки данных, исполнительным по отношению к скалярным процессорам



Структура скалярных процессоров

и их общим ресурсом. В состав векторного процессора входят устройство управления, блок векторных регистров и операционные устройства. Устройство управления векторного процессора представляет собой глубоко конвейерный механизм, обеспечивающий посредством своего центрального элемента — диспетчера максимальную загрузку операционных устройств. Векторные регистры представляют собой низший уровень в иерархической структуре памяти суперкомпьютера.

Векторный процессор имеет четыре одинаковых конвейера для выполнения арифметико-логических операций и конвейер для загрузки векторных регистров из ОЗУ и записи их содержимого в ОЗУ. В каждом конвейере имеется четыре независимых конвейерных оператора для выполнения операций сложения/сдвига/логики (два оператора), умножения, деления. Параллельная работа этих операторов в предельном случае позволяет за один машинный такт векторного процессора (7,5 нс) исполнять 16 операций.



Структура векторных процессоров

Для достижения номинальной производительности, близкой к пиковой, в суперкомпьютере ЕС-1191 введено понятие пучка процессов, которые определяют собой единый процесс, выполняющийся без обращения к операционной системе, но использующий несколько процессоров в их тесном взаимодействии. Для этого вводятся средства синхронизации на микроуровне, реализуемые набором управляющих команд, обеспечивающих тесное взаимодействие процессоров. Пучок процессов с точки зрения ОС представляет собой единый процесс, выполняющийся на нескольких процессорах.

Система ПО суперкомпьютера ЕС-1191 сохраняет весь необходимый сервис и методы программирования, принятые для ЭВМ Единой системы. При этом она дополняется за счет новых компиляторов усовершенствованными языками программирования, расширенным пакетом прикладных программ и инструментальной системой их создания, диалоговыми и экспертными системами.

В качестве элементной базы суперкомпьютера ЕС-1191 предполагалось использование БИС, аналогичных используемым в ЭВМ ЕС-1087 (1000–1500 вентилях на чип). Уровень этой элементной базы обрекал на большое количество типов БИС, бездефектное проектирование которых тоже создавало определенные сложности. Необходимо было, наряду с системами автоматизации проектирования БИС, создавать инструментальные системы моделирования. Мы рассчитывали на то, что к моменту окончания разработки электронная промышленность будет способна производить СБИС хотя бы не менее 10 тыс. вентилях на чип. За рубежом уже производились СБИС более 100 тыс. вентилях на чип. Поэтому мы запланировали поэтапную реализацию суперкомпьютера: на первом этапе — в усеченном варианте (один скалярный, один векторный процессор), на втором — в полном составе.

Но к тому моменту, когда машина была готова к реализации, уже в полную силу бушевали ветры перемен, оказавшиеся далеко не свежими. Они почти полностью смели финансирование работ и должное отношение к научно-техническому прогрессу. Все работы НИЦЭВТ практически были остановлены. Поменялось руководство. Ю.С. Ломов был переведен на работу в НИИ «Восход». В этих тяжелых условиях работы по суперкомпьютеру ЕС-1191 возглавил А.И. Слуцкий, назначенный главным конструктором. Ему удалось вновь привлечь внимание к важности этого проекта, подключить и заинтересовать соисполнителей (ИПМ, НИИ «Квант»), провести проектирование и отработку на моделях 104-х типов БИС.



А.И. Слуцкий

В результате этих усилий, на фоне множества негативных факторов перестройки, только к 1995 году удалось создать еще более усеченный вариант этой машины, чем планировалось, в виде мини-суперкомпьютера ЕС-1195 на основе скалярного процессора от ЕС-1191. Этой машиной была подтверждена правильность заложенных принципов.

Эта была последняя в Советском Союзе суперЭВМ и, в частности, последний аккорд в истории создания старших моделей по проекту ЕС ЭВМ.

НИЦЭВТ как головная организация формировала все нормативно-руководящие документы, проекты ОСТов и ГОСТов, многие из которых в дальнейшем стали основными государственными стандартами по разработке вычислительной техники в стране: ГОСТ 16325–88, определяющий общие технические требования к стационарным цифровым ЭВМ общего назначения; ГОСТ 25122–82 на базовые конструкции изделий ЕС ЭВМ; ГОСТ 19.001–77 «Единая система программной документации» (ЕСПД) и др. Значительная заслуга по выполнению этого направления работ в НИЦЭВТ принадлежит Ю.С. Объедкову, А.В. Иванову, Б.В. Соколову, О.Д. Леонтьеву, К.С. Ораевскому, О.В. Болотовой, Е.А. Фроловой, О.А. Березовской — начальникам отделений и основным исполнителям изделий ЕС ЭВМ.

ЭВМ и караван истории

Скоро исполнится 50 лет началу проекта ЕС ЭВМ. Что же это было за явление и какую роль сыграл проект ЕС ЭВМ в истории отечественной вычислительной техники? Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо направление и темпы развития отечественной вычислительной техники соотнести с направлением и темпами развития зарубежной ВТ.

Но прежде еще раз на концептуальном уровне вернемся к вопросу копирования. С упорством изобретателей «вечного двигателя» все еще продолжают попытки оставить в истории ВТ проект ЕС ЭВМ с этим «родовым пятном», которого у него никогда не было.

Ноу-хау всегда подразделяли на научные и технические. В то время как научное ноу-хау распространяется через открытую научную литературу, техническое ноу-хау нельзя освоить, читая общедоступные материалы. Никто и никогда не заявлял, что СССР отставал в области компьютерных архитектур. Вот далеко не полный список ученых, которые предлагали и реализовывали оригинальные компьютерные архитектурные концепции: в Москве — М.А. Карцев, Б.Н. Наумов, И.В. Прангишвили, В.С. Бурцев, В.А. Мельников и др.; в Киеве — В.М. Глушков, Ю.В. Капитонова, С.Б. Погребинский; в Минске — Г.П. Лопато, В.В. Пржиялковский, В.Я. Пыхтин,

Р.М. Асцатуров; в Пензе — Б.И. Рамеев; в Таганроге — А.В. Каляев; в Ереване — М.А. Семерджян, А.Т. Кучукян. Не отстаем и сегодня. В США считали, что успехи стран СЭВ в области вычислительной техники сильно сдерживаются недостатком знаний именно технологического ноу-хау, использованием устаревшего и некачественного оборудования, необходимого для производства средств ВТ мирового уровня.

Для создания продукта мирового уровня (ЭВМ давно перестала быть только тренажером для архитектурных упражнений) необходимо, чтобы все составляющие ее технологии также соответствовали мировому уровню. Технологии создания ЭВМ насчитывают несколько десятков позиций. Одна из главнейших составляющих в этом ряду — уровень базовой технологии, законодателями мод которых являлись и являются США. Опираясь на эти технологии и имея при этом неограниченный доступ к мировым научным ноу-хау, достаточные вычислительные мощности для проверки и оптимизации проектных решений, системы автоматизации проектирования, за рубежом разрабатывали ЭВМ, которые тут же становились эталоном, поднимающим планку ВТ на новую высоту.

Что было делать отечественным разработчикам, перед которыми стояла такая же задача, но для ее решения они не имели всех тех возможностей, которые были у разработчиков эталона? Закупка лицензий в тот момент исключалась. Копирование всех технологий в реальном масштабе времени — невозможно. Не в реальном — бесполезно. За рубежом базовые технологии менялись каждые три года. К тому же компетентные органы США тщательно контролировали процессы, связанные с попаданием новых технических технологий в страны СЭВ. Недопущение копирования технологий системы IBM 360 связано, прежде всего, с тем, что эти технологии могли быть использованы при разработке практически всех продуктов ВТ, в том числе и военного назначения. Копирование архитектуры — также бессмысленно, поскольку реализация передовой архитектуры эталона на базе отсталой базовой технологии может дать только один результат: «от великого до смешного...».

И уж в чём в чём, а в области архитектуры и структуры, а также программирования отечественные ученые всегда находились на мировом уровне. За рубежом всегда подчеркивалось, что отечественная Академия наук и отраслевые НИИ ведут успешные работы по архитектуре ЭВМ, по некоторым разделам ПО (например, разработка языков высокого уровня) и по системам управления большими базами данных. Не все же разработчики только через 20 лет осознали, что «суперскаяляр — хорошая архитектура». Так что и нужды в копировании архитектурных решений не было. К тому же архитектура относится к научным ноу-хау и не патентуется. В этих

условиях наш разработчик поступает так, как поступают разработчики всего мира. Пытается добиться аналогичного результата, используя свой и зарубежный опыт и опираясь на свои возможности. В США такой подход назвали *функциональным копированием*, отмечая, что «советские специалисты активно развивают направление создания собственных функциональных дубликатов избранных аналогов. В отличие от технологии обратного проектирования, когда стремятся создать точную копию аналога, *функциональное копирование является наиболее слабой формой дублирования*, когда конечный продукт будет функционировать точно так же, как его прототип, хотя и имеет другую структуру».

Думается, что все разработчики мира, стремясь достичь параметров эталона, в той или иной мере пользовались приемами функционального дублирования. Некоторые элементы компьютерных технологий стали стандартом (эталонном), и ими пользуются разработчики всего мира. Можно каждый раз делать всё свое, но на это потребуются больше времени и финансов. Пока будет создаваться это новое с нуля, разработчики тех стран, которые используют международную кооперацию и достижения друг друга, всегда будут иметь преимущество.

Да, мы стремились к совместимости технических и программных средств проекта ЕС ЭВМ и системы IBM 360/370, и в этом смысле — к функциональной идентичности. Это давало нашим пользователям одинаково успешно использовать как отечественные, так и зарубежные достижения. Совместно или отдельно использовать как отечественную, так и зарубежную технику без переработки своих программных продуктов. К примеру, на Старой площади в вычислительном комплексе ВК 2Р-60 для перестраховки вместо отечественных накопителей на магнитных дисках (НМД) были использованы новейшие НМД фирмы BASF. И каких-либо трудностей и сложностей это не вызвало. Таким образом, наш подход ничем не отличался от выбора специалистов многих стран мира, которые, согласившись с предложенным стандартом, стали создавать собственные IBM-совместимые продукты.

Такой подход, учитывая разницу в базовых технологиях, заставлял отечественного разработчика искать собственные нетривиальные пути в структурных решениях (пример — ЭВМ ЕС-1065), еще и еще раз оптимизировать уже оптимизированное, экономить каждый вентиль, когда на кону стояла производительность. И искали, и оптимизировали, и экономили, и «врукопашную» проектировали, «выворачивались наизнанку», всё же добиваясь приемлемого результата, чтобы «конечный продукт мог функционировать точно так же, как его прототип» и был с ним совместим. Вот это называется копированием? Можно понять, когда о копировании говорят

дилетанты, но нельзя понять, когда об этом говорят специалисты, которые находятся в тех же условиях. Очевидно, специалисты-дилетанты тоже бывают. Чисто теоретически копирование было возможно, практически — нет. Так, что «копирование» ЕС ЭВМ — это из области фантастики.

Но вернемся к главному вопросу. Какую роль сыграла ЕС ЭВМ в истории отечественной вычислительной техники? Историю развития вычислительной техники образно можно представить велосипедным ралли, где основные гонщики находятся в пелотоне (пелетоне). В нашем случае пелотон — это «караван истории», который движется непрерывно сквозь время вперед. В рядах пелотона находятся честолюбивые гонщики, которые иногда уходят «в отрыв». Но пелотон всегда рано или поздно настигает беглецов, достижения которых придают новое качество всему пелотону.

Основные участники гонки истории вычислительной техники стартовали примерно одновременно в середине XX века. Караван формировался в пути. К нему стали подтягиваться стартовавшие позже, скорость была маленькая, поскольку ехали на «ламповых» велосипедах. Так прошли первый круг, без отрывов и отвалов. Пересели на велосипед «полупроводниковый». Скорость увеличилась, возросли и возможности. Караван стал структурироваться, формируя разные подгруппы по скоростным и эстетическим качествам. Какая замечательная россыпь отечественных ЭВМ второго поколения у нас появилась тогда! И какая славная плеяда главных конструкторов, и какие коллективы специалистов! В караване стали появляться и лидеры, которые уходили в отрыв. Среди них были и отечественные. К примеру, гонщики в майках «БЭСМ-6» в 1968 году, «Весна» в 1964 году. Но их быстро настигли, поскольку караван с начала 1960-х уже пересаживался на «интегральные» велосипеды, что придало ему новое ускорение. А впереди его ждал самый длинный и самый плодотворный этап в истории вычислительной техники — компьютерная технологическая революция.

Переход на новые базовые технологии имеет основополагающее и решающее значение. И очень важно в этот момент не прозевать рывок уходящих в отрыв. И к чести наших корифеев вычислительной техники, они его не прозевали, когда в отрыв пошла корпорация IBM с эмблемой «Система 360». Архитекторы IBM, проанализировав всё предыдущее, обобщив и взяв всё лучшее, сосредоточили это в единой архитектуре для целого ряда различных по производительности машин и определили их ориентацию (выбрали направление движения). До этого караван хотя и был формально единым, но каждая группа выбирала свое направление. Создание ряда программно-совместимых снизу вверх машин для массового применения в коммерческой

деятельности оказалось настолько эффективным, что многие гонщики, подававшие большие надежды, сошли с дистанции, прекратив собственные подобные разработки и присоединившись к стандарту «Система 360». Например, RCA, по лицензии которой фирмой ICL разрабатывалась «Система-4», Barrows, Siemens и ряд других.

Отечественные ЭВМ второго поколения, где каждая сама по себе была «самородком», вместе не представляли собой единого «слитка». Поэтому решительный шаг от многообразия к унификации, от моделей с различными принципами работы к серии совместимых машин единых принципов работы разной производительности для отечественных ЭВМ был значительным, определившим будущее развития истории отечественной вычислительной техники в соответствии с вектором и темпами мирового развития ЭВМ. Поскольку этот вектор развития был поддержан во всех странах.

Общеизвестно выражение «Кто владеет информацией, тот владеет миром». Теперь-то, в наше время, хорошо известно, что концепция совместимости позволила аккумулировать для общего использования, по разным оценкам, до 80% всей мировой информации, содержащейся в базах данных (БД). Эта информация охватывает научно-техническую, производственно-экономическую, коммерческую и управленческую сферы. Совместимость, которая на протяжении многих лет была одним из основополагающих принципов разработки ЭВМ общего назначения, позволила создать и накопить беспрецедентный объем прикладного ПО. И проект ЕС ЭВМ внес свой вклад в это отечественное и мировое достояние.

Заявления типа того, что «выгоды от правильной структуризации алгоритмов и доведения этих знаний до аппаратуры были принесены в жертву совместимости и простоте, эволюционному пути развития», являются лишь фигурой речи и лишены смысла настолько, насколько лишен смысла призыв получать высшее образование без начального и среднего. Принцип программной совместимости и за рубежом, и у нас в стране позволял переносить огромные массивы ранее разработанной системной и прикладной программной продукции на вновь разрабатываемые технологии, экономя время (годы), силы (тысячи прикладников) и интеллект программистов для создания нового, а не для использования его на бесконечное переделывание старого под новые обстоятельства.

Принцип совместимости оказал огромное влияние не только на стационарные ЭВМ общего назначения, но и на бортовую вычислительную технику. Например, модели А-30, А-40, А-50 разрабатывались в 70-е годы прошлого столетия как модифицированный ряд бортовых цифровых вычислительных машин (БЦВМ), программно совместимых с ЕС ЭВМ. Использование архитектуры, структурных

и схемотехнических принципов ЭВМ Единой системы повышали эффективность БЦВМ. Совместимость с моделями ЕС ЭВМ позволяла на стационарных машинах этого проекта отрабатывать общесистемное и прикладное программное обеспечение для вновь создаваемых систем управления. Эти работы велись параллельно в то время, когда основная БЦВМ для этой системы еще находилась в стадии проектирования.

В практике разработки систем были случаи, когда по согласованию с заказчиком первый этап государственных испытаний системы проводился не на образце БЦВМ, а с использованием стационарной машины ЕС ЭВМ. При этом на втором этапе испытаний системы все задачи, отработанные на стационарных машинах, без проблем проходили на БЦВМ, совместимых с ЕС ЭВМ. Не стоит говорить о том, сколько государственных средств было сэкономлено и сколько высокопроизводительного программистского труда было использовано для другой инновационной работы. Но этот случай является ярким примером того, как отечественный разработчик достигал тех же целей, что и зарубежный, но «другими структурными методами». В бортовой тематике в данном случае даже лучших, чем зарубежные. Специалисты НАТО были весьма удивлены уровнем научно-технических решений, получив доступ к этой технике в бывших странах СЭВ (у них подобного не было). Принцип совместимости, конечно в современной интерпретации, работает и сегодня при создании единого информационного вычислительного пространства.

Нет ничего удивительного в том, что при определении направления развития отечественной вычислительной техники выбор пал на систему IBM 360. Ее архитектура была привлекательна не только с точки зрения совместимости. Она была еще революционна в развитии принципов параллелизма, в эволюционном развитии от сугубо последовательного (линейного) порядка выполнения команд к массово-параллельному потоковому выполнению команд и программ. Такое развитие событий предвидел еще М. Флин, предложив в 1964 году свою ставшую классической классификацию архитектуры.

Доцент ИАТЭ НИЯУ МИФИ Е. В. Крылов в работе «Вычислительная модель IBM/360/370 и параллелизм» (<http://www.iate.obninsk.ru/>) проанализировал цепочку компьютеров: M20–M220–M222–IBM/360/370 с точки зрения развития параллелизма. Он отмечает: «Выбранная цепочка интересна тем, что здесь произошли революционные изменения в организации компьютера и его использования. Нередко применяется понятие “фон-Неймановские машины”. На самом деле уже здесь появились средства, категорически не укладывающиеся в принципы архитектуры фон Неймана, например прерывание... Система IBM/360 имела блестяще реализованную

систему прерываний. Появилось средство фиксации событий, которое до сих пор лежит в основе организации параллелизма». Ну как без этих азоров начального образования (прерывание), которые постигали с трудом и постепенно, можно сразу подняться на вершины параллелизма («правильной структуризации алгоритмов»)? К началу разработки ЕС ЭВМ еще не во всех отечественных машинах была даже простейшая система прерываний. Но это не единственный вклад IBM 360 в развитие параллелизма. Как правильно отмечается в этой работе, «параллелизм появляется, если появляются асинхронные процессы, управляемые событиями». С этой точки зрения и разрабатывалась архитектура IBM 360, направленная на автономную организацию обмена данными центральным процессором, процессором ввода-вывода и подсистемой памяти на верхнем уровне и на независимую организацию обработки данных управляющих (блок команд, блок управления памятью) и операционных устройств — на нижнем (внутри центрального процессора).

Параллелизм, поддерживаемый операционной системой IBM 360 и особенно IBM 370, принципиально отличающийся наличием виртуальной памяти, определяется новыми режимами управления задачами. Их более тесное соединение с аппаратными средствами и является главным достижением архитектуры IBM 360/370/3090 в научной и практической проблематике параллелизма.

За рубежом и особенно у нас в стране некоторые специалисты предрекали недолгое существование архитектуры IBM 360 (этим часто объяснялась критика правильности выбранного пути). Но вопреки критике архитектура ЭВМ общего назначения — архитектура массовых машин — продержалась почти полвека. Естественно, не в стационарном застывшем виде, а в эволюционно развивающемся в соответствии с пользовательской актуальностью. Это развитие было направлено на удовлетворение новых пользовательских запросов: снижение стоимости (переход с ЭСЛ-технологий на технологии КМОП); расширение функциональных возможностей (векторные вычисления); расширение сетевых возможностей (протокол TCP/IP); расширение возможности использования нетрадиционных приложений (UNIX, Windows); расширение возможностей использования (суперсерверы).

Это тот путь развития, который продлил жизнь архитектуре IBM 360/370/3090. Но это еще и действия, которые продлили жизнь десяткам и сотням ранее созданных вычислительных центров, автоматизированных систем и сетевых устройств. Благодаря чему был сохранен наработанный задел и не потребовалось продолжительных и трудоемких новых разработок. Если в то время и были какие-то сомнения в архитектуре IBM 360, то после стольких лет ее практического использования их

сняло само время. Нам остается только отдать должное таланту и предвидению разработчиков этой архитектуры. И всё это богатство было перенесено на отечественную почву не путем копирования, а благодаря длительному и творческому периоду работы по проекту ЕС ЭВМ.

Новые технологии обработки информации IBM 360/370/3090 выводили караван истории вычислительной техники на магистральный путь — глобальные параллельные вычисления. Первой пробой в этом направлении стала суперскалярная архитектура. Группа гонщиков (CDC в 1964 году и IBM в 1966-м) пошла с этими идеями в отрыв, но, проведя разведку боем, вскоре вернулась в караван. Уровень микроминиатюризации элементной базы еще не достиг необходимого уровня для реализации подобных архитектур. А само сражение за суперскаляр развернулось только в 1980-м, когда IBM вернулась к этой архитектуре на технологии TSM. В 1985-м с архитектурой суперскаляр рванул вперед «Эльбрус-2». Но большая группа гонщиков в майках Intel с эмблемой суперскаляр уже прочно обосновалась в лидирующей группе каравана. Так в жизни бывает: сначала кажется рано, потом — поздно, а затем вопрос отпадает сам собой.

Прогресс промышленности базовых технологий к середине 1970-х разогнал караван до скорости суперкомпьютеров. Сеймур Крэй покидает CDC, организует свою фирму и один в 1976 году уходит в серьезный отрыв с идеями векторно-конвейерной архитектуры суперЭВМ. Его поддержали японские фирмы, например NEC. Идея оказалась плодотворной, дала существенное приращение производительности и верно служит до сих пор при создании современных суперЭВМ.

В конце 1990-х появилась массово-параллельная архитектура в лице той же IBM. Разработку многопроцессорных систем на основе большого количества микропроцессоров она начала с системы S10. К американским фирмам присоединились японские, китайские и фирмы некоторых других стран, в том числе и российских. С середины 1980-х годов проблематикой суперкомпьютеров начал заниматься НИЦЭВТ. Гонку в 2015 году возглавил Китай. Научно-технические, экономические и военно-стратегические достижения любой страны на современном этапе развития невозможны без использования современных мощных электронно-вычислительных средств. Сегодня стран — обладателей самых мощных суперкомпьютеров только в списке Тор-500 насчитывается 58. Ежегодно новыми обладателями мощных компьютеров становятся около десяти стран мира.

Караван истории катится дальше. В отличие от ралли, у него нет финиша и нет победителей. Главное для него — вечное движение вперед. Кто способствует этому движению или хотя бы поддерживает его — тот и лидер, и победитель. Караван — это

сосредоточение и обобщение всех достижений мировой вычислительной техники. Находиться в караване — значит находиться на уровне мировых достижений. Конечно, гонщики стремятся уйти в отрыв, но у них есть и другая цель. Поскольку каждый из них олицетворяет научно-технический престиж своей страны, то их главная задача удержаться в пелотоне, не уйти в безнадежный «отвал». (Так называют группу гонщиков, которые идут позади пелотона.)

Проект ЕС ЭВМ с начала своего существования уверенно держался в пелотоне. Быстро прогрессируя, к середине 1980-х он сократил первоначальное стартовое отставание до «шаговой доступности» (отставание на одну генерацию ЭВМ). Разработка последних старших машин показала, какой огромный путь совершенствования и реализации за эти годы прошли отечественные технологии ВТ. Это путь от мелкосерийного до автоматизированного с применением робототехнических устройств крупносерийного производства высокотехнологичного продукта, который, по заверениям зарубежных специалистов, в СССР производиться не может. Причину этого они видели в том, что «страны СЭВ слабы в сфере производства компьютеров, поскольку они не располагают как соответствующим оборудованием, так и ноу-хау, необходимыми для серийного производства высококачественных изделий». И если в одном предложении отразить вклад этого проекта в историю отечественной вычислительной техники, то это можно выразить примерно так: ЕС ЭВМ восприняла мировой опыт техногенной культуры, творчески обогатила его отечественной практикой и внедрила в структуру разработки и производства, создав и реализовав новые отечественные компьютерные технологии вычислительной техники третьего поколения. И это отметил весь мир на двух международных выставках ЕС ЭВМ 1973 и 1979 годов.

И это оценили специалисты IBM, которые посетили в конце 1980-х МПО ВТ в Минске и познакомились с разработкой и технологиями производства, отметив, что и у нас на конвейере теперь стоят не красивые женщины, а роботы. И, наконец, КОКОМ «не стал запирает ворота конюшни, когда лошадь убежала» (американская пословица) и разрешил поставку в СССР ЭВМ уровня ЕС-1066, доступ к технологиям которых тщательно контролировался.

И еще один аспект результата проекта ЕС ЭВМ. Производство и ценность компьютеров для страны стимулируется и определяется тем, как легко и эффективно они могут осваиваться пользователем. В этом плане одной из интегральных оценок этой работы стала поздравительная телеграмма от пользователя (ВНИИЭФ, г. Саров), в которой сообщалось, что ЭВМ ЕС-1066 (один из первых серийных образцов) введен в эксплуатацию спустя две недели после его поставки. Это был значительный успех



Руководители МРП СССР на международной выставке ЕС ЭВМ. В центре: заместитель министра радиопромышленности, академик В.С. Семенихин

и наглядное практическое достижение разработчиков НИЦЭВТ. И особенно приятное, поскольку ЭВМ ЕС-1066 — это не просто очередная машина «Ряда». Это концентрация научных, производственных и пользовательских достижений, итог работы по проекту ЕС-ЭВМ за 15 лет. Если нет запроса от потребителя, то нет и прогресса. Даже такая высокопроизводительная машина, как ЭВМ ЕС-1066 (за время производства выпущено 422 машины), легко осваивалась пользователем. Это говорит о том, что за эти годы проект ЕС ЭВМ подготовил квалифицированного пользователя, усилиями которого компьютерные технологии проникли практически во все «поры» хозяйственного и оборонного комплекса страны.

Только за первые десять лет по программе ЕС ЭВМ в социалистических странах было разработано 240 типов устройств ЕС ЭВМ. За годы сотрудничества разработан 31 тип процессоров, из них 17 — в СССР. Впервые в практике социалистических стран был освоен выпуск дисковых накопителей (11 типов), включая накопитель мирового уровня емкостью 635 Мбайт. Были разработаны накопители на магнитной ленте (8 типов), включая накопитель ЕС 5027 с плотностью записи 246 импульсов на 1 мм.

Пользователям поставлялись дисплейные комплексы ЕС 7920, накопители на гибких магнитных дисках, мультиплексоры передачи данных и процессоры телеобработки. В СССР периферия ЕС ЭВМ стала единой для всех универсальных ЭВМ. Эти результаты говорят о том, что задача создания промышленности ВТ была успешно выполнена.

По проекту ЕС ЭВМ было выпущено более 20 тыс. ЭВМ различной производительности. Произведены сотни тысяч устройств периферии, больше десяти операционных систем. Создан и адаптирован беспрецедентный объем прикладного ПО. Всё это обеспечивалось современной промышленностью средств ВТ — новой отечественной отраслью народного хозяйства, рождение которой ознаменовалось созданием Государственного комитета по вычислительной технике и информатике (ГКВТИ) СССР. Потенциал этой отрасли образно отражает фотография участников совещания, на котором присутствовали 56 представительств заказчика по проблематике ЕС ЭВМ, работавших во многих республиках нашей страны на крупнейших предприятиях и в научно-исследовательских институтах.

Заключение

К началу 1990-х годов НИЦЭВТ, как и другие участники проекта ЕС ЭВМ, хотя и с задержкой по отношению к основным гонщикам пелотона, но успешно перешел на элементную базу четвертого поколения. Приобретенный опыт, знания и умения, технологическая база, а также созданный промышленный потенциал позволяли в рамках проекта ЕС ЭВМ решать новые масштабные задачи практически по всему спектру вычислительной техники — от персональных ЭВМ до суперкомпьютеров — с учетом, но без оглядки на IBM.

Программа ЕС ЭВМ «Ряд-4» определяла опытно-конструкторские работы, «реализующие основные интеллектуальные черты вычислительных систем (ВС): естественную форму общения пользователя с ЭВМ, автоматизированное формирование программ непосредственно конечным пользователем, использование баз данных». Вместе с этим программа предусматривала работы по дальнейшему расширению функциональных возможностей ЭВМ и использованию нетрадиционных архитектур при разработке систем сверхвысокой производительности и спецпроцессоров.

Конкретно «Ряд-4» предполагал разработку:

- ЭВМ Единой системой: ЕС-1107, ЕС-1130, ЕС-1131, ЕС-1170, ЕС-1170, ЕС-1171, ЕС-1181;
- ЭВМ сверхвысокой производительности: ЕС-1191 и ЕС-1710;



Участники совещания представительств заказчика по проблематике ЕС ЭВМ. В центре: К.Т. Трофимов

- вычислительных систем и комплексов сверхвысокой производительности на базе ЕС ЭВМ и спецпроцессоров: матричного ЕС 2712 с программируемой архитектурой и динамической архитектурой ЕС 2723 и другими серийно выпускаемыми спецпроцессорами;
- персональных профессиональных ЭВМ;
- терминальных ЭВМ со встроенными средствами телеобработки данных;
- накопителей на жестких магнитных дисках диаметром 200 мм емкостью 300, 600, 1200 и 2400 Мбайт;
- накопителя на магнитном диске ЕС 5312 диаметром 133 мм емкостью 51 Мбайт;
- накопителя на магнитном диске диаметром 89 мм емкостью 19,1 Мбайт;
- двухшпиндельного накопителя ЕС 5059.01 емкостью 2520 Мбайт;
- архивных накопителей на оптических дисках;
- накопителей на гибких магнитных дисках (НГМД) и многое другое.

Подобной программы Россия, к сожалению, не имеет до сих пор. НИЦЭВТ в рамках этой программы непосредственно занимался разработкой ЭВМ ЕС-1181, ЕС-1191,

ЕС-1710 и вычислительных систем на их основе. Программа была утверждена и начала реализовываться в 1988 году. Она имела все шансы на успех, гарантированный не только опытом предыдущих достижений, но и ответственным вниманием государства к развитию вычислительной техники. Конкретно это выражалось в том, что специалисты (технологи) НИЦЭВТ под эгидой ГКВТИ были командированы за рубеж для изучения технологических достижений производства средств ВТ. Закупались не только отобранные ими технологии, автоматизированные линии, но и целые заводы. Кстати, разрешение КОКОМ на поставку в страны СЭВ этих технологий также связано с достижениями ЕС ЭВМ. Один из таких примеров — завод с полным циклом автоматизации производства накопителей на магнитных дисках, строительство которого началось в Пензе. Всё оборудование было поставлено в 1990 году, но, как говорят у нас в России, осталось «под снегом» вследствие известных событий. Примерно такая же участь постигла и другие закупленные технологии.

Таким образом, в начале 1990-х годов проект ЕС ЭВМ в целом и НИЦЭВТ в частности обладал потенциалом, способным вывести отечественную вычислительную технику на такой уровень, который позволил бы нашей стране претендовать на место в элитном клубе мировых лидеров в области вычислительной техники. В это время пелотон на базе БИС, СБИС и микропроцессоров продолжал уверенно развивать скорость, с большим ускорением приближаясь к пределу микроминиатюризации элементной базы классических ЭВМ и переходу в зону квантовых технологий. Но группа отечественных гонщиков на этой скорости разбилась о неожиданно возникшую стену. Пострадала не только техника, но и человеческие судьбы. Распались и сошли со сцены высококвалифицированные коллективы разработчиков, системных и прикладных программистов АСУ. Ни одна страна в мире не могла позволить себе такой «роскоши». Одни сошли навсегда, а другие, как например НИЦЭВТ, после большой паузы, в 2000-е годы вернулся в пелотон и продолжил движение. Но там уже безраздельно и с большим отрывом инициативой владели те, которые сохранили коллективы, в первую очередь направление и темпы движения. Это знакомые нам фирмы США — IBM и Cray, японские корпорации, а в последнее время и Китай.

Вспомним из теории, что если две системы, обрабатывающие информацию, могут взаимно использовать как аппаратные, так и программные средства друг друга, то они логически эквивалентны. И если одна из них (IBM) в своем развитии сегодня определяет мировой уровень вычислительной техники, то и вторая (ЕС), развиваясь, могла стать ей эквивалентной. А это значит, что выбранное в 1967 году направление было правильным.

* * *

Автор признателен всем, кто принимал участие в создании старших моделей ЕС ЭВМ, а также в создании высокопроизводительных комплексов и систем на их основе. За предоставление материалов, ценные предметные и редакционные замечания автор выражает особую благодарность Б.Б. Автономову, В.П. Горелову, Н.С. Кулакиной, А.П. Лобзину, Г.В. Мишняковой, В.И. Павлову, В.У. Плюснину, Д.Л. Файнбергу, Ю.Н. Фомичёву, И.С. Храмцову, В.И. Штейнбергу, О.В. Щёголевой.

Литература

1. **Пржиялковский В.В., Ломов Ю.С.** Технические и программные средства ЕС ЭВМ. — М.: Статистика, 1980.
 2. **Ломов Ю.С.** ЭВМ высокой производительности ЕС-1066 и ЕС-1065 // Электронная вычислительная техника: сб. ст. / под ред. В.В. Пржиялковского. — Вып. 1. — М.: Радио и связь, 1987.
 3. **Антонов В.С., Соловьев С.П., Шульгин А.А. [и др.]**. Электронная вычислительная машина ЕС-1050. — М.: Статистика, 1976.
 4. Вычислительная техника социалистических стран: сб. ст. под общей ред. М.Е. Раковского. — Вып. 1–6, 1969–1979 гг.
 5. **Капитонова Ю.В., Летичевский А.А.** Парадигмы и идеи академика В.М. Глушкова. — Киев: Наукова думка, 2003.
 6. **Штейнберг В.И.** От «Радонов» до «Аргонов»: к истории разработки средств вычислительной техники в НИЭМ–НИЦЭВТ–НИИ «Аргон» по заданиям НИИ-5–МНИИПА для АСУ ПВО страны // Материалы конференции, посвященной 100-летию А.Л. Лившица; ОАО «ГСКБ «Алмаз-Антей», Москва, 31 октября 2014 г.
 7. **Штейнберг В.И.** К истории создания мобильных средств вычислительной техники для АСУ войсками фронта «Маневр» // Труды 3-й Международной конференции «Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР: история и перспективы» (SORUCOM-2014), Казань, 13–17 октября 2014 г.
-

Владимир Трушкин

Советские домашние компьютеры 1980-х: краткая история

Вступление

Уважаемые читатели!

Позвольте сначала объяснить причины написания этой статьи. Приняв участие в обсуждении видеороликов и статей в Интернете, посвященных советским персональным компьютерам (ПК) и игровым приставкам, можно обнаружить немало комментариев, с одной стороны, приятно-изумленных типа «А я и не знал, что в СССР были компьютеры!» или «Оказывается, наши компьютеры были очень даже ничего!». С другой стороны, встречаются и враждебно-скептические высказывания: дескать, ну-ну, подумаешь, советские компьютеры, всем известно, что все «совковое» — это отстой, что за границей ПК и игровые приставки появились чуть ли не на десять лет раньше и были в десять раз лучше. После этого становится понятно: подробной и достоверной информации об отечественных ПК явно не хватает, что и приводит зачастую к странным оценкам этих ПК.

К сожалению, объем книги ограничен, а ее формат не позволяет опубликовать фотоматериалы в надлежащем качестве и разрешении.

Расширенный вариант статьи «Советские домашние компьютеры 1980-х: краткая история» размещен на сайте Виртуального компьютерного музея — <http://www.computer-museum.ru/articles/?article=897>

Автор выражает огромную благодарность веб-сайтам и людям, предоставившим для статьи фотографии советских домашних ПК и микропроцессоров:

<http://retropc.org/>

<http://zxbyte.ru/>

<http://www.cpu80.ru/>

Алексею Морозову (vinxru)

Часть 1

Вообще говоря, история советских ПК, особенно домашних, настолько редко освещалась в литературе, что многие годы она оставалась почти неизвестной даже людям, имеющим непосредственное отношение к компьютерам. При этом каноническая история зарубежных ПК, начиная от первых микропроцессоров (Intel 8080, Zilog Z80, MOS6502...), микроЭВМ (Altair и др.) и ПК (Apple II, IBM PC и т. д.), многим прекрасно знакома, поскольку она уже на протяжении трех десятков лет кочует из книги в книгу и из учебника в учебник.

Прежде чем начать рассказ об отечественных домашних компьютерах, давайте вспомним, какие события предшествовали их появлению в середине 80-х годов XX века.

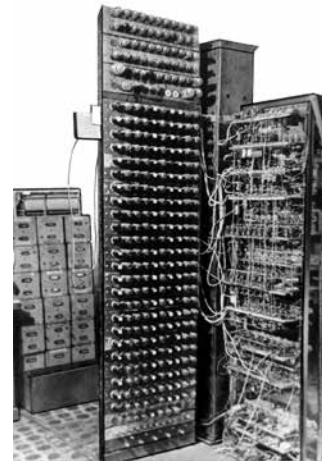
Во-первых, надо напомнить, что Советский Союз в 1950–1970-е годы являлся одним из мировых лидеров в сфере разработки и производства компьютерной техники. В конце 1940-х — начале 1950-х в СССР были созданы первые в континентальной Европе ЭВМ (МЭСМ, М-1 и т. д.), в 1960-е — одни из первых серийных суперкомпьютеров, в том числе знаменитая БЭСМ-6 с быстродействием более 1 млн операций с плавающей запятой в секунду, в модернизированном виде выпускавшаяся вплоть до 1980-х годов.

Во второй половине 1960-х были разработаны очень удачные компактные ЭВМ для инженерных расчетов серии МИР, ставшие непосредственными предшественниками персональных ЭВМ. Они уже были рассчитаны на индивидуальную работу с ними не только специально обученных программистов, но и инженеров — специалистов в разных областях.

Причем в те годы технологии развивались стремительно. Например, первые интегральные микросхемы советского производства, включающие несколько десятков транзисторов, появились в середине 1960-х, а к середине 1970-х, то есть менее чем через 10 лет, в СССР уже начался выпуск микропроцессоров и других сложных микросхем, содержащих тысячи транзисторов. Первые советские универсальные микропроцессоры и микроЭВМ на их основе были разработаны в 1974 году, практически



Первые советские ЭВМ МЭСМ



Первые советские ЭВМ М-1 (1951)



Завод «Счетмаш», технолог проводит контрольную проверку ПЭКВМ «Искра-226». 1984 г.

одновременно с появлением аналогичных устройств за рубежом. Это были секционные процессоры серий К532 (позже переименованной в К587) и К536, на основе которых в 1970-е годы сконструировано несколько удачных серийных 16-разрядных микроЭВМ.

Затем на базе архитектуры К587 были созданы микропроцессоры серий К588, К1804, К1883, а также немало других секционных и многокристалльных моделей на базе разных архитектур. В 1977 году начался выпуск 8-разрядного процессора К580ИК80 — аналога знаменитого микропроцессора 8080 корпорации Intel. На его основе впоследствии будут разработаны десятки, если не сотни, моделей советских ПК и микроЭВМ самого разного назначения.

В 1979–1980 годах разработаны одни из первых в мире 16-разрядных однокристалльных микроЭВМ (обе с оригинальной отечественной архитектурой) — К586ВЕ1 (развитие серии К536) и К1801ВЕ1 (продолжение линии К587), а в 1981-м на базе последней создан однокристалльный 16-разрядный микропроцессор К1801ВМ1 с системой команд очень популярной в то время американской мини-ЭВМ PDP-11. Этот процессор стал родоначальником целой семьи советских 16-разрядных микропроцессоров, на которых также было создано множество моделей ПК.

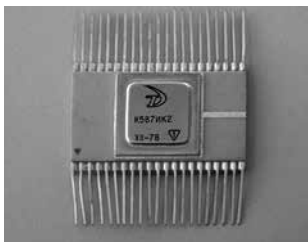
Появление сравнительно дешевых микропроцессоров, оперативной памяти (оперативное запоминающее устройство — ОЗУ) и других компонентов на основе микросхем высокой степени интеграции и стало той отправной точкой, с которой началось развитие персональных ЭВМ, — теперь компьютеры могли быть гораздо проще по конструкции и доступнее по цене. Однако сама концепция создания малогабаритного компьютера для индивидуального, личного использования в те годы была новой и непривычной. Компьютеры тогда, как правило, занимали целые машинные залы с тоннами разного оборудования и многочисленным обслуживающим персоналом. Соответственно, и пользователями каждой такой ЭВМ могли быть десятки и сотни человек.

Лишь к концу 1970-х был налажен промышленный выпуск устройств, которые сегодня принято называть персональными компьютерами. В СССР производство первых настольных ЭВМ класса ПК — «Искра-1256» — началось в 1979 году. Причем это были не какие-то простейшие компьютеры, а вполне серьезные машины с объемом ОЗУ до 64 Кбайт и с возможностью подключения разнообразных периферийных устройств. «Искра-1256» оснащалась процессором с тактовой частотой 3 МГц, монохромным текстовым монитором и встроенным накопителем-магнитофоном на компакт-кассете.

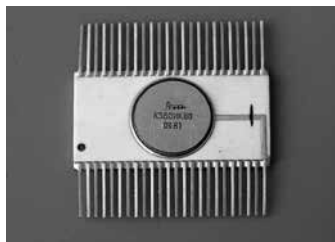
В самом начале 1980-х появился еще ряд интересных моделей советских ПК: «Искра-226» с графическим дисплеем довольно высокого разрешения — 512×256 точек, бухгалтерский компьютер «Искра-555», «ВЭФ-Микро» на базе К580ИК80, диалоговый вычислительный комплекс ДВК-1 с уже упоминавшимся 16-разрядным процессором К1801ВМ1. На рубеже 1970–1980-х годов были разработаны и первые любительские ПК в СССР, например знаменитый «Микро-80», о котором в 1982–1985 годах весьма популярный в то время журнал «Радио» опубликовал большой цикл статей.

Конечно, все советские серийные ПК конца 1970-х — начала 1980-х были чисто профессиональными моделями, предназначенными для сугубо делового применения. В то время люди только-только начали привыкать к персональным ЭВМ, которые, кстати, и стоили не так уж мало — примерно как автомобиль, а то и больше. О выпуске каких-то «игрушечных» компьютеров для домашнего применения речь, разумеется, пока не шла. Впрочем, нечто подобное в СССР всё же производилось: советские телевизионные игровые приставки выпускались с 1978 года, но они были в сотни раз проще и дешевле, чем тогдашние ПК. В 1981 году был также разработан мощный 16-разрядный универсальный ПК «Электроника НЦ-8010», вполне подходящий на роль домашнего (см. ниже), но тогда, видимо, время таких ПК еще не пришло.

Однако всего через пару лет ситуация заметно изменилась: примерно с 1982–1983 года за рубежом персональные компьютеры стали массовым видом электроники,



Микропроцессор К587ИК2



Микропроцессор К580ИК80



Микропроцессор К1801ВМ1

в том числе и для домашнего использования. Естественно, советское руководство и промышленность, а также любители-энтузиасты не могли на это не отреагировать. В 1981 году началась разработка универсального ПК «Агат» в основном учебного назначения (в 1982-м выпущены первые его прототипы), а в 1983 году был создан первый отечественный бытовой компьютер «Электроника БК-0010», причем его конструкция была максимально упрощена и удешевлена за счет применения специализированных микросхем на базе универсальных вентиляльных матриц — он содержал всего 44 микросхемы. Для сравнения: у первой модели «Агата» их было более 300! Правда, внедрение этих ПК в массовое производство сильно затянулось и началось фактически лишь после того, как в 1985 году руководством страны было принято решение об обязательном изучении информатики в школах и, соответственно, об оснащении учебных заведений компьютерами. После этого потребность в ПК резко возросла — ведь только для минимального оснащения школ требовалось более 1 млн ЭВМ.

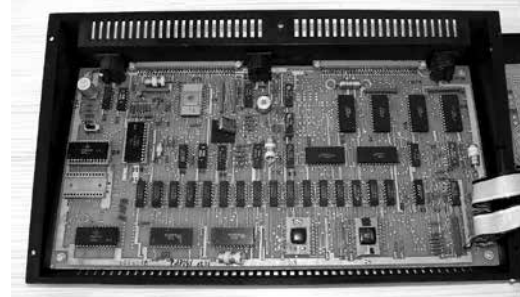
В 1984 году начался выпуск «Агатов» — полноценных, достаточно дорогих ПК, частично совместимых с американскими Apple II и снабженных черно-белыми или цветными мониторами и дисководами для гибких дисков. В том же году стартовал и мелкосерийный выпуск БК-0010, основная часть которых с 1985 года направлялась в школы, а другая поступала в продажу в фирменные магазины «Электроника», где их теоретически могли купить все желающие. Однако объем производства БК-0010 оказался не столь велик, чтобы удовлетворить спрос и учебных заведений, и частных покупателей, поэтому в первые годы купить его было непросто — обычно это делалось по предварительной записи. Впрочем, те, кому действительно был необходим домашний ПК, хотя и не без трудностей, но так или иначе находили возможность его приобрести.

Легендарная «Бэкашка»

История создания БК-0010 оказалась непростой и достаточно долгой. Еще в 1979 году в зеленоградском Научно-исследовательском институте точной технологии (НИИ ТТ) был разработан первый вариант недорогого компактного персонального компьютера для широкого применения «Электроника НЦ-8010», способного работать совместно с телевизором в качестве устройства отображения информации и с магнитофоном для хранения информации. Его окончательная конструкция появилась в 1981 году. Это был мощный 16-разрядный двухпроцессорный (!) ПК на основе однокристалльных микроЭВМ К1801ВЕ1 с архитектурой «Электроника НЦ», на базе которой в НИИ ТТ с середины 1970-х годов было спроектировано несколько удачных универсальных микроЭВМ. ПК НЦ-8010 имел 64 Кбайт ОЗУ и графику 512×256 точек.



БК-0010



БК-0010: внутри

Затем он неоднократно перерабатывался с целью упрощения конструкции и в соответствии с решением руководства Министерства электронной промышленности СССР о полном переходе на архитектуру PDP-11.

В результате к началу 1983 года был создан тот самый БК-0010, ставший основой для серийного ПК, производство которого было освоено заводом «Экситон» в подмосковном Павловском Посаде. В том же 1983 году завод выпустил первые несколько десятков компьютеров (главные конструкторы ПК — А.Н. Полосин и С.М. Косенков). Интересные подробности о создании НЦ-8010 и БК-0010, а также других отечественных ПК можно найти в замечательной статье Б.М. Малашевича «Зеленоградские бытовые и школьные компьютеры. Инициатива наказуема исполнением» (http://www.electronics.ru/files/article_pdf/0/article_477_336.pdf).

Итак, в середине 1984 года в Советском Союзе на прилавках магазинов «Электроника» наконец-то появился первый отечественный домашний компьютер — «**Электроника БК-0010**». Стоил он сначала 540, затем 600 рублей — примерно как цветной телевизор или хороший музыкальный центр, что было не дешево, но вполне доступно для большинства населения. Надо заметить, что к тому времени люди, увлекающиеся вычислительной техникой, из книг и журналов уже хорошо знали, что такое ПК и зачем он нужен, поэтому интерес к БК-0010 был велик. А когда в 1986 году главный советский научно-популярный журнал «Наука и жизнь» начал публиковать материалы о БК-0010, о нем узнали миллионы читателей. С другой стороны, не следует преувеличивать спрос на такие ПК в те годы и их значение — большинство людей вполне логично воспринимали их как дорогую игрушку, не имеющую серьезного практического применения. Но для любителей-энтузиастов появление в продаже домашних компьютеров стало важнейшим событием.



КР1801ВМ1

Процессор

Первое, что следует отметить, это была совершенно оригинальная советская разработка, не имеющая явных зарубежных прототипов. Второе — это был один из первых в мире полностью 16-разрядный домашний компьютер. Причем во многих источниках написано еще конкретнее: первый в мире домашний 16-разрядный ПК. То есть у БК были 16-разрядный процессор, 16-разрядное ОЗУ, 16-разрядное ПЗУ и 16-разрядный видеоконтроллер, поэтому и передача данных шла сразу 16-битными словами, и обработка в процессоре тоже выполнялась сразу над 16 битами данных; все регистры процессора, естественно, тоже были 16-разрядными. Напомню, в те годы подавляющее большинство недорогих ПК были либо полностью

8-разрядными, либо частично 16-разрядными, поэтому выпуск полностью 16-разрядного бытового ПК стал большим шагом вперед.

Процессор БК-0010 — знаменитый К1801ВМ1 — содержал 50 тыс. элементов (около 17 тыс. транзисторов), в то время как процессоры 8-разрядных ПК — всего лишь от 3,5 до 8,4 тыс. транзисторов, что уже говорит о явном преимуществе 16-разрядных. Отмечу, что чем выше разрядность процессора, тем быстрее он производит сложные вычисления и в среднем быстрее обрабатываются данные, особенно многоразрядные (16, 32, 64 бит и т. д.), но скорость выполнения простых программ и несложных вычислений непосредственно от разрядности почти не зависит. При этом скорость работы процессора во многом зависит от тактовой частоты и его архитектуры, особенно от способности выполнять несколько команд одновременно (наличия конвейерной обработки). Так вот, процессор БК-0010, представлявший первое поколение 16-разрядных микропроцессоров (МП), как и большинство применявшихся в то время зарубежных 16-разрядных процессоров, на практике по скорости работы чаще всего мало отличался от типичных 8-разрядных моделей, зато К1801ВМ1 был гораздо удобнее для программиста, поскольку имел чрезвычайно удачную и любимую многими систему команд машины PDP-11. Процессор БК работал на достаточно высокой частоте — 3 МГц (причем К1801ВМ1 мог штатно работать на частоте до 5 МГц, а на практике и до 6 МГц), однако значительно тормозился контроллером памяти и дисплея, снижавшим его производительность примерно на 20–30%. В результате максимальная скорость процессора при исполнении программ в ОЗУ была всего 250 тыс. оп/с. Впрочем, 16-разрядная архитектура с удачной системой команд позволяла БК вполне уверенно конкурировать по скорости с типичными 8-разрядными

ПК, оснащенными процессорами с максимальной производительностью 500 000–1 000 000 оп/с.

ОЗУ и ПЗУ

Кроме процессора, важное значение имеют и другие параметры компьютера: объем ОЗУ и постоянной (постоянное запоминающее устройство — ПЗУ) памяти, графические и звуковые возможности, особенности клавиатуры, способность работать с внешними устройствами, возможности расширения. По этим параметрам БК-0010 находится на вполне нормальном среднем уровне, не слишком отличаясь в ту или иную сторону от зарубежных аналогов середины 1980-х. А советских аналогов в то время просто не существовало.

Объем оперативной памяти составлял 32 Кбайт и был поровну поделен между видеопамятью, в которой хранилось изображение, выводимое на экран, и памятью для программ пользователя. То есть для хранения программ и данных выделялось всего около 16 Кбайт — это не много, но не так уж и мало: аналогичная ситуация с памятью, а то и гораздо хуже, была и на многих зарубежных домашних ПК. Даже первые IBM PC в самой простой, но отнюдь не дешевой (1565 долларов США без всякой периферии) комплектации имели всего 16 Кбайт ОЗУ, наряду с недорогими вариантами таких популярных ПК тех лет, как ZX Spectrum, Acorn BBC и др. А известнейший Commodore VIC-20 (предшественник Commodore 64), в начале 1980-х первым среди всех ПК преодолевший планку в 1 млн проданных экземпляров, имел всего 5 (!) Кбайт ОЗУ. Кстати, главный американский заочный конкурент БК — TI-99/4A (также имевший 16-разрядный процессор) — был укомплектован просто издевательским ОЗУ пользователя: всего-навсего 256 байт! Правда, видеопамять у 99/4A тоже составляла 16 Кбайт.

Под постоянную память (ПЗУ) в БК-0010 было отведено 32 Кбайт, из которых обычно использовалось лишь 24 Кбайт, то есть установлено три микросхемы по 8 Кбайт и одна панелька оставалась пустой — туда при необходимости можно было воткнуть ПЗУ с программами пользователя. Причем два гнезда для ПЗУ (одно из которых пустое) находились под специальной съемной крышкой, расположенной прямо на передней панели БК слева от клавиатуры. Таким образом, для замены ПЗУ даже не нужно было разбирать корпус. Забегая вперед, заметим, что и клавиатура БК-0010 предполагала простую возможность замены обозначений клавиш, то есть разработчики предусмотрели все, чтобы пользователь, заменяя ПЗУ и даже меняя обозначения клавиш, мог легко адаптировать его под свои собственные задачи.

Впрочем, подавляющее большинство владельцев БК использовали стандартные ПЗУ из комплекта ПК и не испытывали потребности в замене раскладки клавиатуры. К тому же имелась еще одна маленькая деталь: сделать собственные ПЗУ для замены штатных было не просто: микросхемы постоянной памяти КР1801РЕ 2, применявшиеся в БК, программировались только на заводе в процессе изготовления кристалла микросхемы (так называемые «масочные ПЗУ») и «прошить» их самостоятельно, с помощью какого-либо программатора, не представлялось возможным. Микросхемы КР1801РЕ 2 можно было заменить аналогичными по структуре ППЗУ (программируемые ПЗУ) К573РФ3 с ультрафиолетовым (УФ) стиранием, но они были в большом дефиците и малодоступны; использовать какие-то более распространенные микросхемы (например, популярные 8-разрядные ППЗУ с УФ-стиранием) теоретически было возможно, однако более сложно из-за специфичности архитектуры КР1801РЕ 2 и К573РФ3 (они специально рассчитаны на подключение к 16-разрядной шине МПИ).

Посмотрим, что находилось в ПЗУ БК-0010. Главная его часть — программа-монитор и драйверы устройств, занимавшие одну 8-килобайтную микросхему. Здесь же находились важнейшие драйверы, обеспечивающие ввод с клавиатуры, вывод на экран, работу с магнитофоном и т. д., а также простая программа-монитор, которая использовалась в основном для загрузки и запуска программ в машинных кодах. Вторая микросхема ПЗУ на 8 Кбайт — это тестово-диагностическая программа, позволявшая проверить работоспособность всех устройств БК. Естественно, на нормально работающем компьютере она была просто не нужна и вообще использовалась редко, поскольку особых проблем с надежностью у этого ПК не было. Наконец, третью микросхему занимал интерпретатор языка Фокал (расшифровывается как «формульный калькулятор»).

Наличие в ПЗУ Фокала вместо уже стандартного в то время Бейсика служило одной из главных мишеней для критиков БК-0010. Действительно, программ на Бейсике тогда публиковалось огромное количество, а Фокал был известен даже не всем программистам. Однако сам по себе Фокал считался простым и достаточно удобным языком, позволявшим создавать программы любого назначения. И хотя у него имелись некоторые важные отличия от Бейсика, они были направлены на упрощение программирования, так что освоение Фокала выглядело ничуть не более сложным, чем обучение Бейсику. Владельцы БК быстро привыкали к Фокалу и особых неудобств от его наличия вместо Бейсика вроде бы не испытывали. При этом Бейсик тоже можно было использовать, загружая его в оперативную память с магнитофона.

Правда, объем ОЗУ пользователя и без того был невелик, так что в этом случае для программ на Бейсике оставались считанные килобайты.

Использование в БК-0010 Фокала оставалось большой загадкой для всех его владельцев. Однако все объясняется просто. Дело в том, что на момент начала выпуска БК для подобных ПК уже был разработан почти подходящий компактный, размером около 8 Кбайт, интерпретатор Бейсика — так называемый Бейсик-ДВК (версия, адаптированная для компьютеров ДВК), но он отличался чрезвычайно низкой скоростью работы и отсутствием поддержки графики. Вряд ли разработчиков БК смутила скорость работы, скорее всего, они просто не смогли уместить эту версию Бейсика, переделанную для БК с добавлением графических и других команд, в 8-килобайтное ПЗУ.

В то же время для PDP-совместимых компьютеров существовала версия интерпретатора Фокала размером около 6 Кбайт. Даже после расширения простейшими функциями работы с графикой и магнитофоном она легко помещалась в 8-килобайтное ПЗУ вместе с полными текстами сообщений об ошибках и краткой справкой об управляющих клавишах, командах и функциях Фокала. К тому же программы на Фокале работали нередко в разы быстрее, чем на Бейсике-ДВК. Были у Фокала и другие достоинства.

В этих условиях разработчики БК-0010 приняли в 1983 году простое решение: не пытаться создать новый Бейсик размером до 8 Кбайт либо отвести под него 16 Кбайт, либо ужать существующий Бейсик-ДВК (который и без того был очень упрощенной версией), а взять уже готовый, очень компактный интерпретатор Фокала. Впрочем, разработку нового транслятора Бейсика специально для БК все же заказали Вильнюсскому госуниверситету, и в 1985 году вышла первая его версия размером 9 Кбайт для загрузки в ОЗУ БК с кассеты, а в 1986 году — 24-килобайтная версия для размещения в ПЗУ (о вильнюсском Бейсике речь пойдет ниже).

Графика и звук

БК-0010 имел чисто графический экран с двумя основными разрешениями: 256 строк по 512 точек в строке и 256 строк по 256 точек. Первое поддерживало только два цвета для любой точки, второе — четыре, причем эти цвета постоянны: черный, красный, зеленый и синий. Белый цвет в цветном режиме не отображался. Программируемой палитры не было. Специальный текстовый режим с минимальным объемом видеопамати отсутствовал: как и на многих других ПК, символы выводились в графическом режиме в виде маленьких картинок, что позволяло без особых проблем показывать на экране любые символы и буквы любых алфавитов. На экране

отображалось 24 строки по 32 или 64 символа в каждой, вверху экрана была расположена служебная строка, на которой выводились текущие режимы работы и подсказка о назначении «функциональных» клавиш. В служебной строке отображалась и характерная для БК «гребенка», на которой отмечались заданные пользователем позиции табуляции. Имелась достаточно редкая для того времени функция аппаратного плавного вертикального скроллинга — прокрутки экрана.

БК оснащен двумя видеовыходами — цветным RGB для подключения цветного монитора или телевизора (ТВ) и черно-белым композитным — для подключения черно-белого монитора или ТВ. Правда, во многих БК выход RGB на заводе почему-то не устанавливался, и его приходилось допаивать уже самому владельцу ПК. Высокое разрешение (512×256) поддерживалось только черно-белым выходом, а при подключении через цветной изображение на экране в таком разрешении приобретало странный вид с непонятными цветными контурами и точками. При этом разобрать надписи было можно, но нормальной такую работу не назовешь. Владельцам цветных телевизоров приходилось подключать БК двумя кабелями: один от черно-белого выхода БК к композитному входу телевизора, другой — от цветного выхода БК к RGB-входу ТВ, а в процессе работы переключать входы в зависимости от разрешения, используемого в программе. Впрочем, большинство программ, особенно игровых, задействовало только цветной режим с разрешением 256×256, и частое переключение не требовалось. К тому же при работе в Фокале, Бейсике или в системном мониторе можно было с клавиатуры быстро переключать разрешение экрана, приводя его к нужному виду.

Кстати, подключить БК, как и почти все остальные отечественные ПК, к цветному телевизору в цветном режиме было не так-то просто: большинство телевизоров не имели RGB-входа, хотя на многих моделях его установка была предусмотрена. Дело в том, что до массового появления домашних ПК к видеовходам просто-напросто было нечего подключать. А устройства наподобие видеомагнитофонов или игровых телеприставок, работавших в паре с телевизором, практически всегда имели обычный антенный выход, подключающийся соответственно к антенному входу любого ТВ. В общем, владельцам БК приходилось либо производить несложную доработку своих телевизоров, либо лицезреть даже на цветном телевизоре только черно-белое изображение.

Следует заметить, что на БК существовал еще так называемый режим расширенной памяти (РП), в который можно было быстро переключиться с клавиатуры. В этом режиме для вывода изображения отводилась только верхняя четверть экрана, зато

ОЗУ пользователя расширилось до 28 Кбайт. То есть при необходимости, например для проведения сложных расчетов или создания баз данных и т. д., предусматривалась возможность значительно увеличить длину программ, не требующих задействования всего экрана. Интересно, что некоторые программы, вроде копировщиков файлов, использовали часть экранной памяти для хранения программ и данных и без перехода в режим РП — тогда на экране появлялись области шума из случайных точек случайного цвета.

Звуковые способности у БК-0010 самые обычные: никакого специального звукогенератора, звук воспроизводится чисто программно изменением бита в регистре (точнее, двух битов). Такое решение было весьма характерно для многих советских и зарубежных ПК того времени. Встречались даже компьютеры вовсе без звука, например «Роботрон-1715» (ГДР). Конечно, звучание такого синтезатора было совсем простым — обычно одноголосный звук с прямоугольной волновой формой одинаковой амплитуды, и всё. Хотя при более хитрых алгоритмах вывода звука на БК можно было синтезировать и многоголосную музыку, и шумовые эффекты, и даже имитировать изменение громкости. Кроме того, использование специального встроенного аппаратного таймера БК позволяло получить интересные звуковые эффекты. Однако в моменты воспроизведения звука процессор БК, как правило, был полностью загружен, поэтому вывод звука в процессе игры сильно тормозил работу, а о постоянном звучании музыки в игре речи обычно вообще не шло. В некоторых играх музыка все же звучала, но выводилась она короткими фрагментами, в промежутках между которыми процессор успевал выполнять другие задачи вроде перемещения объектов на экране. Или же использовались более сложные алгоритмы, действующие встроенный таймер и т. д.

Клавиатура

Еще один интересный момент — клавиатура БК-0010. Самый первый вариант БК снабжался так называемой мембранной клавиатурой, представлявшей собой совершенно ровную поверхность с отпечатанными обозначениями клавиш. Под рисунком каждой клавиши в некотором углублении находятся контакты, которые замыкаются довольно сильным нажатием пальца. Такая конструкция, как и на других ПК, использовавших подобный вариант клавиатуры (например, Atari 400), сильно отличалась от привычных объемных клавиш типа пишущей машинки и вызывала много нареканий. В результате производители БК через некоторое время заменили мембранную клавиатуру на другой вариант, внешне похожий, но внутри заметно отличный: вместо

мембранной пленочной клавиатуры были установлены обычные кнопочные переключатели с невысокими пластиковыми площадками-толкателями, а сверху все это накрывалось бумажным листом с цветными обозначениями клавиш и прозрачной защитной пленкой. Работать с такой клавиатурой было намного приятнее, хотя опять же привычная тактильная связь, характерная для объемных клавиш, здесь отсутствовала — поверхность клавиатуры оставалась совершенно гладкой, да и ход клавиш был совсем небольшой. Тем не менее этот вариант оказался довольно удачным и надежным.

Общее количество клавиш — 86, что совсем не мало. К примеру, у знаменитого ZX Spectrum их было всего 40. При этом у БК клавиши разного назначения выделены разными цветами.

Бросается в глаза не только веселенькая расцветка клавиатуры, но и большое количество непривычных и загадочных клавиш с обозначениями на русском языке: ГРАФ, ШАГ, ПОВТ, БЛОК РЕД, ИНД СУ, ЗАП, УСТ ТАБ, СБР ТАБ, ВС, ГТ и т. д. И все они выполняли какие-то важные и нужные функции. Например, кнопка ГРАФ переводила ПК в режим непосредственного рисования на экране, когда вместо привычного текстового появляется «графический» курсор, который можно перемещать с помощью стрелок, а кнопками ЗАП и СТИР включались режимы записи или стирания, чтобы курсор оставлял след (можно было выбрать один из 4 цветов) или стирал ранее нарисованное. То есть разработчики БК предусмотрели даже простейший графический редактор, встроенный в ПЗУ, и этот редактор, несмотря на свою примитивность, оказался очень полезен — он активно использовался для ввода в ПК даже весьма сложной графики (обычно она сначала рисовалась на миллиметровке или в школьной тетради в клетку, а перевести ее по точкам на экран было совсем уже просто, поэтому необходимости в использовании более сложного графического редактора часто просто не возникало).

Кнопки УСТ ТАБ и СБР ТАБ позволяли устанавливать или удалять на экране произвольные позиции табуляции (тоже весьма полезная функция), ГТ перемещала курсор на восемь позиций вправо, ШАГ позволял выполнять программу на Фокале или Бейсике пошагово (очень удобно при отладке программ), ИНД СУ включала отображение на экране управляющих символов (аналог кнопки «Пи» в современном MS Word). Кнопка ПОВТ служила для повтора последней нажатой клавиши (автоповтора при долгом удержании кнопки у БК в стандартном режиме не предусматривалось). Кстати, особенностью контроллера клавиатуры БК являлось то, что он не мог отслеживать несколько одновременно нажатых кнопок — код клавиши выдавался только один, что несколько затрудняло управление в играх. Впрочем, при использовании нестандартных приемов можно было определить и несколько нажатых клавиш.

К тому же почти во всех играх был предусмотрен выбор клавиш самим пользователем. А еще в играх очень помогал джойстик, который в этом случае, конечно, был намного удобнее клавиатуры.

БК-0010-01

Разработчики компьютера довольно быстро отреагировали на критику пользователей и в 1986 году создали усовершенствованный вариант БК под названием **БК-0010-01**, в котором исправили два наиболее спорных момента: во-первых, наконец поместили в ПЗУ Бейсик вместо Фокала, а во-вторых, поменяли клавиатуру на привычный вариант с объемными полноходовыми кнопками. При этом число клавиш сократили до 74, и качество клавиатуры вызвало не меньше замечаний, чем у первых моделей. Дело в том, что клавиши БК-0010-01 имели не слишком удачную конструкцию и были подвержены такому явлению, как «дребезг контактов», когда при однократном нажатии кнопки выдается сразу несколько одинаковых символов. Эта проблема в большей или меньшей степени присутствует во всех типах клавиатур, но обычно легко решается программным или аппаратно-программным способом. К сожалению, в БК-0010-01 предусмотренные конструкторами меры по защите от «дребезга контактов» оказались недостаточными, и в этом отношении новая клавиатура была явно хуже старой. Впрочем, пользователи БК как могли сами решали эту проблему, переделывая разными способами кнопки или просто нажимая на них короткими, четкими ударами. Интересно, что в новой модификации БК была убрана съемная крышка на передней панели для быстрой замены ПЗУ, да и способность замены обозначений клавиш пропала со сменой типа клавиатуры — словом, возможности адаптации компьютера под задачи пользователя несколько снизились. Видимо, это было сделано в связи с очень малой востребованностью этих функций в реальной жизни.

Бейсик в ПЗУ БК-0010-01 занимал три микросхемы — 24 Кбайт и представлял собой так называемый вильнюсский



БК-0010: панельки и переключатель сброса

Бейсик, разработанный в середине 80-х в Вильнюсском университете, — очень интересный вариант транслятора компилирующего типа, позволявший выполнять многие программы в разы или даже в десятки раз быстрее, чем это делали интерпретаторы Фокала или Бейсика-ДВК. При этом для пользователя работа с таким транслятором практически не отличалась от работы с обычным интерпретатором. Бейсик БК был очень развитой версией, аналогичной стандарту MSX (Machines with Software eXchangeability) и поддерживающей почти все его графические и другие операторы, способной работать с целыми числами, а также с вещественными одинарной и двойной точности.

Правда, были у вильнюсского Бейсика и существенные недостатки: например, невозможность размещения нескольких операторов в одной строке и высокие требования к объему памяти. Первое ограничение — один оператор в строке — весьма непонятное и необъяснимое (тем более что упрощенная 9-килобайтная версия этого же Бейсика, предназначенная для загрузки в ОЗУ, позволяла писать несколько операторов в строке!). С памятью же ситуация была такая: поскольку Бейсик БК после подачи команды RUN (запуск на исполнение) сначала транслировал программу в особый промежуточный код, который исполнялся гораздо быстрее, чем это делали классические интерпретаторы, то в памяти БК должны были храниться исходный текст программы и как бы скомпилированный ее вариант или, по крайней мере, нужно было резервировать место под скомпилированную программу. Таким образом, для программы на Бейсике отводилась лишь половина пользовательской памяти БК, а фактически даже меньше — порядка 7 Кбайт, ведь нужно было еще оставить место под переменные и служебные данные. При этом на Фокале программа могла занимать порядка 15 Кбайт. Так что ситуация с памятью у Бейсика БК была очень странная: максимальная длина программы на Бейсике была в три с лишним раза меньше размера самого транслятора Бейсика. С другой стороны, 7 Кбайт все же хватало для составления почти всех учебных программ, а также для многих расчетов и даже вполне приличных игр. К тому же не следует забывать о режиме расширенной памяти, позволявшем увеличить размер программ почти вдвое за счет уменьшения объема видеопамати.

Для совместимости с первым вариантом БК в комплекте БК-0010–01 поставлялся специальный блок МСТД, подключаемый к системному разъему и содержащий две микросхемы ПЗУ — с Фокалом и тестово-диагностической системой. Таким образом, объем ПЗУ у БК-0010–01 мог достигать до 48 Кбайт (одновременно — не более 32 Кбайт), то есть вдвое больше, чем у БК-0010.

Интересно, что выпуск усовершенствованного варианта БК не означал автоматического прекращения производства старого. Оба компьютера — БК-0010 и БК-0010-01 — некоторое время выпускались вместе. При этом вариант 01 был на 50 рублей дороже — обычно он стоил 650 рублей (а в самом начале 1990-х — 750 рублей).

О памяти, звуке и периферии

Несколько слов об оперативной памяти БК. Конечно, ее объем был маловат для работы с большими программами или стандартными операционными системами, но создатели программ активно использовали драйверы устройств и знакогенератор, находящиеся в ПЗУ всех версий БК, что позволяло сократить размер программ на несколько килобайт. Стандартное, несменяемое ПЗУ БК-0010 содержало драйверы вывода текста на экран, рисования точек и линий, ввода с клавиатуры, чтения с магнитофона и записи на него и др. Оно же содержало и графические образы всех символов, отображаемых на экране. Это значительно облегчало задачу программиста и сокращало требования к объему ОЗУ. Впрочем, возможность задействования ресурсов штатного ПЗУ активно использовалась и на других ПК (например, на «Спектруме»), хотя и не на всех: скажем, у «Вектора-06Ц» в ПЗУ никаких драйверов устройств и знакогенераторов не предусматривалось — всё это должно было загружаться в ОЗУ в качестве составной части любой программы, что несколько сокращало, так сказать, полезный объем ОЗУ пользователя и на несколько килобайт увеличивало размер программ. С другой стороны, по этой причине в большинстве программ, включая игровые, на БК используется одинаковый шрифт и очень похожее оформление заставок игр, в то время как на «Векторе» оформление гораздо разнообразнее.

О выводе звука создатели ПК того времени особо не заботились: в советских компьютерах не было ни выхода на наушники, ни специального линейного выхода. В каждом ПК имелся маленький, но довольно громкий динамик или пьезодинамик, а для получения большей громкости и лучшего качества звука использовался магнитофонный разъем ПК, куда поступал звук не только с магнитофонного выхода, но и с выхода отдельного звукосинтезатора, если он, конечно, был. К этому разъему легко подключался любой усилитель, в роли которого чаще всего выступал тот же магнитофон, ставившийся на паузу в режиме записи. Соответственно, наушники подключались уже к магнитофону или усилителю.



Джойстик к БК-0010

К концу 1980-х для БК-0010 выпускалось несколько дополнительных устройств, расширяющих его возможности: например, джойстики для игр, манипулятор типа «мышь» под романтическим названием «Марсианка», простой многоголосный музыкальный синтезатор «Менестрель», контроллер флоппи-дисководов и даже компактный рулонный графопостроитель.

БК-0011 и БК-0011М

Советские покупатели домашних ПК, люди, как правило, образованные и осведомленные о зарубежных достижениях в этой сфере, вовсе не были на всё согласными и неразборчивыми потребителями. Напротив, наши пользователи близко к сердцу принимали недостатки отечественной техники и с удовольствием слали разработчикам и изготовителям первых ПК свои замечания и предложения по их усовершенствованию. Главными недостатками БК считались малый объем ОЗУ, малое число отображаемых цветов, сравнительно медленный процессор, нестандартная клавиатура и наличие в ПЗУ Фокала вместо Бейсика. Как уже упоминалось, часть этих недостатков была исправлена в 1986–1987 годах выпуском БК-0010–01. В те же годы была разработана и значительно усовершенствованная модель **БК-0011**, имеющая вчетверо больший объем ОЗУ — 128 Кбайт (при этом ОЗУ пользователя (96–112 Кбайт) — в 6–7 раз больше, чем у БК-0010!), более высокую тактовую частоту (4 МГц вместо 3 МГц), контроллер флоппи-дисководов, два экранных буфера по 16 Кбайт и разные варианты цветовой палитры.

Однако, по имеющимся данным, серийный выпуск ПК БК-0011 начался только в 1989 году, причем через год он был заменен на **БК-0011М** — модель, имевшую улуч-

шенную совместимость с БК-0010. Внешне БК-0011 был копией БК-0010–01, но внутри отличия довольно большие. К сожалению, вопреки ожиданиям многих пользователей, в новой модели не оказалось существенных изменений графических возможностей — ни увеличения числа одновременно отображаемых цветов до 16, ни программируемой палитры. Разработчики добавили только выбор одной из 16 фиксированных палитр и второй кадровый буфер.



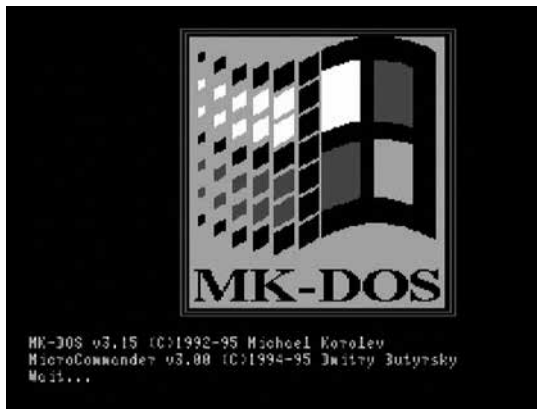
БК-0011

Иными словами, графика в программах для БК-0011/0011М стала заметно разнообразнее: в частности, появился-таки белый цвет в цветном режиме! — но радикального ее улучшения не произошло. Впрочем, в отношении графики БК-0011/0011М среди массовых советских домашних ПК уступали только «Вектору-06Ц», ПК8000 и отчасти клонам «Спектрума». Остальные компьютеры одновременно отображали либо те же 4 цвета, либо 8 цветов в низком разрешении, либо имели монохромную графику (белое на черном), либо вообще не имели графического режима.

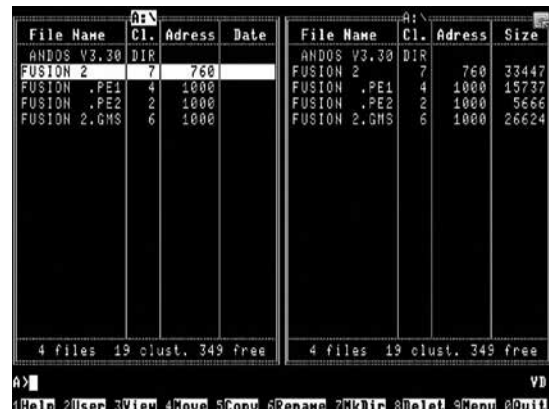
Внешняя память

В качестве внешнего запоминающего устройства в первые годы жизни БК-0010 использовались обычные бытовые магнитофоны. Стандартная скорость записи выбрана достаточно высокой — 1 200 бит в секунду (у многих зарубежных ПК 1980-х она в 2–4 раза ниже), то есть загрузка программ занимала примерно одну-две минуты, и это было вполне терпимо. Причем в этой части конструкции разработчики БК-0010 использовали оригинальное решение: для вывода на магнитофон задействовалось 2 бита выходного регистра (фактически 2-битный ЦАП), а не 1 бит, как у всех остальных ПК. Это позволяло использовать для записи на магнитофон как минимум три уровня сигнала, а не два, как обычно, что повышало надежность хранения данных за счет применения для более коротких импульсов более высокого уровня сигнала.

На одну 60-минутную кассету при стандартной скорости записи помещалось около 500 Кбайт данных, а это порядка 30–50 типичных программ. Кроме обычного



БК-0011: заставка MK-DOS



БК-0011: файловая оболочка ANDOS



БК-0011: заставка ANDOS

формата записи, любителями-энтузиастами было создано несколько так называемых турбокопирующих, позволявших увеличить скорость записи в несколько раз. Соответственно, увеличивалась емкость кассеты и уменьшалось время загрузки программ. В общем, магнитофоны и кассеты в качестве средств хранения программ и данных были не таким уж плохим вариантом, поскольку магнитофон имелся практически в каждом доме, а кассеты тогда стоили гораздо дешевле дискет и были намного доступнее. Правда, использование магнитофона для разработки программ существенно замедляло и усложняло этот процесс, и здесь уже дисковод для гибких магнитных дис-

ков оказывался более чем кстати. Возможность подключения БК к дисководам удалось реализовать в конце 1980-х годов, и в короткое время для БК было создано или адаптировано не меньше десятка дисковых операционных систем. Впрочем, дисководы тогда стоили очень дорого, нередко в разы больше самого ПК. Так, цена обычного 5,25-дюймового привода в магазинах «Электроника» достигала 1500–2000 рублей, поэтому большинство владельцев БК и в 1990-е годы продолжали пользоваться магнитофонами и кассетами.

Программы

В 1980-е годы нередко критиковалось отсутствие в комплекте поставки БК-0010 большого количества программ, а также сложность их приобретения. Однако это обычная проблема для любых только что выпущенных компьютеров, и БК, конечно, не стал исключением. И хотя программы активно разрабатывались профессиональными программистами и любителями-энтузиастами, приобрести их поначалу было непросто, поскольку заводы-изготовители к этому не очень-то и стремились (их профиль — выпуск электронной техники, а не тиражирование программ на кассетах), а фирм — распространителей программ для домашних ПК в середине 1980-х еще просто не существовало. Тем не менее владельцы этих компьютеров, конечно, с самого начала обменивались программами и информацией, а к концу 1980-х появились кооперативы, занимающиеся тиражированием и распространением ПО для БК-0010 и других домашних компьютеров, причем к тому времени для БК уже было создано

огромное количество программ самого разного назначения, включая, естественно, игры, обучающие программы, системные и прикладные. Например, на БК встречалось как минимум три версии Бейсика: уже упоминавшиеся вильнюсские «полукомпиляторы» объемом 24 Кбайт (в ПЗУ) и 9 Кбайт (для загрузки в ОЗУ), а также чистый интерпретатор Бейсик-ДВК размером около 8 Кбайт. Из языков программирования, соответственно, был также популярен Фокал, для которого создавались полезные расширения (Focod, XFocal) и даже компиляторы.

Другая интересная разработка, ориентированная в основном на сферу образования, — так называемый Т-язык, интерпретатор которого позволял создавать довольно быстрые и красочные обучающие, демонстрационные и игровые программы. На БК были и трансляторы таких языков, как Форт и Си. Но, безусловно, главным языком программирования для создания серьезных программ стал Ассемблер, родной язык микропроцессора ПК, для которого существовало множество различных трансляторов, в том числе объединенных с редактором текста, а также дизассемблеры и отладчики.

Программирование на Ассемблере БК довольно просто осваивалось не только программистами, но и любителями-энтузиастами, что позволило в достаточно короткие сроки создать для БК большую библиотеку ПО. Значительно упрощало разработку программ и наличие в ПЗУ компьютера стандартных драйверов ввода-вывода с доступом через программное прерывание ЕМТ. Использование этих драйверов подробно описывалось в документации, прилагаемой к каждому БК. Много хороших игровых, обучающих и прикладных программ создано и на вильнюсском Бейсике, который, будучи как бы полукомпилятором, отличался очень высокой скоростью выполнения простых операций, особенно с целыми числами. При этом в программах на Бейсике часто использовались и подпрограммы в машинных кодах, позволяющие еще больше ускорить какие-то важные действия, например вывод графики на экран.

Для БК известно более 800 игр на Ассемблере и множество на Бейсике и Фокале. Общий уровень игр высокий, много игр оригинальных или почти оригинальных, а не «содранных» один в один с популярных иностранных компьютеров. Отмечу, что если первые игры для БК часто были черно-белыми (что, впрочем, не означает их плохого качества), то к концу 1980-х программисты уже всю использовали цветные возможности ПК, создавая красочные заставки, задействуя псевдоцвета (смешивая основные цвета в шахматном порядке или полосами и т. п.) для преодоления ограничения в 4 отображаемых цвета, программно реализуя цветные «спрайты» с точным наложением на сложный фон.

БК-0010: итоги

Подводя итоги рассказа о первом советском бытовом компьютере «Электроника БК-0010», еще раз отметим его сильные и слабые стороны.

Сильные стороны. В целом компьютер получился, безусловно, удачным. Симпатичный и компактный корпус, высокое качество изготовления, современная полностью 16-разрядная архитектура с очень удобной системой команд микропроцессора — это однозначные плюсы.

Недостатки и спорные моменты. Небольшой объем ОЗУ и малое число отображаемых цветов, с одной стороны, конечно, минус, особенно для конца 80-х — начала 90-х, хотя в начале 1980-х такая память и такие графические возможности были вполне обычными и на других ПК. С другой стороны, памяти могло быть еще меньше (как у некоторых популярных зарубежных ПК начала 1980-х), и хорошо, что поддержка цвета и графики вообще предусмотрена разработчиками БК, поскольку в те годы вполне обычными были компьютеры вовсе без графики и цвета, с чисто текстовым монохромным экраном, как, например, знаменитые TRS-80, Commodore PET или Sinclair ZX81, а позднее отечественные ПК на основе «Радио-86РК». Использование в ПЗУ Фокала вместо Бейсика в первых вариантах БК также для кого-то большой недостаток, но это можно воспринимать и как одну из изюминок нашего первопроходца, отличавшую его от массы зарубежных аналогов, всех, как один, оснащенных Бейсиком.

Сравнение с западными ПК

Сравнивая БК-0010 с иностранными домашними компьютерами того времени, можно заметить, что по всем параметрам он выглядит вполне достойно. Если посмотреть на широко известные недорогие иностранные ПК, появившиеся примерно в то же время, в 1982–1984 годах, то ничего сверхъестественного мы там не увидим — ни каких-то мощных процессоров, ни огромного объема памяти, ни невероятной графики. В качестве процессоров использовались всё те же 8-разрядные модели, что и в середине-конце 1970-х, с тактовой частотой от 1 до 4 МГц, в среднем мало отличавшиеся по скорости от 16-битного процессора БК-0010 с частотой 3 МГц. Оперативная память составляла от 8 до 64 Кбайт (чаще всего от 32 до 64 Кбайт), видеопамять — от 6 до 20 Кбайт, ПЗУ — от 16 до 32 Кбайт, то есть никаких явных отличий в худшую сторону от среднего зарубежного уровня у БК мы не видим, скорее наоборот.

С графическими возможностями ситуация еще интереснее: с одной стороны, многие «иностранцы» в те годы уже поддерживали более многоцветную графику — обычно 8 или 15–16 цветов (вместо 4 у БК), но графика значительной части

зарубежных ПК была ориентирована исключительно на игры, как, например, у Commodore 64, Atari или MSX, и отличалась большими ограничениями в плане разрешения экрана или произвольного выбора цветов точек. К примеру, у знаменитого ZX Spectrum при доступных 15 цветах имелись очень серьезные ограничения, связанные с атрибутивной структурой цветного изображения: в каждом знакоместе экрана размером 8×8 точек (а это 64 точки) можно использовать лишь два цвета, что приводит к полной неспособности выводить детализированное многоцветное изображение. В результате из-за сложности формирования динамичной цветной картинки многие игры для него имели просто двухцветное игровое поле, то есть фактически монохромную графику, а в неигровой сфере графика ZX Spectrum отличалась ярко выраженным так называемым блочным эффектом, когда при выводе сложной картинки вместо четких разноцветных точек и линий отображались непонятные и незапланированные цветные квадратики.

Похожая проблема и у ПК стандарта MSX: у них в графическом режиме тоже подобная атрибутивная графика с 15 цветами, но размер блока гораздо меньше — 1×8 точек. Здесь при выводе произвольной графики артефакты менее заметны, но также присутствуют.

При этом БК-0010 имеет меньшее количество доступных цветов, зато позволяет свободно выбирать из них цвет любой точки без всяких атрибутивных ограничений, что дает возможность отображать гораздо более четкую и правильную произвольную графику. Кроме того, те же MSX и ZX Spectrum имеют лишь одно разрешение экрана, притом невысокое — 256×192 точки, а БК поддерживает не только среднее разрешение — 256×256 , но и высокое — 512×256 , что очень важно и полезно для профессионального и учебного использования ПК, такого как редактирование текста, работа с таблицами, графиками и т. д.

Также можно заметить, что ни MSX, ни ZX Spectrum не имеют плавного аппаратного вертикального сдвига экрана, а у БК он предусмотрен, и это очень полезно, прежде всего для игровых и некоторых других программ, выводящих динамичную графику (да и просто для работы с текстом). У таких домашних ПК, как Commodore 64 и Atari 400/800/XL/XE, графические возможности хорошие, но при этом они полностью ориентированы на игры. В неигровой сфере их способности сильно ограничены. Кстати, игры для C64 и Atari также чаще всего использовали сравнительно низкое разрешение порядка 160×200 точек, что зачастую делало графику в них достаточно грубой, простоватой и несовременной, и даже сравнительно широкая цветовая палитра не могла спасти ситуацию.

Еще одна популярная модель (гораздо более дорогая, чем ранее упомянутые) — Apple IIe — также имела странные параметры графики: хорошее основное разрешение — 280×192 точки — как бы при 6 цветах, но с очень специфическими ограничениями на выбор цветов, привязанными к американскому стандарту цветного телевидения NTSC, а также и другими недостатками. Качество цветной графики у нее как в играх, так и в неигровой сфере обычно было достаточно примитивным. Даже простой текст на цветном мониторе у Apple II выводился с очень заметными цветовыми помехами.

Наконец, даже у появившихся в 1983 году довольно дорогих IBM PC/XT основными видеокартами были CGA, отображавшие в цветном графическом режиме одновременно лишь 4 цвета, правда, с возможностью выбора из двух или трех палитр, но подбор цветов в палитрах вызывал еще больше вопросов, чем у БК. Кстати, процессор у PC/XT (Intel 8088), хотя и относился к классу почти 16-разрядных, но также не показывал выдающихся скоростных данных: во многих тестах PC/XT находился примерно на уровне массовых 8-разрядных моделей.

Как уже говорилось, звуковые способности БК-0010 и БК-0011 достаточно обычные, примерно такие же, как у Apple IIe, ZX Spectrum и IBM PC. Звук воспроизводился чисто программно с существенной загрузкой процессора, поэтому непосредственно во время игры звуковые эффекты, как правило, были минимальными и кратковременными, а музыка звучала в основном только на заставках и в паузах. В то же время игровые зарубежные ПК, такие как Commodore 64, Atari и MSX, имели более сложные звуковые синтезаторы, позволявшие выводить трех-четырёхканальную музыку и эффекты без загрузки процессора, поэтому звуковое и музыкальное оформление игр на этих ПК, безусловно, более богатое. Между тем БК не являлся чисто игровым ПК, так же как, например, Apple II и IBM PC, поэтому отсутствие продвинутого звукового генератора для него вполне простительно и оправданно.

Вообще говоря, здесь напрашивается интересная мысль, что БК-0010 и БК-0011 по своим характеристикам действительно ближе к таким универсальным и даже профессиональным компьютерам, как Apple IIe, Acorn BBC и IBM PC, поскольку видеосистема БК также ориентирована на отображение произвольной графики, а не игровой; звуковой генератор также более характерен для неигровых ПК, да и 16-битный процессор примерно такой же, как в отечественных профессиональных ПК и микроЭВМ серий ДВК, «Электроника» и др. Соответственно, по большому счету такие ПК заслуживают более серьезного и уважительного отношения, чем компьютеры-игрушки или игровые приставки, ориентированные исключительно

на такое интересное, но, к сожалению, почти бесполезное занятие, как компьютерные игры.

Впрочем, это не значит, что для БК не было игр, — конечно же, были, причем очень много, очень хороших и часто ничуть не хуже, чем на зарубежных игровых ПК. При этом владелец БК мог не только играть, но и, к примеру, заниматься творчеством, составляя программы для рисования на экране цветных графиков, узоров, витражей, фрактальных множеств, клеточных автоматов и т. д. и т. п., получая при этом четкое и детальное цветное изображение (хотя и не многоцветное), а не месиво из цветных квадратиков и прямоугольников, как на ZX Spectrum, MSX или C64.

Хотелось бы еще раз подчеркнуть, что БК-0010 находился на очень приличном уровне для недорогого домашнего ПК и вполне мог конкурировать с распространенными 8-битными зарубежными моделями (а стоимость 16- и 32-битных зарубежных ПК была многократно выше). Отдельные недостатки БК-0010, такие как сравнительно небольшой объем оперативной памяти и малое число отображаемых цветов, были практически исправлены в модели БК-0011/0011М. Программное обеспечение для БК — наиболее развитое среди советских домашних ПК. Вообще, серия БК-0010/БК-0011 была одной из наиболее массовых в СССР, входя в пятерку самых распространенных в СССР компьютеров (наряду с IBM-совместимыми, Spectrum-совместимыми, УКНЦ и ДВК). По имеющимся у нас данным, за все годы производства таких компьютеров их было выпущено около 162 тыс. При этом БК использовались не только дома, но и как учебные ПК, а частично и как профессиональные либо управляющие ЭВМ.

Кто первый?

Затронем еще один интересный момент, связанный с БК-0010. Был ли он действительно первым в мире, как утверждает во многих источниках, полностью 16-разрядным домашним ПК? Однако досконально разобраться в этом вопросе совсем не просто. В начале 1980-х годов персональные компьютеры начали выпускать сотни фирм по всему миру, включая США, Великобританию, Германию, Францию, Японию, Южную Корею, Гонконг, Австралию, Бразилию, соцстраны и т. д. Но если посмотреть на известные модели, о которых можно найти достоверную информацию в Интернете, получается, что действительно до 1983–1985 годов 16-разрядных домашних ПК (во всяком случае, массово доступных по цене) не выпускалось и первым недорогим полностью 16-битным был именно наш БК-0010! На первый взгляд это довольно странно, поскольку 16-разрядные микропроцессоры появились еще в середине-конце 1970-х.

В частности, тот же Intel 8088 (16-битный внутри и 8-битный снаружи), ставший основой для первых IBM PC, был заявлен еще в 1979 году. Более того, на рубеже 1970–1980-х годов уже появились практически 32-разрядные микропроцессоры вроде знаменитого Motorola 68000. Однако в те годы производители и потребители домашних компьютеров были вполне удовлетворены возможностями самых дешевых 8-разрядных процессоров. К тому же конкуренция заставляла заботиться о минимальной себестоимости продукции, а 16- и 32-разрядные процессоры, как и другие компоненты для таких ПК, были в разы дороже. Так что, как ни странно, но, по-видимому, именно в СССР, в отсутствие конкурентной борьбы и «рыночной целесообразности», без особой шумихи был впервые разработан и с 1983–1984 года начал производиться недорогой 16-битный домашний компьютер.

Нередко можно встретить утверждение, что американская фирма Texas Instruments (TI) — очень известный в то время производитель калькуляторов, часов и другой электронной техники — еще в 1979 году выпустила на рынок 16-битную модель TI-99/4, и именно этот ПК был первым в мире 16-разрядным домашним компьютером. Однако при этом не учитывается, что TI-99/4, как и выпущенный в 1981 году немного усовершенствованный TI-99/4A, имея действительно 16-разрядный процессор, не был полностью 16-разрядным ПК. Более того, фактически он даже не был ПК в привычном нам смысле этого слова, поскольку не имел оперативной памяти пользователя! Первоначально 99/4 создавался как почти 8-битный ПК (а конструктивно это была скорее игровая приставка с клавиатурой) со специальным процессором, который содержал встроенные 8 Кбайт ПЗУ и 256 байт ОЗУ и был 16-битным лишь внутри, а все остальные компоненты должны были оставаться 8-битными. В результате из-за технологических трудностей разработка процессора провалилась, и TI была вынуждена использовать в этом ПК уже выпускавшийся 16-битный процессор TMS9900, а конструкция ПК стала совсем странной: процессор, 256 байт статического «сверхоперативного» ОЗУ и примерно треть ПЗУ (8 Кбайт из 26) были 16-битными, а всё остальное (видеоконтроллер, ОЗУ видеоконтроллера, частично заменявшее отсутствующее основное пользовательское ОЗУ, внешнее ОЗУ, покупка которого обязательно требовалась для работы многих программ и устройств, основная часть встроенного ПЗУ, внешние картриджи ПЗУ) — 8-битным.

Более того, поскольку в штатном варианте ПК хранить программы в машинном коде было просто негде, разработчики 99/4 придумали специальный язык GPL, интерпретатор которого разместили в 16-битном «системном» ПЗУ, а все программы предлагалось выпускать на специальных 8-битных картриджах ПЗУ, причем

не в машинных кодах, а на GPL. Они должны были считываться из картриджей как набор данных (с побайтным регистровым доступом) и исполняться интерпретатором GPL! Все эти несуразности, вызванные неудачей в разработке микропроцессора с 8-битной внешней шиной и стремлением заставить пользователей покупать достаточно дорогие картриджи (специальные чипы для которых производила только TI), привели к появлению одного из самых странных ПК, в котором благородная идея использования достаточно мощного 16-битного процессора и хорошего видеоконтроллера (8-битного) была сразу обесценена отсутствием пользовательского ОЗУ, 8-битным доступом к большей части внутренней и внешней памяти, а также использованием для написания программ не Ассемблера, а интерпретируемого языка GPL.

Отметим, что в самих же США компьютеры, имевшие 16-битную внутреннюю конструкцию процессора и 8-битную внешнюю (или 32-битную внутреннюю и 16-битную внешнюю), редко называли 16-разрядными (32-разрядными). Обычно указывалось лишь то, что у них 16-битный (32-битный) процессор. И это вполне понятно, ведь в таких ПК разрядность большинства важнейших компонентов (ОЗУ, ПЗУ, контроллеров) определялась именно разрядностью внешней шины данных процессора. В советской терминологии подобные ПК обычно именовались «частично 16-разрядными» («частично 32-разрядными») или «8/16-разрядными» («16/32-разрядными»). Яркие представители этого класса ПК — IBM PC и PC/XT. Они тоже имели 16-битную внутреннюю архитектуру процессора (с 8-битной внешней шиной), но 8-битную память (ОЗУ и ПЗУ) и 8-битные контроллеры устройств (видеокарта, контроллеры дисководов и жестких дисков, внешних портов и т. д.), что позволяло несколько снизить себестоимость компьютера. Однако называть такие ПК настоящими 16-битными было бы, конечно, нелогично — все их компоненты (кроме внутренней структуры процессора) были 8-битными.

Советский же БК-0010 имел не только 16-разрядный процессор, но и 16-разрядный доступ ко всей оперативной и постоянной памяти, а также 16-разрядные контроллеры дисплея и параллельного порта, что давало ему право называться настоящим, полностью 16-разрядным ПК.

Кстати, среди персональных компьютеров IBM полностью 16-разрядная модель IBM PC/AT на базе процессора 80286 появилась лишь в 1984 году и стоила она в базовой конфигурации (без жесткого диска, монитора и видеокарты!) от 4000 долларов.

Часть 2

ПК второй половины 1980-х годов

Закончив рассказ о самом первом советском домашнем компьютере, перейдем к другим моделям, которых после БК было очень много. Вообще, в 1985–1986 годах в СССР произошел настоящий взрыв разработок ПК, в том числе и домашних. За эти два года созданы такие шедевры, как «Корвет», УКНЦ, «Вектор-06Ц», «Истра-4816», «Электроника-85», ДВК-4, первый вариант «Союз-Неона ПК-11/16» (ПК-11), а также по-своему интересные «Океан-240», «Ириша», ПК-01 «Львов», «Сура ПК8000», «Радио-86РК», «Специалист» и др. В эти же годы закончилось проектирование и первых советских IBM-совместимых ПК — ЕС-1840/1841, «Нейрон И9.66», «Искра-1030» и др.; появились первые любительские аналоги «Спектрума». В последующие несколько лет разработки продолжались, но уже не отличались большой оригинальностью: основная часть отечественных ПК, созданных в конце 1980-х, были либо аналогами иностранных компьютеров ZX Spectrum и IBM PC, либо усовершенствованными вариантами ранее выпущенных советских ПК.

Знаменитые «Эркашки»

Рассмотрим сначала самые простые модели, появившиеся в продаже в 1986–1988 годах, а именно аналоги знаменитого радиолюбительского компьютера **«Радио-86РК»**. Он был прямым наследником известнейшего любительского ПК «Микро-80», созданного пятью-шестью годами ранее (авторы *Геннадий Зеленко*, *Виктор Панов* и *Сергей Попов*). Для очень многих радиолюбителей публикация в 1982–1985 годах в журнале «Радио» статей о «Микро-80» стала важнейшим источником информации об устройстве и возможностях персональных компьютеров.

В середине 80-х идея самостоятельной сборки компьютеров была очень популярной, она буквально витала в воздухе, и публикация в 1986 году в журнале «Радио» цикла статей о новом «самодельном» ПК пришлось как нельзя более кстати. В число разработчиков «Радио-86РК», кроме создателей «Микро-80», вошли также *Юрий Озеров* и *Дмитрий Горшков*. В отличие от «Микро-80», который в полном варианте содержал около 200 микросхем на нескольких платах, «Радио-86РК» в базовом виде отличался невероятной на тот момент простотой конструкции: в нем было всего 29 микросхем на одной печатной плате, чего удалось достичь, прежде всего, за счет более активного использования микросхем большой степени интеграции серии K580, таких как однокристалльный видеоконтроллер KP580BG75, аналогичный Intel 8275. Однако, как и «Микро-80», «Радио-86РК» не отображал на экране настоящую графику. Его

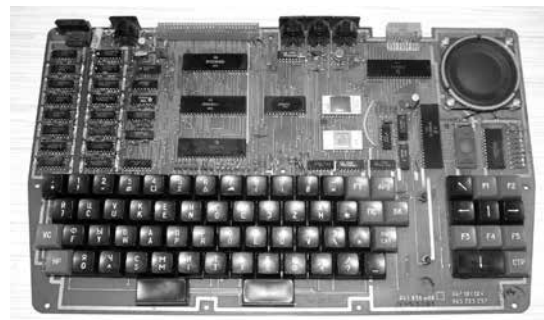
видеоконтроллер был чисто текстовым и черно-белым и выводил на экран 25 строк по 64 символа в каждой, хотя и с возможностью отображения так называемой псевдографики с разрешением 128×50 точек. При нестандартном программировании контроллера ВГ75 можно было получить псевдографику с разрешением до 128×128 точек, но этот режим использовался очень редко. Базовый объем оперативной памяти (ОЗУ) составлял всего 16 Кбайт, но ее легко можно было увеличить вдвое, припаяв на микросхемы памяти сверху еще ряд таких же чипов. Постоянная память (ПЗУ) также имела небольшой объем — 2 Кбайт, там размещался простой монитор, обеспечивавший возможность загрузки программ с магнитофона, ввода программ и данных с клавиатуры и т. д. В качестве процессора использовался классический советский 8-разрядный КР580ВМ80А с тактовой частотой 1,78 МГц.

«Микроша»

«Радио-86РК» (РК86) был чисто любительским ПК, не производившимся промышленностью, но на его основе выпускалось не меньше десяти серийных моделей, причем, как правило, более сложных, чем их прототип. Самые известные из них «Микроша», «Криста», «Апогей БК-01», «Партнер 01.01» и «Спектр-001». По параметрам они были достаточно близки, хотя каждый имел свои особенности. «Микроша», подробное описание которого опубликовал в 1987 году журнал «Наука и жизнь», оказался наиболее известным среди РК-совместимых моделей. Компьютер в 1986 году выпустил Лианозовский электромеханический завод, на котором двумя годами ранее началось производство гораздо более дорогих и продвинутых ПК «Агат». По сравнению с прототипом конструкция «Микроши» была несколько



«Микроша»



«Микроша»: внутри

усовершенствована, причем теми же разработчиками, которые создавали РК86. Базовое ОЗУ увеличилось до 32 Кбайт, был добавлен программируемый таймер КР580ВИ53, который, в частности, использовался как одноканальный звуковой генератор. Компьютер получился симпатичный, достаточно надежный и сравнительно недорогой — он продавался примерно за 500 рублей.

«Криста»

ПК «**Криста**» выпускался Муромским заводом радиоизмерительных приборов с 1986 года. По параметрам он очень похож на «Микрошу»: те же 32 Кбайт ОЗУ и 2 Кбайт ПЗУ, тот же звуковой генератор на микросхеме ВИ53. Однако «Криста» уникальна тем, что в комплект ее поставки входило так называемое световое перо — специальная светочувствительная ручка, позволяющая указывать на экране объекты прикосновением к ним, нечто подобное современным сенсорным экранам — тачскринам. В 1960–1980 годах световое перо довольно часто использовалось вместо манипуляторов типа «мышь» для быстрого выбора объектов на экране и перемещения курсора, а также для рисования на экране. Но в целом для «Кристы» это было скорее игрушкой, нежели полезным инструментом, заменяющим мышь или тачскрин, поскольку программ, поддерживающих световое перо, существовало совсем мало, да и не очень-то оно было удобно при работе с экраном большого телевизора, обычно использовавшегося в паре с подобными ПК. Как правило, пользователь находился на относительно большом расстоянии от телевизора, и тянуться к экрану с пером было, конечно, затруднительно. Тем не менее оснащение компьютера подобным аксессуаром — довольно интересный шаг производителя, своего рода изюминка в работе с таким простым и стандартным ПК. Заметим, что ни один другой советский домашний компьютер световым пером не комплектовался. Розничная цена «Кристы» была вполне демократичной — 510 рублей.

«Партнер 01.01»

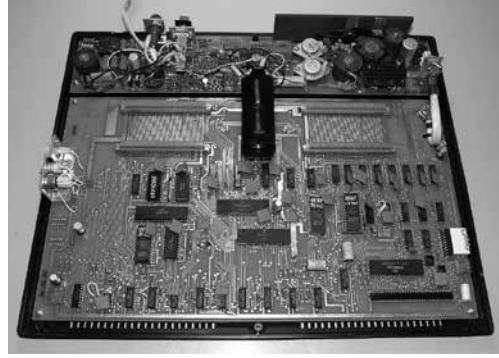
Компьютер «**Партнер 01.01**» выпускался Рязанским производственным объединением счетно-аналитических машин с 1987 года. Эта модель отличалась значительно расширенными ОЗУ — 64 Кбайт и ПЗУ — 16 Кбайт,



«Партнер 01.01»



«Партнер 01.01» без верхней крышки



«Партнер 01.01» внутри

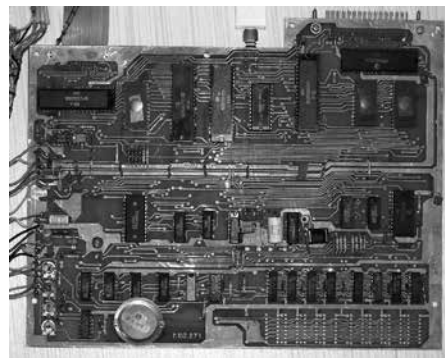
но главная ее особенность — наличие четырех специальных гнезд для модулей расширения в виде картриджей, вставляемых вертикально в верхнюю плоскую часть корпуса. Для «Партнера» выпускались картриджи с контроллерами параллельного и последовательного интерфейсов, контроллером дисководов, программатором ППЗУ и цветным псевдографическим контроллером, позволяющим получить на экране цветное изображение, а также содержащим и трехканальный звуковой генератор на микросхеме КР580ВИ53. В ПЗУ «Партнера» находились программа «Монитор», интерпретатор языка Бейсик и простой текстовый редактор с Ассемблером. Кроме того, этот ПК поддерживал восемь наборов символов, включая множество псевдографических, позволявших использовать псевдографику с разрешением 128×100 точек, а также рисовать в произвольных местах экрана вертикальные, горизонтальные и диагональные линии разной толщины, шахматные фигуры, нотные знаки и т. д. В общем, «Партнер» был одним из лучших аналогов «Радио-86РК» с достаточно продвинутыми возможностями, но и стоил подороже других РК-совместимых ПК — около 600 рублей.

«Апогей БК-01»

Еще один РК-совместимый ПК — «Апогей БК-01», выпускавшийся с 1988 года в Тульской области заводом БРА, так же как и «Партнер», имел 64 Кбайт ОЗУ (пользовательское — 56 Кбайт), но ПЗУ поменьше — всего 4 Кбайт. У него не было специальных гнезд для модулей расширения, зато имелся штатный трехканальный звукогенератор на все той же микросхеме КР580ВИ53. «Апогей» поддерживал вывод псевдографики в довольно высоком разрешении — 192×128 точек. Помимо магнитофона, предусмотрена загрузка из внешнего ПЗУ объемом до 64 Кбайт.



«Апогей БК-01Ц»



«Апогей БК-01Ц»: плата

Кроме черно-белого «Апогея БК-01», выпускалась и его цветная версия — «Апогей БК-01Ц», поддерживающая вывод текста и псевдографики с использованием 8 цветов на черном фоне или черного изображения на 8-цветном фоне. При этом, конечно, использование цвета было ограничено особенностями атрибутной системы видео-контроллера КР580ВГ75: цвет задавался сразу для всего символа шириной в 6 точек (или 3 точки в режиме псевдографики — 192×128), и на одной строке экрана допускалось не более 16 изменений цвета. Тем не менее «Апогей» мог выводить достаточно сложные и красивые цветные картинки.

В ПЗУ знакогенератора «Апогея» находилось два набора по 128 символов (КР580ВГ75 отображал одновременно не более 128 знаков): первый полностью аналогичен «Радио-86РК» (то есть также без строчных букв), а второй содержал два вида псевдографики. Основной — с матрицей 3×2 , что и давало разрешение до 192×128 при отображении на экране 64×64 символов (контроллер ВГ75 позволял программно менять высоту символов и количество строк на экране). Второй вид — псевдографика с матрицей 6×4 , которая, в отличие от матрицы 3×2 , конечно, не позволяла отображать произвольную картинку (она содержала лишь набор диагональных линий, углов, «шахматных» полей и т. д.), поскольку для этого потребовалось бы более 16 млн символов знакогенератора ($6 \times 4 = 24$, то есть 2^{24} комбинаций точек). Зато матрица 6×4 позволяла отображать псевдографику (пусть и ограниченного вида) с разрешением до 384×256 точек! Причем на экране одновременно могли использоваться оба вида псевдографики, позволяя одну часть картинок отображать в высоком разрешении (обычно из диагональных линий), а другую — в низком (произвольная графика).

Таким образом, «Апогей» также был одним из самых продвинутых аналогов «Радио-86РК», причем стоил он совсем недорого — от 440 до 560 рублей. Невысокая цена при достаточно серьезных параметрах объясняется, видимо, простотой конструкции: например, цветной «Апогей БК-01Ц» с 64-килобитными чипами ОЗУ содержал всего 34 микросхемы.

«Спектр-001»

Самым простым и близким к оригинальному «Радио-86РК» был компьютер «Спектр-001», оснащенный 32-килобайтным ОЗУ и 2-килобайтным ПЗУ. Выпускал его Орловский завод управляющих вычислительных машин (УВМ) им. К.Н. Руднева в начале 1990-х. Никаких «изысков» в виде звукогенератора ВИ53, дополнительных разъемов для модулей расширения или поддержки цветного изображения в нем не было. Соответственно, и стоил он недорого — 475 рублей. Правда, выпускался в очень небольших количествах — порядка 1000 машин в год.

Перечисленные варианты РК-совместимых ПК — далеко не все модели из производившихся отечественными предприятиями. Например, несколько заводов освоили выпуск так называемых конструкторов для самостоятельной сборки РК86 (состоявших из нескольких отдельных блоков, которые устанавливал во входящий в комплект корпус сам пользователь) под названием «Электроника КР-01/КР-02/КР-03». Они стоили менее 400 рублей и были самыми дешевыми моделями советских ПК. Выпускались также РК-совместимые модели «Альфа-БК», «Нафаня», «Квантор», «Эликс» и др.



«Электроника КР-03»



«Альфа-БК»



«Альфа-БК»: разъемы (вид сзади)

Достоинства и недостатки РК-совместимых ПК

Появление в продаже с 1986 года серийных ПК стандарта РК86 было встречено советскими любителями компьютеров далеко не однозначно. С одной стороны, конечно, хорошо, что, кроме БК-0010, начали появляться какие-то новые модели домашних ПК. Но, с другой стороны, все прекрасно понимали, что РК86 — это шаг назад по сравнению с разработанным еще в начале 1980-х БК-0010 и что компьютер без графики и цвета для второй половины 80-х был явно устаревшей моделью. И если для работы с текстами, таблицами и базами данных, а также для расчетов, управления разными устройствами и решения некоторых других задач он был неплох, то в качестве домашнего ПК, ориентированного, прежде всего, на развлечения, это был нонсенс. Недостатком таких ПК можно считать и сравнительно медленный 8-разрядный процессор с небольшой тактовой частотой (1,78 МГц), которая выбрана заметно ниже допустимых у КР580ВМ80А 2,5 МГц для упрощения конструкции ПК: частота процессора привязана к частоте видеоконтроллера, то есть фактически к телевизионному стандарту, — отсюда же и подобные тактовые частоты (1,78 и 3,58 МГц) у некоторых зарубежных ПК (TRS-80, Atari, MSX и т. п.). К тому же процессор РК довольно сильно и малопредсказуемо тормозился видеоконтроллером, что, например, вынуждало даже отключать вывод на экран в драйвере магнитофона при чтении или записи данных. У БК-0010, напомним, процессор 16-разрядный с частотой 3 МГц, хотя при работе программы в ОЗУ он также значительно (до 30%) тормозится контроллером ОЗУ и экрана.

Тем не менее у этого класса ПК были и свои достоинства: существенно больший объем пользовательской памяти — до 56 Кбайт (у БК — всего 16 Кбайт), быстрая и удобная работа с текстовой информацией, наличие у многих моделей звукового генератора, позволяющего воспроизводить звуки и музыку без загрузки процессора (у БК звук воспроизводился чисто программно, обычно с полной загрузкой процессора). Так что своя ниша у подобных ПК все же имелась. К тому же до начала 1990-х годов избытка компьютеров в советских магазинах не наблюдалось, многие модели можно было купить либо только в фирменных магазинах «Электроника», «Радиотехника» и т. п. (которые были далеко не во всех даже крупнейших городах), либо в тех городах, где производились именно эти модели. Поэтому со сбытом даже самых простых ПК особых проблем не возникало. Тем более выпускались РК-совместимые компьютеры не такими уж большими тиражами — порядка нескольких тысяч в год для каждой модели, так что вряд ли общий выпуск десятка подобных ПК намного превысил хотя бы половину производства того же БК-0010. Да и стоили эти домашние ПК меньше других, что тоже привлекало часть покупателей. Кстати, не будем забывать, что ПК без

графики и цвета — это отнюдь не какое-то советское изобретение, подобные модели выпускались известнейшими мировыми фирмами в конце 1970-х — начале 1980-х годов, а некоторые — и вплоть до середины 1980-х. Среди них, например, такие знаменитые ПК, как TRS-80 и Commodore PET, а также IBM PC с видеоадаптером MDA.

Однако, помимо отсутствия поддержки настоящей графики, «Радио-86РК» и многие его аналоги имели еще один серьезный недостаток: в ПЗУ знакогенератора у них вообще не было строчных русских и английских букв (что, кстати, характерно и для многих дешевых иностранных ПК 80-х годов). При выводе текста использовались только прописные (большие) буквы, что, конечно, было крайне неудобно для подготовки и распечатки текстов, а также создавало трудности в других сферах применения. Даже в играх, с учетом отсутствия графики, дополнительные строчные символы пришлось бы очень кстати для более сложной прорисовки изображения. Причем исправить это каким-то программным способом было невозможно: знакогенератор «зашит» в специальном ПЗУ. Данное упущение, вызванное, видимо, стремлением разработчиков максимально упростить и удешевить конструкцию ПК, а также связанное с особенностями контроллера KP580BG75, который поддерживал отображение лишь 128 знаков, чего явно не хватало для вывода и прописных, и строчных букв (в этом случае одни лишь буквы заняли бы 32×2 (или 33×2) + $26 \times 2 = 116$ (или 118) знаков, а ведь нужны еще символы цифр, знаков препинания и т. д.), было хорошо известно и в некоторых моделях РК-совместимых ПК так или иначе исправлено: например, «Микроша», «Криста» и «Партнер 01.01» имели расширенные ПЗУ знакогенератора, содержавшие, как минимум, дополнительные наборы с русскими строчными и прописными буквами.

«Специалист»

Еще одним популярным радиолюбительским ПК был «Специалист», разработанный в 1985 году *Анатолием Волковым* (Днепродзержинск Днепропетровской области). Описание «Специалиста» появилось в журнале «Моделист-конструктор» в 1987 году. В этой модели также стоял процессор KP580BM80A, но с чуть большей частотой — 2 МГц, объем ОЗУ составлял 32 или 48 Кбайт, ПЗУ — от 2 до 14 Кбайт. Компьютер отличался очень простой и удачной схмотехникой, позволявшей процессору работать без каких-либо задержек со стороны видеоконтроллера и других компонентов ПК. Но главная его особенность — поддержка черно-белой графики с разрешением 384×256 точек. Текстового режима у «Специалиста» не было, символы, как и на БК-0010, выводились в графическом режиме, что, с одной стороны, замедляло отображение



Научно-производственное объединение «Электронмаш», 1988 г. В одном из научных комплексов объединения, где проектируются электронные устройства

текста, но с другой — позволяло без ограничений использовать любые символы, включая строчные русские и английские буквы. Эта разработка также была широко известна и чрезвычайно популярна среди радиолюбителей, которые вносили в нее разнообразные усовершенствования, например добавляли работу с цветом. В журнале «Моделист-конструктор» публиковались дампы программ в машинных кодах процессора для «Специалиста», в том числе Монитора, Бейсика, прикладных и игровых программ. Вообще, для этого ПК было создано большое количество разнообразных программ и игр, в основном перенесенных с других ПК. Для него также подходили многие программы от «Радио-86РК», хотя из-за различий в архитектуре этих ПК они часто нуждались

в адаптации. Из языков программирования для «Специалиста» были реализованы Ассемблер, разные варианты Бейсика, Форт, Паскаль и Си — надо сказать, весьма неплохой набор на разный программистский вкус.

Как и «Радио-86РК», «Специалист» не остался без внимания промышленности: немало заводов выпускали его полные аналоги, такие как «Лик», «Радуга», «Дон», «Квант», «Спутник», «Сэтик», «Пионер» и др.

«Лик» — наиболее известный серийный вариант «Специалиста» — выпускался Черновицким научно-производственным объединением «Электронмаш» с 1988 года. Он имел 48 Кбайт ОЗУ и от 2 до 12 Кбайт ПЗУ. Полностью совместим со «Специалистом». Стоил, в зависимости от объема ПЗУ, от 398 до 543 рублей.

В целом «Специалист» и его промышленные «клоны» — разработки удачные и интересные. Хотя в сравнении с тем же первенцем, БК-0010, это опять определенный шаг назад («Специалист» в стандартном варианте не имел поддержки цвета, да и процессор у него попроще — всё тот же 8-разрядный КР580ВМ80). Однако такая ситуация естественна: «Специалист» создавался как любительский ПК на самой доступной и ходовой элементной базе, а для производства БК была, можно сказать, задействована вся мощь

Министерства электронной промышленности. Кое в чем «Специалист» был даже лучше: оперативная память пользователя в варианте с 48-килобайтным ОЗУ у него в два с лишним раза больше, чем у БК, а это один из важнейших параметров любого ПК.

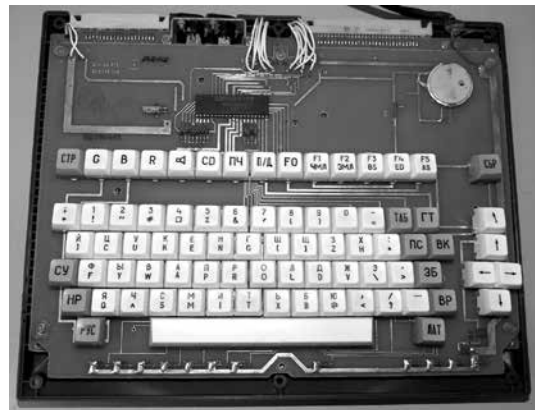
«Львов»

Рассмотрев простейшие 8-разрядные модели класса «Радио-86РК» и «Специалист», перейдем к более сложным компьютерам. Начнем с ПК-01 «Львов», разработанного в 1986 году в Львовском политехническом институте и выпускавшегося Львовским производственным объединением им. В.И. Ленина. Процессор в нем все тот же — КР580ВМ80А, но графические возможности явно лучше. По графике он очень похож на БК-0010 — те же 4 цвета при разрешении 256×256 точек, но в отличие от БК для этих 4 цветов можно выбрать одну из 128 палитр, содержащих разные комбинации 8 цветов (черный, белый, красный, зеленый, синий, голубой, пурпурный, желтый). Это усовершенствование значительно разнообразит графику, хотя, надо отметить, в большинстве игр все равно используются те же самые цвета, что и на БК, — черный, синий, зеленый и красный — просто потому, что они позволяют получить наибольший цветовой охват, а смешивание их в шахматном порядке дает еще 6 хороших цветов и оттенков.

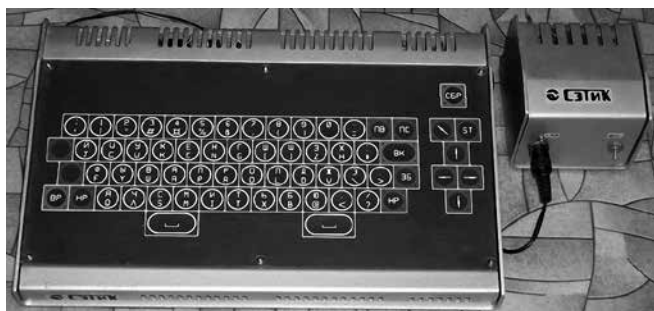
Кроме того, «Львов» был снабжен значительно большим объемом ОЗУ, чем БК, — 64 Кбайт, из которых 16 Кбайт занимала видеопамять. Объем ПЗУ — 16 Кбайт, и в нем, естественно, хранился Бейсик. У этого ПК было несколько интересных особенностей: например, тот же Бейсик при включении компьютера сначала частично копировался



ПК-01 «Львов»



ПК-01 «Львов»: без крышки



«Сэтик»



«Пионер» («Специалист»)

мер видимой области экрана составлял лишь 225×200 точек, то есть использовать довольно широкие полосы по периметру экрана, занимающие почти треть видеопамети, не рекомендовалось, поскольку они могли оказаться вне экрана телевизора. Специального звукового генератора у «Львова» не было — звук выводился чисто программно с полной загрузкой процессора.

Восьмиразрядный процессор работал на неплохой частоте — примерно 2,2 МГц, но при этом сильно тормозился видеоконтроллером и считался медленным. В общем, эта модель имела как некоторые достоинства, так и определенные недостатки. Популярность «Львова» была весьма велика, особенно на Украине. Это не удивительно, поскольку, по имеющимся у нас данным, эта модель была выпущена в количестве около 80 тыс. штук, то есть всего в два раза меньше, чем БК-0010/БК-0011. Соответственно, для «Львова» было создано достаточно много программ, особенно игр, причем вполне серьезного уровня. По количеству и качеству игр ПК-01 «Львов» можно поставить на третье-четвертое место среди чисто советских домашних ПК — после БК-0010 и «Вектора-06Ц», примерно на уровне ПК8000 (если не учитывать «радиолубительские» компьютеры «Специалист» и «Орион-128», для которых также было написано много хорошего ПО). Цена компьютера была повыше, чем у более простых домашних моделей, — 750 рублей, но она вполне оправданна наличием цветной графики и довольно большим объемом памяти. Еще один интересный факт: «Львов» чуть ли не единственный из всех советских домашних ПК активно рекламировался в конце 1980-х годов по Центральному телевидению — многие, наверное, хорошо помнят этот ролик с Ефимом Шифриным и известными детьми-актерами (<https://www.youtube.com/watch?v=wkqfxxWUEtg>).

«Сура» и компания

Следующее интересное семейство отечественных компьютеров — ПК8000. Они разработаны на Пензенском заводе вычислительных электронных машин в 1986–1987 годах и выпускались на разных предприятиях под названиями «Сура», «Веста» и «Хобби». Семейство замечательно, прежде всего, тем, что имеет 15-цветную графику с такой же организацией экрана, как у зарубежных ПК стандарта MSX. То есть в графическом режиме разрешение 256×192 точки, разбитых на знакоместа (горизонтальные черточки) размером 8×1 точек, и для каждого знакоместа можно выбрать один из 15 цветов фона и один из 15 цветов изображения. Такая структура экрана позволяет получить довольно детальную и качественную многоцветную графику в играх или при выводе простых картинок, но не очень хорошо подходит для отображения произвольной сложной цветной графики.

Более того, у ПК8000 было еще два так называемых текстовых режима с программируемым знакогенератором. Первый из них монохромный (для всего экрана можно выбрать только один из 15 цветов фона и один из 15 цветов изображения) с отображением 24 строк по 40 символов в каждой (размер символа 6×8 точек), а второй цветной (для каждой из 32 групп по 8 символов знакогенератора можно выбрать свое сочетание цвета изображения и фона) с отображением 24 строк по 32 символа (размер символа 8×8 точек). Хитрость заключалась в том, что знакогенератор (изображения 256 символов, по 8 байт (8×8 точек) на символ) хранился не в ПЗУ (где его изменить нельзя), а в ОЗУ (видеопамяти), поэтому в качестве символов программист мог задать не только обычные буквы, цифры и т. д., но и элементы графики, из которых затем составлялось изображение на экране. Соответственно, для изменения изображения на экране в текстовом режиме не требовалось изменять графический кадровый буфер сравнительно большого размера (6–12 Кбайт), достаточно было манипулировать лишь текстовым буфером экрана, имеющим размер всего 768 байт (то есть просто менять коды символов для матрицы экрана 32×24), что позволяло чрезвычайно быстро, практически мгновенно полностью менять изображение на экране: сдвигать его часть или весь экран, циклически менять одни коды на другие (анимация) и т. д.



«Сура» ПК8000



«Сура» ПК8000: герконовая клавиатура

Таким образом, компьютеры «Сура» ПК8000 были фактически первыми советскими домашними ПК, способными отображать многоцветную графику, чуть-чуть опередив в этом «Вектор-06Ц», а также практически единственными (не считая ПК8002), которые имели программируемый аппаратный знакогенератор, а следовательно, все связанные с ним преимущества в играх. Размер видеопамяи 16 Кбайт, из которых для хранения графического экрана было достаточно 12 Кбайт, а в текстовых режимах использовалось всего 3–3,5 Кбайт (но можно было разместить в видеопамяи несколько знакогенераторов, ка-

дровых буферов или цветовых таблиц). Оперативная память пользователя — 48 Кбайт, постоянная — 16 Кбайт с Бейсиком.

Остальные характеристики ПК8000 несколько неоднозначные: процессор 8-рядный КР580ВМ80А с хорошей частотой (2,5 МГц), но с сильным торможением со стороны видеоконтроллера; звуковой генератор отсутствовал — однобитный звук выводился программно; высокого разрешения графики и текста не было — это ограничивало возможности его профессионального применения. В рекламной информации компьютер заявлялся чуть ли ни как полный аналог MSX, но, конечно, серьезной совместимости с MSX у него не было — процессор другой, поддержка спрайтов и звуковой генератор отсутствовали. Некоторая совместимость сохранялась только в версиях Бейсика, но также не полная. Однако ПК8000, безусловно, можно назвать очень интересным компьютером, имевшим хорошие возможности, прежде всего для игр и обучения. Компьютер был довольно известен, рекламировался в разных журналах, нередко встречался в продаже, правда, стоил почему-то дороже других советских бытовых ПК — порядка 1000–1150 рублей, что, с одной стороны, понятно: все-таки поддержка 15 цветов и довольно интересные игровые возможности, но с другой — тот же «Вектор-06Ц», имевший в среднем явно лучшие характеристики, стоил ощутимо дешевле — 750 рублей.

Для ПК8000 написано несколько десятков хороших игр (в основном, конечно, перенесенных с MSX), но в целом по количеству программ и игр он заметно отставал от некоторых других популярных советских моделей, особенно от БК-0010/0011 и «Вектора-06Ц».

ПК8002 «Эльф»

Как уже упоминалось, характеристики ПК8000 вызывали двойственные чувства: с одной стороны, разработчики попытались создать аналог популярных японских игровых ПК стандарта MSX, с другой — им удалось это лишь частично, примерно на четверть. В результате получился компьютер, который и игровым можно назвать лишь с натяжкой (из-за отсутствия спрайтов и аппаратного звукогенератора), а универсальным тем более: в неигровой сфере его графические возможности очень ограничены: взять хотя бы разрешение экрана — 256×192 точки, которого маловато даже для простейшего профессионального использования — скажем, для полноценной работы с текстами.

Однако идея сделать советский MSX-совместимый компьютер не покидала умы наших инженеров, и в 1989 году уже другие разработчики — из московского НИИсчетмаша — создали значительно усовершенствованный вариант под названием ПК8002 «Эльф», возможности которого отчасти приближались уже к стандарту MSX2 — одному из лучших с точки зрения графики в мире 8-разрядных компьютеров. В ПК8002 появилась поддержка и высокого разрешения — до 512×212 точек (но только в монохромном режиме), и программируемой палитры с 256 цветами, и, самое главное, аппаратных трехцветных спрайтов — до 64 штук размером до 16×212 точек каждый. Правда, объем ОЗУ оставался прежним — 64 Кбайт (из которых около четверти занимала видеопамять), а этого для продвинутого игрового ПК было явно маловато (в те годы начали массово появляться советские домашние ПК со 128-килобайтным ОЗУ: БК-0011, ПК-6128Ц, «Юниор», «Арго», «Ассистент», «Поиск», Spectrum-совместимые и т. д.). А ПЗУ и вовсе сократили с 16 до 4 Кбайт,



ПК8002

в которых помещалась только программа-монитор и знакогенератор. Соответственно, Бейсик приходилось грузить с магнитофонной кассеты в ОЗУ, а максимальный размер программ на Бейсике был в три раза меньше, чем у ПК8000. По количеству микросхем — около 140, причем все на одной плате, — это был самый сложный из отечественных домашних ПК, за исключением «Ассистента-128» и некоторых других IBM-совместимых. Тем не менее в ПК8002 на обычных стандартных логических микросхемах реализовано примерно то, что в ПК MSX2 сделано на довольно мощной специализированной БИС видеопроцессора Yamaha V9938. В качестве трехканального звукогенератора использовалась хорошо знакомая нам микросхема KP580ВИ53, причем имелась программная регулировка общей громкости (32 уровня), а также генератор шума. В отличие от компьютеров MSX2, оснащенных процессорами Z80 с частотой 3,58 МГц, в ПК8002 применен наш старый знакомый — советский микропроцессор KP580BM80A с максимально возможной для него стандартной частотой 2,5 МГц. Причем процессор заметно тормозился видеоконтроллером, особенно при отображении спрайтов.

Таким образом, по графическим и звуковым возможностям ПК8002 превосходил почти все отечественные ПК, кроме «Вектора-06Ц», хотя в качестве игровой приставки он теоретически выигрывал и у «Вектора». Однако из-за запоздалого появления и очень незначительного объема выпуска он, конечно, не мог конкурировать по количеству и качеству игровых программ ни с «Вектором», ни с БК-0010, ни с большинством других отечественных ПК. Собственно, игр, широко использующих спрайтово-тайловые возможности этого ПК и визуально значительно превосходящих аналоги на других советских ПК, почти не было. И все-таки отдадим должное ПК8002 и его разработчикам: он был единственным из наших ПК с такой мощной аппаратной поддержкой игр. Впрочем, на несколько лет раньше него — в 1986 году — появился советский игровой автомат ТИА-МЦ1 (а на нем знаменитые игры — «Конек-Горбунок», «Снежная королева» и др.), который имел очень похожие характеристики графики, звука и процессора: так же как и ПК8002, поддерживал аппаратные спрайты, палитру до 256 цветов при 16 цветах, выводимых на экран одновременно, 3-канальный звук и процессор KP580BM80A. Но ТИА-МЦ1, конечно, не был домашним компьютером. Да и насчет спрайтов ситуация далеко не однозначная — фактически они нужны исключительно для игр, причем в случае отсутствия аппаратной поддержки ничто не мешает имитировать их программно, как это делалось на БК-0010, «Векторе-06Ц», «Львове», IBM PC, Apple II, ZX Spectrum, Amstrad CPC и множестве других компьютеров.

Другие 8-разрядные модели

«Юниор ФВ-6506»

Рассмотрев достаточно подробно основные типы советских домашних ПК, перейдем к менее известным и менее массовым, но в чем-то по-своему интересным и уникальным моделям. Одна из них — «Юниор ФВ-6506», выпускавшаяся с 1990 года Киевским заводом управляющих и вычислительных машин (УВМ). Компьютер основан на стандартном процессоре КР580ВМ80А, но выделяется довольно большим объемом ОЗУ — 128 Кбайт и хорошей 88-клавишной клавиатурой. Правда, ПЗУ — всего 2 Кбайт. А необычен он тем, что изначально позволял запускать операционную систему СР/М-80 с кассеты, а не с дискеты, то есть работать с настоящей ОС СР/М без дисковода, на обычном бытовом магнитофоне. При этом «Юниор» имел специальные выходы для автоматического управления магнитофонами, снабженными специальными входами для внешнего управления, которые были, например, у моделей с электронным управлением «Маяк-231, -232, -233 и -240». С таким магнитофоном компьютер, используя предварительно отформатированные кассеты, мог работать в СР/М точно так же, как с дисководом, только, разумеется, гораздо медленнее. Впрочем, магнитофон мог быть и любой другой, но тогда управлять им приходилось уже вручную. В общем, пользователям «Юниора» были доступны многие прелести СР/М: трансляторы разных языков программирования, текстовые редакторы, электронные таблицы, базы данных, игры и т. д. Правда, все это только в текстовом виде, без графики, поскольку стандартные программы для СР/М графику не поддерживали. Однако текстовый режим у «Юниора» был самый что ни есть классический — 25 строк по 80 символов. Причем текст и псевдографика могли быть цветными — поддерживалось две палитры по 8 цветов в каждой.



«Юниор ФВ-6506»



«Юниор ФВ-6506»: вид разъемов сзади

Еще одной редчайшей особенностью «Юниора» было наличие почти настоящей графики, реализованной на той же микросхеме КР580ВГ75, которая обычно использовалась только для вывода текста, как, скажем, на ПК «Радио-86РК» и совместимых с ним. Хотя разрешение графики у «Юниора» невысокое — всего 240×120 точек, это намного лучше, чем классическая текстовая псевдографика с разрешением 128×50 или около того. При этом для графики доступны те же две палитры по 8 цветов. Звук одноголосный, зато через микросхему КР580ВИ53, то есть воспроизводится без загрузки процессора. Стоил «Юниор ФВ-6506» немало — 1000 рублей, но цена была вполне оправданна большим объемом памяти и другими вышеописанными достоинствами компьютера.

«Арго ФВ-6511»

Еще один уникальный ПК от тех же киевских разработчиков — «Арго ФВ-6511», выпущенный Киевским производственным объединением «Электроприбор» с 1991 года. Внешне и внутри он очень напоминал «Юниор», но в качестве процессора использовался уже Z80 или его аналог, а графические возможности были еще более расширены: максимальное разрешение графики у «Арго» составляло 640×200 точек, причем виде-

оконтроллер был основан на все той же микросхеме КР580ВГ75 (!), которая обычно использовалась только для текстового режима. Более того, «Арго» после загрузки в ОЗУ специальной программы мог полностью имитировать ZX Spectrum, что позволяло задействовать не только программы для CP/M, но и богатейшую библиотеку программ для ZX Spectrum.



«Искра 1080 Тарту»



«Искра 1080 Тарту»: разъемы (вид сзади)

«Искра 1080 Тарту»

На Курском ПО «Счетмаш» с 1988 года выпускался ПК «Искра 1080 Тарту» — весьма оригинальная модель на процессоре КР580ВМ80А. Компьютер имел хороший объем ОЗУ (64 Кбайт) и ПЗУ (20 Кбайт), причем в ПЗУ был не только Бейсик, но также программа-монитор,

дизассемблер и загрузчик дисковой СР/М (часть этих ПК сразу была оснащена встроенными контроллерами дисководов на основе микросхемы КР1818ВГ93, а в остальные можно было запааять недостающие детали). Интересные его особенности: возможность одновременной совместной работы ОЗУ и ПЗУ в одном адресном пространстве процессора без использования страничной адресации, а также двухплоскостная организация видеопамати и программируемая палитра, что давало возможность регулировать размер видеопамати в зависимости от требуемой цветности. При 2 цветах (монохромная картинка) было достаточно 12 Кбайт видеоОЗУ, а для 4 цветов задействовалось уже 24 Кбайт. То есть графика была 4-цветная (с произвольным выбором цвета для любой точки), но с программируемой палитрой (из 16 цветов) и достаточно высокого разрешения — 384×256 точек. Кроме того, модификация «Искра 1084» позволяла использовать вдвое большее разрешение — 768×256, более удобное для профессионального применения ПК. «Искра» имела хорошую герконовую клавиатуру и допускала расширение возможностей через два системных разъема. Правда, звуковой генератор отсутствовал — как и у большинства других моделей, звук воспроизводился программно.

«Орион-128»

В 1989 году подмосковными любителями-энтузиастами Вячеславом Сафроновым, Владиславом Сугоняко и Константином Коненковым был разработан еще один замечательный «радиолюбительский» 8-разрядный ПК — «Орион-128». Его подробное описание опубликовано в журнале «Радио» в 1990–1991 годах, то есть он фактически предлагался журналом в качестве более совершенной замены уже полностью устаревшего к тому времени (из-за отсутствия поддержки графики) «Радио-86РК». При этом «Орион» был частично совместим и с РК86 (клавиатура, форматы хранения данных на кассете), и с другим популярным радиолюбительским ПК — «Специалистом» (формат графического экрана). По всей видимости, в нем также были использованы какие-то идеи (возможно, размещение электронного диска во второй странице ОЗУ) от еще одного подобного незаурядного ПК — «Океан-240» (на него есть ссылка в списке литературы к первой статье об «Орионе»). По словам авторов, главной их задачей было создание достаточно простого ПК («Орион» в стандартной конфигурации имеет 59 микросхем, а в минимальной — с 64-килобайтным ОЗУ и без поддержки цвета — 42 микросхемы), не содержащего дорогих и дефицитных компонентов, но с широкими возможностями, в том числе графическими. Соответственно, в качестве процессора был выбран КР580ВМ80А как наиболее дешевый и доступный для

любителей, причем схемотехника «Ориона» такова, что процессор работает «на полную мощность» на максимальной для него стандартной частоте 2,5 МГц и без каких-либо задержек, что делает «Орион», наряду с ПК «Корвет», самым быстрым компьютером на базе этого процессора (даже «Вектор-06Ц» с частотой 3 МГц работает несколько медленнее из-за торможения процессора видеоконтроллером).

В стандартном варианте «Орион» оснащен 128 Кбайт ОЗУ (две страницы по 64 Кбайт, возможно простое расширение до четырех страниц, то есть 256 Кбайт) и всего 2 Кбайт ПЗУ (с записанной в нем программой Монитор, которую можно использовать, в частности, для загрузки других программ с магнитофона либо для ввода их с клавиатуры и сохранения на магнитофон). Предусмотрено три графических режима (разрешение во всех трех одно — 384×256 точек): а) монохромный с двумя палитрами (черно-зеленой или желто-голубой), использующий всего 12 Кбайт видеопамяти; б) 4-цветный с произвольным выбором цвета точек и также двумя разными палитрами (задействуются две «плоскости» по 12 Кбайт, причем вторая плоскость находится в тех же адресах, что и первая, но на второй 64-килобайтной странице ОЗУ); в) 16-цветный с цветовыми атрибутами наподобие MSX (для каждого байта (8 точек) основной видеопамяти в дополнительном цветовом буфере такого же объема указывается байт, содержащий 4 бита цвета изображения (они определяют цвет «единиц» в основной видеопамяти) и 4 бита цвета фона (задают цвет «нулей» в видеопамяти). В целом графические возможности более чем серьезные: во-первых, «средневысокое» разрешение 384×256 точек означает очень хорошую четкость как в играх, так и в других программах (типичное разрешение текста — 64×25 символов); во-вторых, предусмотрен настоящий цветной графический режим с произвольным выбором цвета, удобный для широкого круга программ (правда, всего четыре цвета, но две палитры и опять же высокое разрешение, позволяющее создавать дополнительные «псевдоцвета» за счет пространственного сочетания четырех основных цветов); в-третьих, для игр и других программ, требующих многоцветной графики, есть прекрасный 16-цветный режим, «как на MSX», причем с разрешением экрана в 2–4 раза бóльшим, чем на таких игровых моделях, как MSX, ZX Spectrum, Atari или Commodore 64.

Интересна и организация экрана: в отличие от большинства других ПК, изображение в видеопамяти хранится не построчно, а «постолбцово» — младший байт 16-битного адреса задает положение в столбце экрана высотой 256 точек (то есть задается номер строки экрана), а старший байт указывает на номер столбца. Это упрощает, а в ряде случаев существенно ускоряет вывод графики на экран (подобная организация экрана была также в «Специалисте» и «Векторе-06Ц»). При этом, так же

как и у «Вектора», цвет точки хранится не в соседних битах одного байта (как у БК-0010 и др.), а в разных «плоскостях», что позволяет, например, заметно ускорить сдвиг частей экрана — можно сдвигать лишь одну «плоскость» (один цвет), что требует вдвое меньшего времени.

Более того, во всех режимах экрана можно использовать до четырех независимых кадровых буферов с мгновенным аппаратным переключением между ними, что, конечно, также может быть полезно для игр и других программ, воспроизводящих динамичное изображение. Для «Ориона-128» его разработчики изначально создали оригинальную операционную систему ORDOS, аналогичную CP/M, но рассчитанную на работу не с флоппи-дисковыми, а с ROM-дисками (дополнительные блоки ПЗУ), RAM-диском (в качестве его обычно использовалась вторая 64-килобайтная страница ОЗУ) и магнитофоном. ORDOS позволяла достаточно комфортно работать с компьютером без дорогостоящих дисководов, и это было уникальной особенностью «Ориона». Для большинства других ПК таких удобных систем (тем более стандартных, изначально предусмотренных разработчиками) практически не существовало (нечто похожее, но в более простом виде реализовано лишь у ранее упомянутых «Юниоров ФВ-6506»).

Из относительных недостатков «Ориона» можно отметить отсутствие аппаратных скроллингов (быстрого сдвига экрана без загрузки процессора), высоких разрешений экрана (вроде 512×256 или 640×200 точек), аппаратного звукогенератора (звук формируется чисто программно, с большой загрузкой процессора).

Небольшое отступление

О микропроцессорах, министерствах и советской специфике

При рассмотрении характеристик советских домашних ПК бросается в глаза одно обстоятельство: практически все они были созданы на основе самого простого 8-разрядного процессора КР580ВМ80А, который, вообще говоря, был не самым лучшим и удобным, поскольку требовал целых три напряжения питания (+5, -5 и +12 В) и несколько дополнительных микросхем обслуживания, да и по скорости теоретически уступал многим другим 8-разрядным процессорам. Это тем более странно и непонятно, если вспомнить, что с середины 1970-х и до середины 1980-х годов почти все советские ПК, например наши первые ПК «Искра-226», ДВК, БК-0010, ТЗ-29МК, «Электроника-85» и другие, а также микроЭВМ, в частности «Электроника-60», «Электроника С5», «Электроника НЦ» и т. д., имели более прогрессивные и удобные для программиста 16-разрядные процессоры. Получается, что в середине 80-х, когда

началась разработка основных советских домашних ПК, произошел какой-то явный регресс: вместо перехода на новые 16- и 32-битные процессоры, как это было, например, в США, вдруг начался массовый выпуск 8-разрядных ПК, да еще на процессоре 10-летней давности, хотя советская промышленность в те годы выпускала десятки видов микропроцессоров, среди которых 8-разрядных почти и не было — большинство 16-разрядные или секционные, позволявшие создавать компьютеры любой разрядности, вплоть до 32 бит.

Главная причина выбора КР580ВМ80А довольно проста. Дело в том, что большинство советских домашних компьютеров разработаны любителями-энтузиастами или профессионалами-энтузиастами, то есть равнодушными людьми, по собственной инициативе и, как правило, на собственные средства, а не по заданию министерств, ведомств или руководства предприятий. Естественно, эти энтузиасты задействовали в своих конструкциях не самые лучшие по характеристикам, а дешевые и доступные процессоры, каковыми в то время как раз и являлись 8-разрядные ВМ80, а также самые дешевые и доступные микросхемы других видов — контроллеры, таймеры, ОЗУ, ПЗУ и т. д. Эти микропроцессоры и сопутствующие микросхемы выпускались в СССР с 1977 года и широко применялись для создания разнообразных контроллеров, простых управляющих микроЭВМ, периферийных устройств для компьютеров, в разной радиоаппаратуре типа измерительных приборов, музыкальных синтезаторов и т. д. Единственный известный пример использования этих процессоров в профессиональных компьютерах — мини-ЭВМ СМ 1800, разработанная в конце 1970-х. С начала 1980-х выпускались также малоизвестные рижские ПК «ВЭФ-Микро», практически не выходившие за пределы Латвии. И это всё! Далее, вплоть до 1986 года, никаких серийных компьютеров универсального назначения на этом процессоре не было.

Негативную роль в судьбе советских ПК сыграла ведомственная разобщенность, доходившая чуть ли не до открытого противостояния и «ревности» руководителей основных министерств, выпускавших электронику в СССР. Так сложилось, что Министерство электронной промышленности (МЭП, все компьютеры под маркой «Электроника») с 1970-х годов ратовало за выпуск исключительно 16-разрядных микропроцессоров и ЭВМ как собственной архитектуры «Электроника НЦ» (от которой отказались в начале 80-х в пользу DEC), так и аналогов американской архитектуры DEC PDP-11/LSI-11 (но выпускало и ряд моделей на секционных процессорах или мелкой логике — скажем, ДЗ-28 и ТЗ-29 — на основе архитектур Wang и HP). Три других важнейших ведомства, производивших вычислительную технику, — Министерство

радиопромышленности (МРП), Министерство приборостроения и средств автоматизации (Минприбор, техника под маркой «Искра») и Министерство связи (до 1989 г. — Министерство промышленности средств связи) — занимали как бы более гибкую позицию: ориентировались в основном на 8- и 16-разрядные процессоры американской фирмы Intel (чьи советские аналоги производил тот же МЭП), но также выпускали ЭВМ на основе архитектур IBM (знаменитая серия ЕС ЭВМ), Hewlett-Packard (разные «Искры»), Wang («Искра-226»), Apple (ПК «Агат») и др.

Вообще говоря, основным министерством, призванным выпускать компьютеры универсального назначения в СССР, было МРП, а главным производителем элементной базы (микросхем и т. д.) — МЭП. На первый взгляд вроде бы и неплохо: каждое министерство выпускает какие-то свои ЭВМ, обеспечивая необходимое разнообразие для разных сфер применения. Однако пикантность ситуации заключалась в том, что МРП, Минприбор и Минсвязи всегда обвиняли МЭП в недостаточном снабжении современной элементной базой, а МЭП в то же время сетовал на то, что другие министерства не хотят использовать современные подходы и современные комплектующие, предпочитая работать по старинке, да еще и слабо помогают МЭП в разработке и производстве оборудования и материалов для электронной промышленности. В результате в СССР к началу 1980-х сложилась такая практика: предприятия МЭП использовали в своих ЭВМ («Электроника-60», НЦ-8001, ДВК, БК, «Электроника-85», УКНЦ и др.) самую современную элементную базу — 16-разрядные PDP-11-совместимые процессоры, специализированные микросхемы на основе базовых матричных кристаллов (БМК), 16-разрядные масочные ПЗУ, динамические и статические ОЗУ сравнительно большой емкости и т. д. В это же время в рамках МРП и Минприбора на протяжении всех 80-х годов массово производились компьютеры с явно устаревшими процессорами на мелкой логике («Искра-1256», «Искра-226») и секционных микропроцессорах, а также на простейших 8-битных микропроцессорах (правда, с середины 80-х и на основе достаточно современных 16-битных аналогов Intel 8086/8088). Причем по какой-то причине наиболее продвинутые ПК и микроЭВМ на базе PDP-совместимых процессоров разрабатывались и выпускались практически только Министерством электронной промышленности.

Вся эта межведомственная специфика, безусловно, отразилась и на домашних ПК: если МЭП выпускал достаточно современные и уникальные 16-битные БК-0010/0011 (с использованием БМК и 8-килобайтных масочных ПЗУ), то предприятия, относящиеся к другим министерствам, вынуждены были довольствоваться самыми простыми 8-битными процессорами и фактически не могли использовать БМК (что заметно усложняло

конструкцию ПК, даже несмотря на частичную замену БМК микросхемами программируемых логических матриц (ПЛМ) и ПЗУ), применяли в основном устаревшие 2-килобайтные ПЗУ (8-килобайтные были дефицитными) и т. п. Со стороны все это выглядело так, будто МЭП самым бесхитростным способом сдерживал «конкурентов», просто не поставляя им современные процессоры и другие микросхемы, но сам при этом пользовался всеми достижениями советской микроэлектроники (на «саботаж» со стороны МЭПа жаловались «открытым текстом», к примеру, производители ПК «Корвет»).

При этом компьютеры, созданные в МЭП, все же имели крайне ограниченную номенклатуру (например, из домашних долгое время предлагались лишь БК-0010 и затем (с 1989 года) — БК-0011/0011М) и нередко справедливо критиковались за многочисленные недостатки. Тот же БК-0010 — очень хороший ПК, особенно для первой половины 80-х, но для конца 80-х — начала 90-х 4-цветная графика и 32 Кбайт ОЗУ — не совсем то, чего хотели бы компьютерные энтузиасты тех лет. В то же время такие выдающиеся модели, как «Вектор-06Ц», ПК8000, ПК8002 или ПК-6128Ц, явно превосходившие БК практически по всем характеристикам (за исключением архитектуры процессора), оставались как бы на положении «бедных родственников»: их разработчикам и производителям приходилось ориентироваться только на самую простую, стандартную и недефицитную элементную базу, и почти никакой информации в прессе об этих неординарных ПК не распространялось (в отличие от БК, который хоть и с запозданием, но все же с 1985–1986 года был, можно сказать, обласкан (и вполне заслуженно) советскими научно-популярными, радиолюбительскими и компьютерными журналами).

Судя по номенклатуре выпускаемых домашних ПК, советские 16-битные микропроцессоры и 16-разрядные технологии в целом (предполагавшие обычно применение также соответствующих БМК и ПЗУ) за пределами МЭП были практически недоступны, и большинству разработчиков ничего другого не оставалось, как использовать только самый простой и массовый отечественный микропроцессор тех лет — КР580ВМ80 (впрочем, к концу 80-х стали доступнее и более современные 8-разрядные ИМ1821ВМ85 (аналог Intel 80С85) и 16-разрядные К1810ВМ86 и ВМ88). Однако особой трагедии в этом не было, для любителей-энтузиастов КР580ВМ80А оказался вполне удобен: во-первых, многим из них он был хорошо знаком по уже выпускавшейся технике; во-вторых, они понимали, что для создания доступного по стоимости и возможностям самостоятельной (да и промышленной) сборки ПК нужно использовать в нем наиболее распространенные и дешевые микросхемы, так или иначе доступные для приобретения простыми радиолюбителями либо заводами-изготовителями;

в-третьих, параметры этого процессора оставались еще достаточно приличными — по скорости работы он вполне сопоставим как с типичными зарубежными 8-битными процессорами, так и с младшими 16-разрядным моделями.

На практике же приобрести любой 16-разрядный процессор было многократно труднее, чем VM80, который имел простую, хорошо отработанную и надежную конструкцию, стоил недорого, и его производили более полудесятка предприятий, в основном на Украине. Кстати, за рубежом ситуация была во многом схожая: при всем разнообразии выпускаемых 8-битных микропроцессоров почти никакого реального выбора у иностранных производителей 8-разрядных ПК мы не увидим: подавляющее большинство таких ПК было основано фактически лишь на двух близких по возможностям простейших процессорах или их аналогах — MOS6502 и Zilog Z80.

Наконец, в этой истории остается еще один важный вопрос: почему именно во второй половине 1980-х, а, скажем, не в начале 80-х, как на Западе, началась массовая разработка домашних ПК в СССР? Причин для этого несколько, притом весьма разных.

Вполне естественно, что в советской плановой экономике, практически лишенной конкуренции и существовавшей почти автономно от мирового рынка, не было никакой гонки в сфере потребительской электроники. В этой области СССР обычно лишь вынужденно следовал за западными странами, чтобы «не отставать от мирового уровня», и это уже автоматически означало отставание минимум на несколько лет (нужных для определения технологических и рыночных лидеров на Западе, освоения аналогичной элементной базы, создания аналогичных устройств, организации серийного производства и т. д.). Собственно говоря, как уже упоминалось в начале обзора, разработка недорогих ПК (в том числе бытового назначения), причем очень хорошего уровня, — сначала «Электроники ИЦ-8010» (с 1979 года), затем «Агата» (с 1981 года) и БК-0010 (также примерно с 1981 года) — началась в СССР еще на рубеже 70–80-х годов. Однако в начале 80-х производство ПК в СССР еще только зарождалось, о них вообще мало кто знал, и, естественно, не существовало никакого массового спроса на домашние ПК, да и внедрение профессиональных ПК проходило с трудом.

Лишь в 1982–1983 годах, когда вышли великолепные статьи в журнале «Радио» (о микропроцессорах и микроЭВМ в целом и о «Микро-80» в частности), широкие массы советских радиолюбителей узнали о том, что такое ПК и начали задумываться об их самостоятельном изготовлении или покупке. Кстати, примерно в эти же годы развернулось массовое производство домашних ПК на Западе, их стоимость резко

упала (в том числе в результате известной «ценовой войны» в США в 1983-м) — примерно с 300–1000 до 50–300 долларов, они стали появляться и в советских комиссионных магазинах (по явно спекулятивным ценам — где-то от 1500 рублей). Впрочем, информация о ПК — даже разработанных и производимых в СССР! — тогда была очень скудной. Скажем, тот же БК-0010 с 1983 года начал понемногу выпускаться (а с середины 1984-го уже поступал в магазины), но первая статья о нем появилась только в 1985 году (в новом специализированном журнале «Микропроцессорные средства и системы»), а в многотиражной прессе («Наука и жизнь») и того позднее — в 1986-м. И подобная ситуация в целом продолжалась вплоть до начала 1990-х. Узнать о многих отечественных ПК потенциальным покупателям было практически негде, поскольку массовой компьютерной прессы тогда еще не существовало (а новые, появившиеся в конце 1980-х журналы были в основном западного происхождения и писали почти исключительно об иностранных ПК или их отечественных аналогах), а советские многотиражные журналы подходили к информации весьма избирательно: каким-то моделям (БК, РК, «Специалист», «Микроша», «Агат», «Поиск», «Корвет», «Орион») уделяли внимание, а многие другие полностью игнорировали. При этом в журналах и книгах регулярно рассказывалось об иностранных ПК, в том числе из соцстран.

Еще одним важным событием, стимулировавшим отечественную компьютерную промышленность, явилось упомянутое решение Советского правительства (1985) о повсеместном изучении информатики в школах и оснащении учебных заведений компьютерами. Именно оно и подтолкнуло многих разработчиков к созданию новых недорогих ПК, поскольку стало ясно, что рождается огромная сфера сбыта компьютеров на достаточно длительный период.

В конце концов пресловутая «перестройка», начавшаяся в середине 1980-х, также послужила стимулом для многих предприятий. Внедрение рыночных принципов и кампания по конверсии военной промышленности вынуждали оборонные предприятия осваивать выпуск товаров народного потребления (ТНП), в качестве которых нередко выбирались именно простейшие домашние ПК, микрокалькуляторы и другая бытовая электроника. Это одна из причин того, что появилось так много советских моделей, выпускавшихся в очень скромных объемах — всего несколько тысяч (и даже сотен) штук в год. Понятно, что «коммерческий» смысл в таком производстве ПК почти отсутствовал (его объем был крайне невелик в сравнении с общим производством каждого завода), но это позволяло хоть как-то выполнять план по выпуску ТНП. А в начале 90-х, когда плановая экономика стремительно разрушалась и закупки традиционной продукции оборонных предприятий резко

сократились, выпуск бытовых ПК помогал некоторым заводам просто «продержаться на плаву».

При этом с конца 1980-х выпуск ПК все больше подчинялся рыночным законам. Для производства обычно выбирались не самые лучшие и современные модели, а те, которые были уже «раскручены» и позволяли получить наибольшую прибыль при минимальных затратах на организацию производства, поддержку пользователей и т. д., что и привело в результате к настоящему буму советских аналогов ZX Spectrum, оказавшихся просто идеальными для отечественных предприятий (простота конструкции и минимальная себестоимость при высоких розничных ценах, огромный выбор уже готовых программ, в том числе игр, поддержка в прессе и т. д.).

Таким образом, возникла парадоксальная ситуация: если до середины 1980-х отечественные ПК были почти исключительно 16-разрядными и временами даже опережали зарубежные достижения (как в случае с БК-0010), то с 1986 года из-за массового появления различных любительских и домашних ПК в СССР начался странный процесс резкого смещения в сторону более старых и более простых 8-разрядных процессоров, в то время как за рубежом, наоборот, появились и начали набирать силу ПК нового поколения — с 16-разрядными процессорами, частично 32-разрядными и даже полностью 32-разрядными. Это такие модели, как Macintosh, Amiga, Atari ST, Acorn Archimedes, IBM-совместимые с 386-м процессором. Правда, новые зарубежные ПК все же были намного — в разы, а то и в десятки раз — дороже дешевых 8-разрядных компьютеров и, безусловно, относились к более высокому классу. Поэтому одновременно с новыми относительно дорогими моделями за рубежом достаточно долго — до середины 1990-х — продолжалось и производство простых 8-разрядных.

В результате, если в сегменте дешевых домашних компьютеров лучшие советские модели были вполне конкурентоспособны по своим параметрам, то в области более дорогих и мощных домашних ПК «конкурировать» оказалось почти нечем: в СССР таких моделей (промежуточных по цене и возможностям между обычными домашними и дорогими профессиональными) было очень мало. Иными словами, наблюдался явный дефицит современных ПК среднего уровня (стоимостью порядка 1500–3000 рублей), с более мощными процессорами, увеличенными объемами памяти и улучшенной по сравнению с дешевыми домашними моделями графикой, но еще относительно доступных по цене. К сожалению, наиболее продвинутые универсальные ПК, разработанные во второй половине 1980-х, либо выпускались в незначительном количестве (яркий пример — «Союз-Неон ПК-11/16», в области графики превосходивший большинство

зарубежных аналогов), либо были слишком сложны и дороги для более или менее массового домашнего пользователя (ДВК-4, «Электроника-85», IBM-совместимые ЕС-1841, «Искра-1030», «Истра-4816» и т.д.). Впрочем, ниша дорогих, «элитных» домашних компьютеров отнюдь не пустовала: в их качестве вполне успешно использовались как упомянутые профессиональные, так и лучшие учебные модели — «Агат», УКНЦ, «Корвет». С другой стороны, за рубежом у продвинутых и достаточно дорогих домашних ПК также была нелегкая судьба: такие компьютеры, как Amiga, Atari ST, Apple IIGS или Acorn Archimedes, хотя и были хорошо известны, обычно продавались в разы хуже дешевых 8-битных ПК, а в начале 1990-х и вовсе стали активно вытесняться недорогими моделями IBM-совместимых компьютеров.

Часть 3

Нашествие клонов: эпоха «Спектрума»

До конца 1980-х в СССР серийно выпускались только свои, оригинальные домашние ПК советской разработки. Но к 1989 году экономические условия изменились. В частности, появилась возможность без особых проблем ввозить импортные компьютеры и комплектующие, что еще в середине 80-х трудно было даже представить. То есть импортные ПК и компоненты, конечно, закупались и раньше, например те же компьютеры MSX для сферы образования (не говоря уже о разных ПК из соцстран — Болгарии, ГДР, Венгрии и т.д.), но делалось это централизованно и с соответствующими бюрократическими препонами. Итак, в конце 80-х — начале 90-х годов, перед окончательным открытием границ для импортных товаров и полным разрушением отечественной массовой электронной промышленности, был небольшой, но интересный период, который можно кратко и довольно точно назвать «нашествием клонов».

Советские «Синклеры»

Начиналось всё примерно так. В 1989–1990 годах в крупных городах на прилавках магазинов радиотоваров неожиданно стали появляться странные компьютеры с непонятными и неизвестными названиями типа «Магик», «Дельта», «Байт», «Синтез» и др., часто написанными латинскими буквами. Причем нередко они были в нехарактерных для советских ПК очень компактных, почти игрушечных корпусах и с такой же миниатюрной клавиатурой, испещренной английскими надписями. И стоили они намного дороже отечественных — примерно от 1000 до 1500 рублей. Поначалу вообще мало кто понимал, что это такое и зачем: программ для них в магазинах не было, никакой

информации в популярных журналах тоже. Многие думали, что это какие-то импортные модели, однако довольно быстро выяснилось, что это компьютеры советского производства, но полностью совместимые с известным английским ПК ZX Spectrum («Спектрум», иногда «Синклер» — по названию компании-разработчика Sinclair Research Ltd.). Впрочем, известен он был в основном в узких кругах, большинство же любителей-компьютерщиков в лучшем случае лишь что-то о нем слышали или читали, но никогда не видели: встретить оригинальный ZX Spectrum вживую в СССР было гораздо труднее, чем, например, такие иностранные ПК, как Atari, Commodore 64 или MSX. Да не очень-то и хотелось встречать: «Спектрум» практически по всем важным параметрам явно уступал и Atari, и MSX, и C64 и некоторым советским домашним ПК. Он не имел продвинутого 16-разрядного процессора, как БК-0010/0011 или IBM-совместимые «Поиск», «Ассистент» и т. д., не обладал высококачественной графикой и аппаратным звуком, как «Вектор», заметно уступал многим ПК в части клавиатуры и разъемов. Тем не менее количество «Спектрум»-совместимых советских моделей росло как снежный ком, и в начале 90-х их выпускали уже буквально десятки заводов, сильно отодвинув оригинальные отечественные разработки на задний план.

Несмотря на весьма разнообразный внешний вид — от множества грубоватых моделей полукустарного вида до очень элегантных, в духе лучших зарубежных ПК, «Магиков», «Кворумов», «Хоббитов», «Байтов» и т. д., почти все аналоги «Спектрума» были как две капли воды схожи по характеристикам: процессор Z80 (как правило, не сам оригинальный Z80 от фирмы Zilog, а какой-то немецкий, корейский, японский, российский (см. ниже) и тому подобный аналог) с частотой 3,5 МГц, 48 или 64 Кбайт ОЗУ (или 128 для клонов ZX Spectrum 128К, но их было во много раз меньше), 16 Кбайт ПЗУ (32 Кбайт для клонов 128 Кбайт), атрибутная графика 256×192 точки и т. д.

Когда в магазинах появились кассеты с играми для «Спектрума», прояснилось, наконец, главное достоинство этих ПК — огромное число уже готовых, разработанных в 80-х годах зарубежных



KP580IK80A



KP580BM80A



KP1858BM1_Квазар



KP1858BM1



T 34BM1_1991г 0П

игровых программ, по количеству и качеству которых с ним не могли конкурировать никакие другие модели, производимые в СССР.

Собственно говоря, массовый выпуск домашних ПК у нас и начался фактически с клонов ZX Spectrum. До этого многие советские модели зачастую выпускались всего по несколько тысяч в год каждая, а «Спектрум»-совместимых за пять-семь лет промышленного производства было выпущено порядка миллиона машин или даже больше! Поэтому для многих жителей СССР, как это ни парадоксально, знакомство с домашними компьютерами началось не с чисто советских ПК, а именно с аналогов иностранного ZX Spectrum (впрочем, оригинальных отечественных домашних ПК к началу 1990-х тоже было выпущено не так уж мало — ориентировочно никак не менее 500 тыс.). Известные примеры серийных моделей советских «Синклеров» —

«Байт», «Дельта», «Орель», «Кворум», «Магик», «Символ», «Урал», «Квант», «Импульс», «Сантака», «Форум», «Гамма», «Робик», «Синтез» и многие другие.

«Спектрум» как любительский ПК

В конце 1980-х, то есть в те годы, пока не было налажено их массовое промышленное производство, «Спектрум»-совместимые были также весьма популярны у радиолюбителей, занимавшихся самостоятельной сборкой ПК и нередко хорошо зарабатывавших на их кустарном изготовлении и последующей продаже. Как любительский ПК «Спектрум», безусловно, превосходил основные советские модели — «Радио-86РК» и «Специалист» — скоростью процессора и наличием многоцветной графики (у РК86 графики и цвета вообще не было, а у стандартного «Специалиста» графика монохромная), не говоря уже о программном обеспечении. Единственным недостатком была необходимость поиска



Цех сборки вычислительной техники. Производственное объединение «Импульс»

и приобретения импортного процессора, однако к концу 1980-х его (как и другие специфические компоненты для сборки — печатные платы, ПЗУ и т. д.) уже без особого труда можно было купить в крупных городах на радиорынках, а затем и в специализированных магазинах. Кроме того, несколько малых предприятий в первой половине 90-х предлагали схемы, детали и целые наборы для сборки очень продвинутых и привлекательных вариантов «Спектрума» со значительно расширенной памятью, повышенной тактовой частотой и улучшенными графическими возможностями, таких как «Пентагон», «Скорпион», «Профи» и «АТМ-Турбо».

Хотя первые схемы «Спектрум»-совместимых ПК появились еще в 1986 году (одновременно с «Радио-86РК» и на год раньше «Специалиста»), сам ZX Spectrum, безусловно, был менее известен радиолюбителям, поскольку никакой информации в журналах и другой прессе тогда еще не публиковалось. Да и с приобретением комплектующих были сложности. Распространение «Спектрума» и программ для него происходило стихийно и чуть ли не подпольно — через радиорынки и продвинутых знакомых радиолюбителей.

Однако с самого начала 90-х стала массово выходить литература на «спектрумовскую» тематику: описания игр и устройства ПК, программирование на Ассемблере и Бейсике, печатные и электронные журналы и т. п., что значительно подхлестнуло интерес к таким ПК как среди радиолюбителей, так и в более массовых кругах.

Отечественные программисты в 90-е годы внесли большой вклад в копилку ПО для «Спектрума»: ими было создано несколько удачных дисковых операционных систем (например, IS-DOS) и огромное количество системных, прикладных, игровых, обучающих и демонстрационных программ для ПК этого класса.

О советских аналогах «Спектрума»

В пользу советских клонопроизводителей говорит тот факт, что многие отечественные модели были заметно усовершенствованными версиями «Спектрума»: часто использовалась более удобная клавиатура с числом клавиш вплоть до 85, имеющая дополнительные кнопки управления курсором, отдельное цифровое поле и т. д. В отличие от оригинала, наши модели обычно сразу имели разъемы для джойстиков,



ZX Spectrum

а многие из них были оснащены и разъемами для принтера; некоторые имели расширенные графические возможности, сглаживающие характерные недостатки организации экрана «Спектрума», а также встроенный контроллер дисководов; поддерживали не только чисто спектрумовские операционные системы вроде TR-DOS, но и стандартную для 8-битных ПК ОС CP/M, имевшую большую библиотеку качественных программ.

Поскольку все аналоги «Спектрума» не были его полными копиями, а лишь «имитировали» работу спектрумовского «железа», причем конкретные схемы этих ПК были весьма разными и очень многочисленными, практически все отечественные клоны имели некоторую несовместимость с оригинальным ZX Spectrum — как программную (работали не все игры и демки либо работали неправильно или не совсем правильно), так и аппаратную (большие трудности подключения «фирменной» периферии от «Спектрума»). Особенно ухудшали совместимость какие-либо изменения в ПЗУ, которые были у многих моделей, например, для поддержки русского языка в Бейсике или для исправления ошибок «родного» интерпретатора. Впрочем, у большинства популярных моделей уровень совместимости по играм был достаточно высоким: на них работали примерно до 80–90% и больше оригинальных программ, а фирменной периферии у нас в продаже практически не встречалось: в качестве контроллеров дисководов и внешних интерфейсов обычно использовались отечественные разработки, созданные с учетом особенностей советских аналогов «Спектрума». Кроме того, в продаже у нас были, как правило, только «пиратские» версии игр в сборниках, где проблема совместимости уже учитывалась соответствующим подбором игр или их адаптацией. Для улучшения совместимости в некоторых моделях предусматривалось два переключаемых ПЗУ: стандартное ПЗУ от фирменного ZX Spectrum применялось для игр, а для выполнения некоторых других функций, например для поддержки русского языка в Бейсике, подключалось русифицированное ПЗУ.

Почему «Спектрум»?

Почему же именно «Спектрум» стал главным стандартом для советских домашних ПК первой половины 1990-х? Основной причиной, благодаря которой вообще появилась возможность выпускать полностью совместимые отечественные аналоги, была сравнительная простота архитектуры (всего один видеорежим, отсутствие аппаратных спрайтов, знакогенератора, скроллингов, звукового синтезатора и т. п.), позволявшая достаточно точно симитировать «Спектрум» на обычной советской элементной базе. При этом еще раз отметим, что наши аналоги, как правило, были основаны на любительских схемах «Спектрум»-совместимых ПК, разработанных

во второй половине 80-х, и эти схемы не являлись точной копией схемы «Спектрума», поскольку в деталях она вообще была неизвестна. В оригинальном ПК для удешевления производства вместо десятков отдельных логических микросхем была применена одна специализированная микросхема ULA, скрывавшая всю конкретную логику работы ПК. Поэтому авторы «Спектрум»-совместимых компьютеров отнюдь не копировали оригинальную схему, а искали собственные решения, лишь имитирующие работу прототипа в соответствии с известными внешними спецификациями, такими как распределение памяти, организация экрана и назначение портов управления.

Обычно советские аналоги содержали около 45–60 микросхем (максимум до 80), что делало их достаточно простыми и дешевыми в производстве, причем все чипы, кроме процессора, выпускались отечественной промышленностью. А с 1991 года, в период спектрумовского бума, у нас началось производство и своих процессоров, полностью совместимых с Z80 (КР1858ВМ1, она же Т 34ВМ1), и специализированных микросхем БМК (КА1515ХМ1–216, Т 34ВГ1 и др.), позволявших, как и в оригинале, разместить почти всю схему на одном чипе и сократить количество микросхем в минимальном варианте до 12 (оригинальный ZX Spectrum 48К был собран на 26 микросхемах, из них 16 — микросхемы ОЗУ). При этом стоили «Спектрум»-совместимые компьютеры по-прежнему недешево — порядка 1000–1500 рублей в советских ценах. Так что, судя по всему, еще одной важной причиной повышенного интереса наших электронных заводов к производству этих ПК была их высокая прибыльность (во всяком случае, на рубеже 1980–1990-х). Напомню, отечественные ПК обычно стоили заметно дешевле даже при значительно большей их сложности. Например, «Вектор-ОбЦ» продавался за 750 рублей при количестве микросхем от 83 до 97. Большим достоинством «Спектрума», с точки зрения производителя и тем более потребителя, было наличие огромного количества готовых программ для него, полностью избавлявших производителя от ненужной ему мороки, связанной с созданием и распространением «софта».

Таким образом, в начале 90-х «Спектрум»-совместимые ПК на рынке домашних компьютеров, по сути, играли роль IBM-совместимых на профессиональном рынке, то есть практически являлись стандартом де-факто. Для них можно было приобрести сотни и тысячи программ достаточно высокого уровня, разработанных в основном европейскими программистами в условиях жесткой конкуренции. В то же время чисто отечественные ПК заметно — практически в 10–20 и более раз — уступали «Спектруму» по количеству доступных программ, что было вызвано, прежде всего,

в десятки раз меньшим объемом выпуска наших ПК и более коротким периодом их производства. Да и по качеству программ «Спектрум», безусловно, выигрывал, поскольку рынок ПО для домашних ПК у нас был не развит, конкуренция среди советских программистов практически отсутствовала, большинство программ, особенно игр, создавалось отнюдь не профессиональными программистами, художниками и музыкантами, а простыми любителями — владельцами соответствующих ПК (впрочем, отчасти так было и со многими зарубежными ПК). Более или менее сопоставимое количество и качество программ и игр существовало, пожалуй, только для БК-0010/0011 и «Вектора-06Ц», но и они на порядок уступали в этом «Синклеру».

Отвечая на вопрос, почему все-таки именно зарубежный «Спектрум» стал основой «стандарта» домашних ПК, нужно заметить, что ничего необычного в выпуске нашими заводами аналогов каких-то иностранных компьютеров не было. Такое уже не раз происходило и до «Спектрума», как в случае с многочисленными советскими моделями, в той или иной степени совместимыми с компьютерами американских фирм DEC, HP, Wang, Apple и, конечно, с IBM-совместимыми ПК, которых наша промышленность к тому времени производила уже больше десятка видов. Причем копирование зарубежных разработок, как и в случае со «Спектрумом», всегда оправдывалось, прежде всего, тем, что можно снизить затраты времени и денег на создание программ, взяв готовые зарубежные.

Кроме того, к началу 90-х уже заработали новые рыночные принципы, довольно далекие от советских идеалистических представлений о том, что выпускаться должно было только все самое лучшее и современное. Как известно, в конкурентных рыночных условиях главное — не разработать и произвести, а продать, поэтому нередко



«Ратон-9003»



«Этон»

лидерами рынка становятся вовсе не лучшие товары, а те, которые активнее рекламируют и продвигают и которые позволяют получить наибольшую прибыль. Это хорошо видно на примере того же «Спектрума», который был далеко не лучшим домашним ПК 1980-х, но выпускался в разных модификациях почти 10 лет и являлся одним из наиболее популярных в Европе. Подобные рыночные механизмы сработали и у нас: изрядно устаревший и весьма спорный по параметрам «иностранец» ZX Spectrum с огромной библиотекой уже готовых программ, сравнительно простой и дешевый в производстве, но с высокой розничной ценой и первоначально неким налетом престижности, как у любой иностранной техники того времени, оказался выгоднее нашим заводам, чем даже значительно более совершенные советские разработки.

Нашествие клонов-2: IBM-совместимые

В конце 1980-х годов в СССР уже полным ходом шло производство IBM-совместимых компьютеров профессионального назначения на советской элементной базе, но были они слишком дорогими — продавались примерно по цене хорошего автомобиля, поэтому ни о каком их массовом домашнем использовании речи не шло. Однако к началу 1990-х с десятков советских предприятий освоили выпуск довольно интересных вариантов упрощенных IBM-совместимых компьютеров, вполне подходящих и для домашнего применения. Напомню, компьютеры IBM PC были выпущены в 1981 году, а более известная и классическая модель IBM PC/XT — в 1983-м. Совместимые с ними ПК, а также платы расширения и периферийные устройства выпускались сотнями компаний по всему миру, в результате чего с середины 80-х годов IBM-совместимые стали безоговорочными лидерами рынка профессиональных ПК, а к началу 90-х фактически превратились в единственный общемировой стандарт.

В качестве же домашних компьютеров их лидерство не было столь безоговорочным, поскольку по своим графическим и звуковым возможностям, да и по стоимости, они больше подходили для работы, чем для развлечения. То есть к концу 80-х большинство IBM-совместимых ПК всё еще были довольно дорогими — в минимальной конфигурации и в комплекте с цветным монитором стоили примерно от 1000 долларов, но при этом часто явно уступали более



«Поиск»: конструкция кнопок



«Поиск»: мышь

дешевым домашним компьютерам и по графике, и по звуку. Впрочем, игровых программ для них все равно было множество, причем очень и очень интересных, особенно на ПК с нормальными многоцветными видеокартами типа EGA или VGA.

С другой стороны, в качестве ПК для работы все IBM-совместимые были хороши: достаточно большой объем оперативной памяти, стандартное наличие дисководов и жестких дисков, неплохая скорость процессора, комплектация монитором приличного качества, возможность расширения и изменения конфигурации, многоклавишная удобная клавиатура и, главное, огромный набор программ делового назначения делали их прекрасным выбором для любого серьезного применения ПК. Правда, многие дешевые домашние ПК при наличии дисковода для гибких дисков также имели близкие возможности для несложного делового применения: позволяли успешно работать с текстами, таблицами, базами данных, графикой и т. д., хотя по мощности процессора, объемам оперативной и дисковой памяти, по количеству хорошего профессионального ПО все же сильно уступали IBM-совместимым.



Производственное объединение «Электронмаш», 1985 г.
Работники цеха регулировки за отладкой ЭВМ CM-1420

«Поиск»

Пожалуй, самым известным из недорогих отечественных ПК, совместимых с IBM PC, стал разработанный в 1987 году (главный разработчик *Юрий Роль*) и выпускавшийся серийно с 1989 года на Киевском научно-производственном объединении «Электронмаш» компьютер «Поиск», описание и реклама которого неоднократно появлялись в популярных многотиражных журналах «Наука и жизнь», «Радио» и др. Главной целью конструкторов «Поиска» было создание самого простого и дешевого аналога IBM PC/XT с минимальным набором функций, но с возможностью их расширения с помощью дополнительных модулей. В качестве процессора здесь применен советский 16-разрядный (но с 8-разрядной внешней шиной данных) микропроцессор K1810BM88 (выпускавшийся в основном киевским заводом «Квазар»), работавший на тактовой частоте 5 МГц, — полный аналог Intel 8088, использовавшегося в IBM PC/XT.

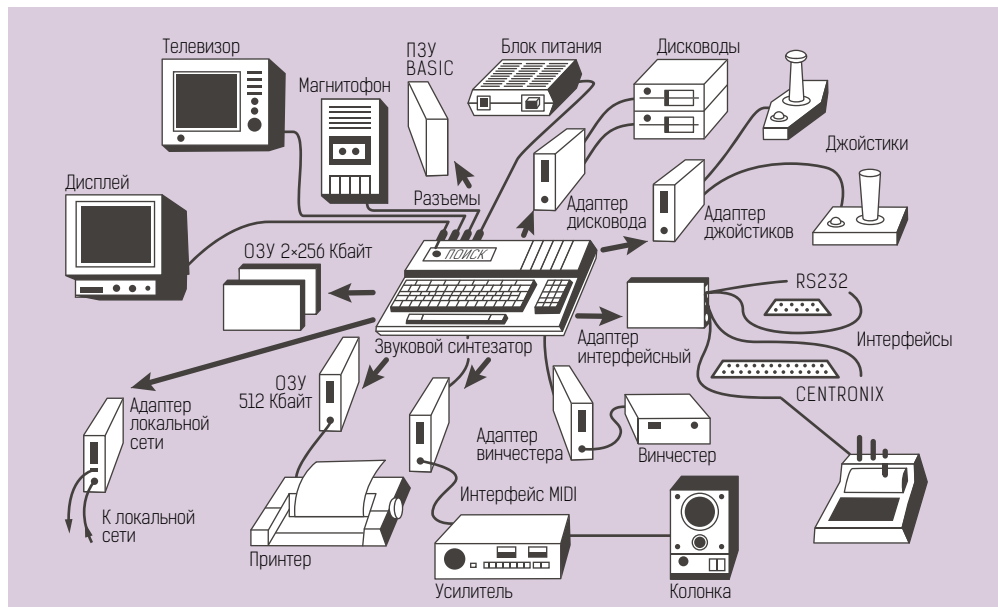
Первый вариант ПК «Поиск» имел 128 Кбайт ОЗУ и 8 Кбайт ПЗУ с базовой системой ввода-вывода (BIOS). В более поздних модификациях базовое ОЗУ было расширено до 512 Кбайт. Напрямую к ПК можно было подключить только магнитофон и телевизор: в «Поиске» не было ни контроллера дисководов, ни разъемов для джойстиков, ни даже параллельного или последовательного портов для подключения принтера, мыши или других устройств — все это становилось доступным только после приобретения и подключения модулей расширения, среди которых были также дополнительная память — 256 или 512 Кбайт ОЗУ, картриджи с программами в ПЗУ, контроллеры жестких дисков, звуковая карта и др.

В компьютере предусмотрено четыре разъема для таких модулей, вставляемых сверху параллельно друг другу. В этом отношении он был похож на такие классические ПК, как Apple II и IBM PC. Все программы, в том числе Бейсик, загружались



«Поиск»

с магнитофона или дисковода (при их наличии). Строго говоря, компьютер становился IBM-совместимым в привычном понимании только после приобретения и подключения контроллера дисководов и самих дисководов, а также модуля расширения памяти, после чего он мог уже нормально работать с операционной системой MS-DOS и запускать ДОСовские программы. Причем совместимость все равно была неполной, поскольку для упрощения конструкции часть аппаратных функций выполнялась программно центральным процессором. В частности, у «Поиска» не было отдельной микросхемы контроллера клавиатуры, как у IBM PC, и настоящего текстового режима экрана — он имитировался программно в графическом режиме. В общем, те программы, которые для работы с клавиатурой и экраном использовали стандартные функции BIOS, на «Поиске» функционировали нормально, хотя и несколько медленнее, чем на оригинальном IBM PC/XT. А вот программы, обращающиеся напрямую к оборудованию, минуя BIOS, требовали адаптации. По графическим возможностям видеоконтроллер «Поиска» соответствовал стандарту CGA, только, как уже упоминалось, отсутствовал настоящий текстовый режим и не было отдельной видеопамати —



«Поиск»: схема подключения внешних устройств

в качестве ее использовалось 32 Кбайт из основного ОЗУ. Так что в плане графики «Поиск», как и многие IBM-совместимые компьютеры того времени, оснащенные CGA-адаптерами, во многом уступал другим отечественным ПК, имеющим поддержку цветной графики, в том числе в игровой сфере. С другой стороны, IBM-совместимые ПК предназначались, в первую очередь, для работы, а не для игр. И в этом смысле «Поиск» был достаточно удачным вариантом, поскольку при наличии дисководов позволял запускать множество программ для РС: операционные системы, вплоть до ранних вариантов Windows, текстовые редакторы, базы данных, таблицы, графические редакторы, системы автоматизированного проектирования, языки программирования, обучающие программы и многие другие. Игр тоже хватало, причем очень хороших.

Разработчикам «Поиска» удалось создать IBM-совместимый ПК с уникально простой конструкцией — на одной плате и всего лишь на 80 микросхемах, причем без использования каких-то особенно редких, дорогих или специализированных микросхем. Для сравнения: одна только стандартная видеокарта CGA (чьи функции в «Поиске» имитировались программно-аппаратным способом на основной плате) содержала порядка 70 микросхем, а плата видеоконтроллера и ОЗУ для «Ассистента-128» была собрана на 83 микросхемах (и кроме нее в «Ассистенте» было еще три (!) платы с микросхемами). То есть даже с применением отсутствующего в «Поиске» специализированного чипа видеоконтроллера (6845 в оригинальном CGA или K1809BG6 в советских аналогах вроде «Ассистента») число микросхем в одном лишь видеоадаптере CGA почти равнялось числу микросхем во всей схеме «Поиска», включавшей и видеоадаптер, и блок процессора, и ОЗУ, и ПЗУ, и разные контроллеры. Отсюда становится более понятным, почему создатели «Поиска» пошли на такую значительную аппаратную несовместимость с оригинальным IBM РС: иначе сложность, а значит, и себестоимость ПК могли вырасти в два-три раза, и тогда о таком простом, дешевом и массовом аналоге РС речь бы уже не шла. Впрочем, не будем забывать, что отчасти простота «Поиска» вызвана отсутствием ряда обычных интерфейсов, которые были реализованы на дополнительных модулях.

В общем, компьютер получился очень приличным: приятный внешний вид, хорошая 88-кнопочная клавиатура, четыре разъема для модулей расширения, довольно мощное «железо» для бытового ПК. Цена «Поиска» — 1050 рублей — была ниже, чем у многих «Спектрум»-совместимых ПК, имеющих существенно меньший объем памяти и более медленный процессор. Интересно, что эта сумма была даже меньше стоимости одной лишь клавиатуры для профессионального IBM-совместимого ПК EC-1840. «Поиск» широко применялся не только как домашний, но и как учебный

и профессиональный компьютер. Объемы его выпуска достигали нескольких десятков тысяч в год (правда, как и для других ПК, производство долго раскачивалось: массовый выпуск начался лишь в 1991 году, перед самым распадом СССР, когда уже все отрасли промышленности начинали испытывать большие трудности). Дополнительные модули производились не только заводом-изготовителем этого ПК, но и другими предприятиями, а также мелкими компаниями. Фактически «Поиск», наряду с БК-0010, «Вектором-06Ц», отдельными «Спектрум»-совместимыми и некоторыми другими, был одним из базовых советских недорогих ПК начала 1990-х. Впрочем, имелись у этой модели и значительные недостатки: упомянутая неполная совместимость с IBM PC или чересчур аскетичное отсутствие в базовой конфигурации параллельного и последовательного портов, что не позволяло без дополнительных модулей подключить принтер, мышь, модем и другие периферийные устройства.

«Ассистент-128»

Еще одна интересная, хотя и гораздо менее распространенная IBM-совместимая модель, — «Ассистент-128», или просто «Ассистент», который выпускался с 1988 года Смоленским ПО «Искра». В отличие от «Поиска», здесь сразу был и параллельный порт, и разъемы для джойстиков, а видеоконтроллер полностью совместим с оригинальными CGA: он собран на основе советской микросхемы КМ1809ВГ6 — полного аналога видеочипа Motorola 6845, используемого в оригинальных CGA-адаптерах, и не только в них. Процессор также несколько другой — полностью 16-разрядный и чуть более быстрый КР1810ВМ86 с такой же частотой 5 МГц. Как и в оригинальном IBM PC,



«Ассистент-128»



«Ассистент-128»: внутри

в качестве контроллера клавиатуры использовался однокристалльный микроконтроллер — в данном случае советская микросхема КР1816ВЕ35, содержащая на одном кристалле процессор, ОЗУ небольшого объема и контроллер ввода-вывода информации. Соответственно, клавиатура «Ассистента» также полностью совместима с IBM PC. Звук, как и на ПК «Поиск», реализован на микросхеме программируемого таймера КР580ВИ53 и полностью совместим с IBM PC.

Как мы видим, разработчики «Ассистента» не стали упрощать все настолько, чтобы терялась совместимость с прототипом — ПК от IBM, и в результате получилась очень добротная машина, притом недорогая: «Ассистент» в начале 1990-х стоил 1225 рублей, а в конце 1980-х, по некоторым данным, вообще 850 рублей. Правда, объем ОЗУ в базовой версии также был сугубо минимальный — 128 Кбайт, включая и 16 Кбайт экранной памяти, зато объем ПЗУ был в несколько раз больше, чем у «Поиска», — 48 Кбайт, и оно содержало не только BIOS, но и традиционный интерпретатор Бейсика. С другой стороны, конструкция «Ассистента» не предусматривала такого простого расширения, как в «Поиске»: здесь разъем для дополнительных модулей всего один, причем расположен довольно неожиданно — в нижней части корпуса, и в него, как правило, вставлялась плата, содержащая контроллер дисководов и расширение памяти на 512 или 1024 Кбайт.

Вообще, конструкция «Ассистента» довольно необычна для домашнего ПК: в достаточно объемном корпусе горизонтально расположены четыре (!) платы с микросхемами — процессора, видеоконтроллера и оперативной памяти, ПЗУ и клавиатуры. Плюс здесь же встроенный блок питания. Клавиатура на вид очень солидная — 93-клавишная, с отдельными цифровым и функциональным блоками, но без специального блока управления курсором, как на привычных современных клавиатурах. По количеству микросхем, а их даже в базовой конфигурации насчитывалось около 155 (кстати, на системной плате оригинального IBM PC вместе с CGA-адаптером устанавливалось порядка 165 микросхем), «Ассистенту» почти не было равных среди домашних ПК, однако это почему-то не сильно отразилось на его стоимости и надежности.

Итак, «Ассистент» оказался одним из лучших среди недорогих IBM-совместимых советских компьютеров, во многом опередив тот же «Поиск»,



«Ассистент-128»: разъемы: вставлен контроллер дисководов (вид сзади)

особенно в степени совместимости с оригинальным IBM PC. Из недостатков можно отметить разве что не слишком надежную механическую клавиатуру, минимальное число разъемов расширения — всего один, что как-то непривычно для подобных ПК, и отсутствие встроенного контроллера дисковода.

Все же без дисководов и жестких дисков IBM-совместимые компьютеры мало что собой представляли, поэтому для полноценного использования их возможностей к сравнительно невысокой стоимости самого компьютера надо прибавлять как минимум цену дисковода (а лучше двух), контроллера дисководов и расширения памяти, что сразу делает компьютер дороже в три-четыре раза, а то и более. Отнюдь не лишними для таких ПК были также мышь, монитор (вместо телевизора), принтер и, наконец, жесткий диск (винчестер) с контроллером, что поднимало общую стоимость ПК до 10 тыс. рублей и выше (а это в то время раза в полтора превышало цену обычного автомобиля). Так что невысокая стоимость «Ассистента», «Поиска» и подобных моделей весьма и весьма обманчива. Между тем более простые домашние ПК, такие как БК-0010, «Вектор», «Львов», «Спектрум»-совместимые и другие, вполне годились для использования (особенно развлекательного) и без каких-либо дорогостоящих дополнений, поскольку изначально

были рассчитаны на работу с магнитофоном и бытовым телевизором (хотя, конечно, допускали подключение мониторов, дисководов, принтеров и т.п.) и безо всякого расширения памяти. В этом одно из важных отличий IBM-совместимых домашних «персоналок» от других классов бытовых ПК.

МК-88

Помимо «Поиска» и «Ассистента», в те годы выпускались и другие домашние IBM-совместимые модели. Например, на Минском производственном объединении вычислительной техники с самого начала 1990-х производили компьютер **МК-88** на основе процессора КР1810ВМ88, очень похожий по параметрам на «Ассистента-128». В нем также



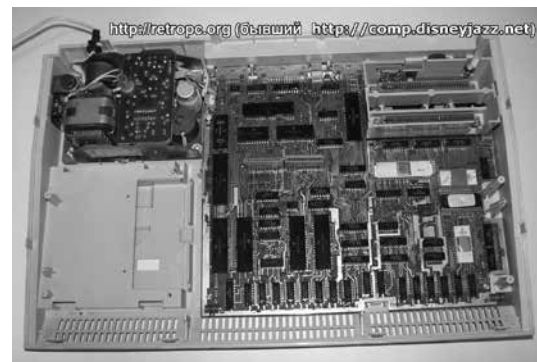
МК-88.05 с дисководом и БП

применялась специальная микросхема для CGA-видеоконтроллера K1809BG6. Первые варианты ПК выпускались с упрощенной клавиатурной схемой, а затем в платах клавиатуры использовалась однокристалльная микроЭВМ KP1816BE35. Некоторые модификации МК-88 имели и встроенный контроллер дисководов. Объем оперативной памяти в разных вариантах также был различным — 256, 128 или 640 Кбайт. Отдельно приобретались модули расширения на 512 Кбайт. ПЗУ — 16 Кбайт, содержит только BIOS, без Бейсика. Клавиатура МК-88 практически такая же, как и у современных компьютеров, — 103-клавишная, с отдельным цифровым блоком, стрелками, 12 функциональными кнопками и т. д. Конструкция по количеству плат чуть проще, чем у «Ассистента», но по числу микросхем даже более сложная: три платы (основная, интерфейсов и клавиатуры) с общим числом микросхем до 190 (!) (у исполнения 05, имеющего встроенный контроллер дисководов и 640 Кбайт ОЗУ). В целом компьютер также удачный и хорошо совместимый с оригинальным IBM PC/XT.

Кстати, МК-88 стал победителем конкурса на лучший бытовой ПК, проведенного в 1989 году Государственным комитетом по вычислительной технике и информатике СССР совместно с рядом других организаций. То есть именно он фактически был признан лучшим на тот момент домашним ПК в СССР, позади — на 2-м месте — остались и другой IBM-совместимый «Электроника MC-1502», и даже такая выдающаяся модель (но с более старым 8-разрядным процессором, меньшим объемом ОЗУ и без зарубежных аналогов), как «Вектор-06Ц».



«Электроника MC-1502»



«Электроника MC-1502»: внутри

«Электроника МС-1502»

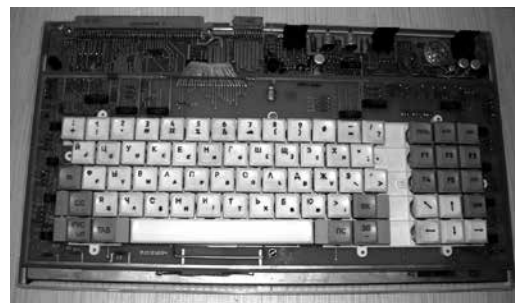
Еще один доступный IBM-совместимый ПК, выпускавшийся с конца 1980-х заводом «Континент» в г. Зеленодольске (Днепропетровская область) — «**Электроника МС-1502**», собиравшийся в корпусе от учебного ПК УКНЦ и с такой же клавиатурой. В отличие от других советских аналогов, в нем были использованы базовые матричные кристаллы КР1545ХМ1 для сокращения числа микросхем, причем весьма успешно: количество чипов уменьшилось примерно в 2–2,5 раза — до 65. В остальном параметры те же: процессор К1810ВМ88 с частотой 5,33 МГц, 128 Кбайт ОЗУ, из которых 32 Кбайт задействовано под видеопамять. Из выходов — параллельный и последовательный интерфейс, магнитофон и монитор. Предусмотрено два разъема для модулей расширения, как и в УКНЦ. Графика обычная — четырехцветная CGA. Имелась также модификация со встроенным контроллером дисководов. Оперативная память расширялась до 640 Кбайт за счет установки специального модуля. Стоимость МС-1502 в 1991 году — 1400 рублей.

Неожиданный «Вектор»

Наконец мы подошли к главной жемчужине советской домашней вычислительной техники — «**Вектору-06Ц**». Этот компьютер резко выделялся на фоне отечественных домашних, да и не только домашних, ПК своими выдающимися графическими и звуковыми возможностями, причем в плане графики превосходил и большинство зарубежных бытовых ПК. При этом «Вектор» был разработан раньше многих других, даже более простых моделей — примерно в 1985–1986 годах, а его серийное производство налажено в 1987–1988 годах. Правда, более-менее массовое изготовление этого ПК началось лишь в 1989 году.



«Вектор-06Ц»



«Вектор-06Ц»: внутри

Создателями ПК были советские электронщики *Донат Темиразов* и *Александр Соколов*, работавшие на кишиневском заводе «Счетмаш». Они задались целью разработать достаточно простой и недорогой компьютер на самой обычной советской элементной базе, но с максимальными графическими и звуковыми возможностями. И, надо сказать, их детище заметно опередило привычный в те годы уровень, в том числе и зарубежный. Например, в 1985–1986 годах самым популярным цветным видеоадаптером (а были еще и разные монохромные!) среди IBM-совместимых ПК был уже упоминавшийся CGA — цветной графический адаптер, имевший 16 Кбайт видеопамати и способный в графическом режиме среднего разрешения (320×200 точек) отображать одну из трех палитр с одновременным выводом на экран 4 цветов, а всего палитра CGA насчитывала 16 разных цветов. В текстовом режиме он мог отображать одновременно все 16 цветов. В советских ПК того времени пределом были также 16 цветов — именно столько был способен отображать знаменитый компьютер «Агат», причем в графическом режиме (правда, в низком разрешении). Единственный в те годы серийный отечественный бытовой ПК БК-0010 имел лишь 4 жестко заданных цвета безо всяких палитр. Разработчики «Вектора» пошли намного дальше: их детище могло отображать до 256 цветов, из них одновременно любые 16 при разрешении 256×256 точек (или 4 при разрешении 512×256).

При желании можно было одновременно вывести на экран и гораздо больше 16 цветов, но только для статичных картинок. Однако следует заметить, что больше 16 программируемых цветов, одновременно отображаемых на экране, практически и не требовалось — такой палитры вполне хватало для создания сложной, многоцветной и красивой графики. Видеопамять «Вектора» была разбита на четыре плоскости, каждая из которых отвечала за свой бит в 4-битном номере цвета, установленного для каждой точки экрана. Такая организация экрана в сочетании с программируемой палитрой давала несколько важнейших преимуществ: во-первых, можно было выбрать нужное количество одновременно отображаемых цветов и размер видеопамати — при двух цветах и среднем разрешении (256×256) видеопамять занимала всего 8 Кбайт, а память пользователя была максимальной — 56 Кбайт; 4 цвета (или 2 в разрешении 512×256) требовали уже 16 Кбайт видеопамати, 8 цветов — 24 Кбайт и, наконец, 16 цветов задействовали 32 Кбайт — половину общего объема ОЗУ.

Во-вторых, благодаря программируемой палитре, у «Вектора» имелась возможность, активно используемая в играх, аппаратного наложения друг на друга до четырех независимых плоскостей, к примеру такого наложения движущихся объектов (спрайтов) на сложный цветной фон, когда вокруг спрайтов не было черных или

цветных квадратиков. При этом спрайты выводились путем простейшего копирования соответствующих картинок в видеопамять без сложных и долгих манипуляций типа копирования фона под спрайтом в буфер, затем очистки фона по специальной теневой маске, наложения спрайта логическими операциями на фон, восстановления фона из буфера и т. д., как это приходилось делать на ПК ZX Spectrum, БК-0010, ПК-01 «Львов», Amstrad CPC, Apple II, IBM-совместимых с CGA и других, не имеющих подобной организации видеопамяти.

В-третьих, плоскостная организация позволяла резко ускорить вывод графики не только благодаря аппаратному наложению планов, но и за счет сокращения объема обрабатываемой информации. Скажем, для программного скроллинга частей экрана обычно использовалась лишь одна плоскость с одноцветным фоном (а на том же БК-0010, например, приходилось в любом случае сдвигать 4-цветный фон, занимавший вдвое больший объем); большинство спрайтов также были одноцветными или трехцветными и выводились лишь в одну или две плоскости, что требовало минимальных затрат времени и памяти.

Звук «Вектора»

Звук «Вектора» тоже не остался без внимания его разработчиков. Они не стали упрощать звукогенератор до предела, как это было сделано в БК-0010, «Радио-86РК», «Агате», ПК-01 «Львов», Apple II, ZX Spectrum и многих других ПК, а использовали для воспроизведения звука широко распространенную микросхему универсального программируемого таймера КР580ВИ53. Конечно, она не могла сравниться по музыкальным функциям со специализированными микросхемами звуковых синтезаторов, таких, которые применялись во многих иностранных игровых компьютерах и приставках: Commodore 64, Atari, MSX, Amstrad CPC и др. Но главную функцию — воспроизведение нормального трехканального звука без загрузки процессора — она выполняла прекрасно.

По сравнению с характерным для многих популярных ПК тех лет чисто программным генератором, сильно загружающим процессор компьютера, звукогенератор «Вектора» был немалым достижением. Кстати, программный звукогенератор у «Вектора» тоже имелся: он использовался для вывода данных на магнитофон и был удобен для программного воспроизведения шумовых эффектов и синтеза речи. То есть фактически речь идет о четырехканальном звукогенераторе. Несмотря на теоретическую простоту — монофоническое звучание с только одной (прямоугольной) волновой формой, реальное качество музыки на «Векторе» очень приличное и зачастую не так-то просто отличить, скажем, музыку в играх на «Векторе» от музыки

в аналогичных играх на компьютерах MSX (имеющих классический «программируемый генератор звука» типа AY-3-8912). Кроме того, применение универсального программируемого таймера в качестве звукогенератора дало и неожиданный эффект: в одном из режимов работы микросхемы ВИ53, а именно как программируемого одновибратора, то есть генератора импульсов заданной длительности, «Вектор» мог воспроизводить любой оцифрованный звук довольно высокого качества, соответствующего звучанию 6–7-разрядного ЦАП (в зависимости от частоты дискретизации), за счёт использования широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Это могли быть заранее записанные слова или фразы, звуковые эффекты, синтезированная музыка с произвольным выбором инструментов и т. д. И такое качество вывода оцифрованного звука было достаточно уникальным: только считанные единицы из зарубежных недорогих ПК могли сравниться в этом с «Вектором». Правда, на практике подобные возможности почти не использовались, поскольку были освоены программистами лишь в самые последние годы широкого применения этого ПК.

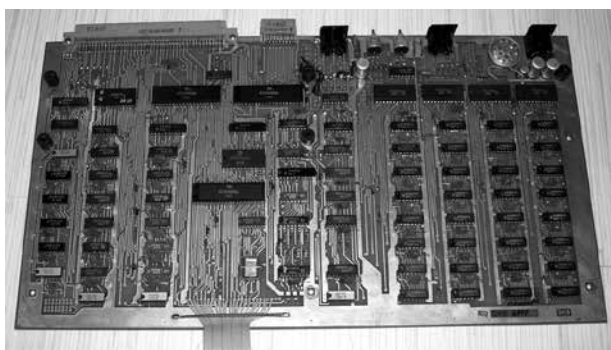
Надо заметить, примерно аналогичные звуковые способности, в том числе и в плане вывода оцифрованного звука, имели и такие ПК, как IBM PC без специальной звуковой платы, а также советский учебный ПК «Корвет», однако в них использовался лишь один канал программируемого таймера, то есть звук был гораздо более простым — одноголосным. Из всех чисто советских домашних ПК более сложный звукогенератор имела лишь одна модель — описанная ранее ПК8002 (три канала на ВИ53 с общей 32-уровневой регулировкой громкости на основе микросхемы ЦАП плюс генератор шума), но она, к сожалению, серийно почти не выпускалась — были изготовлены лишь небольшие партии в начале 1990-х годов. Кстати, ПК8002 был единственным советским бытовым ПК, несколько превосходившим «Вектор» и в области игровой графики. Если же рассматривать не только домашние, а все советские ПК, то более продвинутый звукогенератор был также у компьютера «Союз-Неон ПК-11/16» — и тоже на основе микросхем КР580ВИ53, но не одной, а двух: первая генерировала необходимую звуковую частоту, а вторая позволяла регулировать громкость отдельно для каждого из трех каналов.

ОЗУ и ПЗУ

Еще одним достоинством «Вектора-06Ц» была довольно большая и простая по организации оперативная память — 64 Кбайт, из которых, как уже упоминалось, память для программ и данных пользователя могла составлять от 32 до 56 Кбайт, в зависимости от требуемого разрешения экрана и количества цветов. При этом никаких

переключаемых страниц или других сложностей: вся память, в том числе и видеопамять, в любой момент непосредственно доступна процессору. С другой стороны, постоянная память у «Вектора» была совсем небольшой — в первых вариантах всего 0,5 Кбайт, в которых помещался только загрузчик программ с магнитофона. В более поздних модификациях ПЗУ увеличено до 2 Кбайт и загрузка могла производиться также из внешнего ПЗУ, с дисковода или квазидиска. Квазидиск — это специальное расширение ОЗУ объемом 256 Кбайт, позволявшее использовать дисковую операционную систему без дисковода путем загрузки компонентов с кассеты на квазидиск либо использовать его как дополнительный быстрый электронный диск при работе с дискетами. Квазидиск также задействовался некоторыми программами — играми, демками, операционными системами — как обычное расширение ОЗУ.

Интерпретатор Бейсика в ПЗУ отсутствовал — он загружался с кассеты или дискеты либо из картриджа ПЗУ, как и любая другая программа. Конечно, для тех, кому часто требовался Бейсик, это было не слишком удобно, но большинство пользователей «Вектора» использовали Бейсик редко, поэтому упрощение и удешевление конструкции за счет сокращения объема ПЗУ выглядело вполне оправданным. Кстати, «Вектор» стоил всего 750 рублей, то есть совсем недорого, если учесть превосходство этого ПК над большинством других советских и зарубежных моделей. Например, БК-0010–01, 16-битный компьютер, имевший вдвое меньший объем ОЗУ, только 4 постоянных цвета на экране и простейший программный звукогенератор, был всего на 100 рублей дешевле или даже совпадал по цене; самые же простые ПК типа «Микроши» и «Кристы», вообще не имевшие ни графики, ни цвета, стоили поменьше, но не намного — порядка 500–550 рублей.



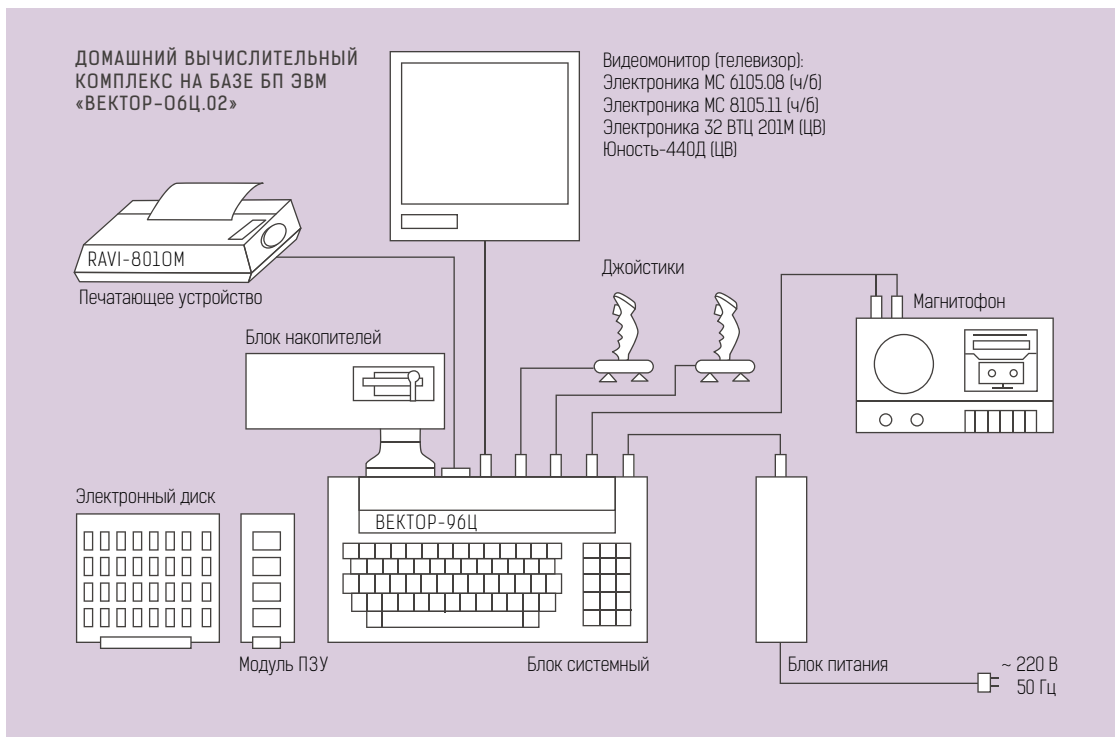
«Вектор-06»: плата

Несколько слов об оперативной памяти. Сегодня в принципе трудно представить, как можно обходиться таким объемом ОЗУ, как 64 Кбайт. Это же в 65 536 раз меньше типичного объема памяти современных ПК (4 Гбайт), но, как ни странно, тех объемов вполне хватало для размещения довольно сложных программ, таких, например, как трансляторы языков высокого уровня, текстовые и графические редакторы, системы управления базами данных, системы автоматизированного

проектирования и т. д. Для игр 64 Кбайт тоже вполне хватало, причем не только для простых аркад, но и для достаточно сложных стратегий и квестов. Опять же многие игры не ограничивались размером ОЗУ: они могли задействовать квазидиск (который расширял ОЗУ до 320 Кбайт), подгружать уровни с магнитофона или дисковод, причем в последнем случае загрузка данных занимала считанные секунды. Что же касается «Вектора», то объем его ОЗУ был больше, чем, например, у классического ZX Spectrum (48 Кбайт) или самого массового из отечественных домашних ПК — БК-0010 (32 Кбайт). Причем, если сравнивать с БК-0010, то двукратное преимущество «Вектора» по общему объему ОЗУ превращается уже в трехкратное преимущество по объему пользовательской памяти (48 Кбайт против 16 Кбайт) при условии использования одинакового разрешения и количества цветов. То есть длина программ на «Векторе» могла быть примерно в три раза больше, чем на БК. А если переводить это на игры, то объем графики в игре на «Векторе» мог раза в четыре превосходить аналогичный параметр БК. К сожалению, на практике игровые возможности «Вектора» использовались далеко не в полной мере, и в среднем качество игр на «Векторе» не выше, чем на БК.

Периферия и особенности конструкции

Другие параметры «Вектора» также были на достаточно высоком уровне. Клавиатура вполне удобная и оптимальная — 70-клавишная, с клавишами управления курсором и пятью функциональными кнопками. Дизайн компьютера очень симпатичный и современный. ПК оснащен параллельным портом для подключения принтера, джойстиков, картриджей с программами и других внешних устройств, а также разъемом системной шины, позволявшим подключать контроллер дисковода, квазидиск (то есть плату расширения ОЗУ) и другое оборудование. Естественно, были предусмотрены выходы на магнитофон и телевизор. Правда, никакого кодера или модулятора, позволявших подключать любой телевизор через антенный вход или композитный видеовход, «Вектор» не имел — цветное подключение осуществлялось только через RGB-вход, однако ничего необычного в этом нет, та же конструкция характерна и для большинства других советских ПК, поэтому все желающие оснащали свои телевизоры RGB-входами, если их не было изначально. Цветные кодеры и модуляторы имели только несколько моделей наших «Спектрум»-совместимых ПК, их можно было подключать к любому телевизору без всяких его переделок, но изображение на экране в стандарте SECAM получалось довольно блеклым и нечетким. А подключение через RGB-вход давало максимально возможное качество картинки с насыщенными цветами и высокой четкостью.



«Вектор-06Ц.02»: схема подключения внешних устройств

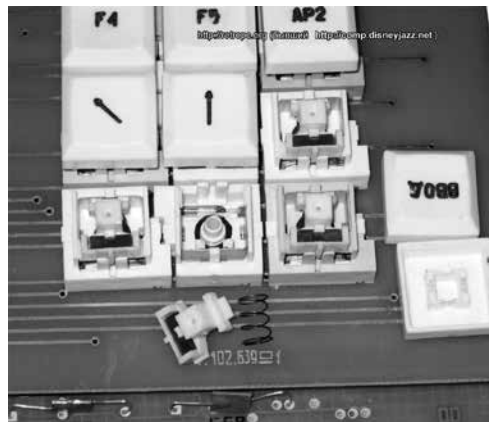
Большое достоинство «Вектора» — отсутствие в его конструкции каких-либо нестандартных, дорогих и дефицитных компонентов. По числу микросхем — а в «Векторе» их порядка 80–100 (разное в разных модификациях) — это один из самых сложных бытовых ПК, однако все эти микросхемы были вполне доступны. Такое впечатление, что разработчики «Вектора» специально мастерски обошли все острые углы нашей электронной промышленности. Самыми дефицитными тогда были микросхемы динамического ОЗУ большой емкости (от 8 Кбайт), ПЗУ большой емкости (также от 8 Кбайт), контроллеры дисководов, дисплея и т. д. А в «Векторе» ничего этого как раз и не было: в качестве ОЗУ использовались самые ходовые и простые 2-килобайтные микросхемы K565PY6, ПЗУ минимального размера (всего лишь 0,5 или 2 Кбайт); не было также специализированных контроллеров дисководов, дисплея, памяти, клавиатуры

и т. д. нет. Так что, действительно, в конструкции этого ПК были задействованы, можно сказать, самые простые, дешевые и надежные советские микросхемы.

О клавиатурах ПК

Теперь на примере «Вектора» хотелось бы рассказать об особенностях клавиатур советских и не только советских компьютеров.

Сначала о раскладке клавиатуры. Многие молодые пользователи ПК недоумевают: во-первых, почему это в советских клавиатурах использовалась английская раскладка JCUKEN вместо привычной сейчас QWERTY, и, во-вторых, почему в современных клавиатурах используется русская раскладка ЙЦУКЕН, а не какой-то фонетический аналог QWERTY. Здесь все очень просто и понятно: QWERTY — это раскладка американских пишущих машинок, ставшая стандартом еще в конце XIX века, причем расположение букв в ней выбиралось достаточно причудливым образом: с одной стороны, требовалось обеспечить быструю печать на машинке, а с другой — обойти ограничения первых пишущих машинок рычажного типа, заставлявших располагать буквы, образующие наиболее часто используемые в английском языке буквосочетания, как можно дальше друг от друга и в разных рядах клавиатуры, чтобы избежать так называемого перепутывания рычагов. Естественно, в компьютерных клавиатурах такой проблемы не существует, но традиционная для пишущих машинок раскладка QWERTY так и осталась основным стандартом, хотя расположение букв в ней далеко от оптимального. Соответственно, в русских пишущих машинках всегда использовались раскладки, похожие на ЙЦУКЕН, которая в итоге тоже стала стандартом для клавиатур русскоязычных машинок и компьютеров, а также для других языков, использующих русский алфавит. При этом раскладка ЙЦУКЕН — более оптимальна и удобна для быстрой печати, поскольку она создавалась значительно позже американской QWERTY, когда проблемы с перепутыванием рычагов уже не было. Поэтому во всех чисто советских ПК всегда использовалась русская раскладка ЙЦУКЕН и используется на всех клавиатурах



ПК-6128Ц: конструкция клавиш

до сих пор, а характерная советско-английская раскладка JCUKEN — это просто вариант фонетического соответствия английских букв русским, причем русские буквы на клавиатурах отечественных компьютеров были, естественно, главными, а английские уже как бы подстраивались под них. И, надо сказать, фонетическая английская раскладка, аналогичная ЙЦУКЕН, была очень удобна, поскольку найти английские буквы на ней было гораздо проще, чем на нынешней QWERTY.

Второй интересный момент — конструкция кнопок клавиатуры. В 1980-е годы еще не существовало такого всеобщего стандарта клавиатур, каким сейчас стали так называемые пленочные клавиатуры, повсеместно применяемые в ПК и ноутбуках. Разные производители использовали разные конструкции, исходя из каких-то своих соображений и возможностей. У «Вектора» было два варианта клавиатуры, зависящих от завода-изготовителя. Первый вариант (так называемая емкостная клавиатура): механические кнопки с контактными площадками, вытравленными на печатной плате, замыкающимися кусочком фольги, приклеенной к поролоновой прокладке, прикрепленной к подвижной части кнопки. Это достаточно странный и ненадежный тип клавиатуры, нелюбимый пользователями ПК: при эксплуатации компьютера контакты на печатной плате и фольга на кнопке довольно быстро окислялись, загрязнялись и запылялись, резко ухудшая работу клавиатуры. Приходилось периодически вынимать все кнопки, чистить контакты или даже менять контактные «пяточки» на клавишах либо вообще «модернизировать» кнопки тем или иным способом, чтобы повысить их надежность. Второй вариант: герконовая клавиатура — очень удобная, надежная и долговечная, почти не требующая ухода. Геркон — это герметизированный контакт, запаянная с обеих сторон стеклянная трубочка с контактами внутри, которые замыкаются при приближении к ним магнита. Контакты в герконе не загрязняются и не окисляются, могут надежно работать десятки лет. Вместо открытых контактов печатная плата такой клавиатуры содержит впаянные герконы, а на подвижной части каждой кнопки расположен маленький магнитик, замыкающий геркон при нажатии клавиши. При этом так называемый дребезг контактов, очень характерный для механических клавиатур, в герконовых проявляется гораздо слабее, поэтому работают они очень четко и приятно для пользователя. Вообще, герконовые клавиатуры считаются «вечными», они выдерживают любые нагрузки в течение любого разумного времени, поскольку физически изнашиваться в них практически нечему.

Заканчивая наш рассказ о клавиатурах, посмотрим, какие служебные кнопки были на советских моделях, причем такие или похожие обозначения действительно имелись у многих отечественных ПК. В основном эти клавиши полностью соответствуют

аналогичным кнопкам на современных клавиатурах, но расположение их, пожалуй, даже более логичное. Клавиша СС — «специальные символы» — полный аналог современной кнопки Shift, позволяющей вводить либо заглавные (или, наоборот, строчные) буквы, либо специальные символы на цифровых кнопках. Клавиша УС — «управляющие символы» — полный аналог кнопки Control (Ctrl). Одновременное нажатие ее с другими кнопками вводит управляющие коды для разнообразных «горячих клавиш» типа копирования, вставки, печати, выделения и т. д. и т. п. Клавиша РУС/LAT — да, да, на советских ПК имелась очень удобная специальная кнопка для переключения языка, и для этого не нужно было нажимать несколько клавиш одновременно. ТАБ — полный аналог современной кнопки Tab, но, заметьте, расположена она была более логично, рядом с пробелом, поскольку действие кнопки табуляции очень похоже на ввод длинного-длинного пробела. ВК — «возврат каретки», аналог самой главной клавиши — Enter, подтверждение всех действий и переход на новый абзац при вводе текста. ПС — «перевод строки» — похожа на ВК, но, в частности, при вводе текста не начинает новый абзац, а просто переходит на следующую строку; на современных клавиатурах для этого приходится нажимать одновременно что-то вроде Shift + Enter. Клавиша ЗБ — «забой», аналог кнопки Backspace, стирание символа слева от курсора; расположена она так же непривычно — снизу справа, но тоже вполне логично, примерно на одном уровне с другими служебными кнопками. СТР — «строка», «страница» или «стирание» — в разных программах могла использоваться совершенно по-разному: и как клавиша «отмена» типа современной Escape, и для ускоренного движения курсора вправо, и для других целей. Кнопка АР2 — «авторегистр 2» или «альтернативный регистр 2» — на «Векторе» обычно использовалась для ввода клавиатурных команд последовательным нажатием АР2 и какой-либо другой клавиши. Кнопки ВВОД, БЛК (блокировка) и СБР (сброс) служили для первоначальной загрузки и запуска программ.

Документация и программы

Интересная особенность компьютеров тех лет, сильно отличающая их от современных, — большой набор документации, идущей в комплекте. И это оказывалось очень кстати: поскольку далеко не для всех ПК можно было найти подробную информацию в какой-то другой литературе, родная документация для многих была единственным источником информации об использовании и программировании этих ПК. В комплекте с «Вектором» обычно шли такие брошюры: «Руководство по эксплуатации» — описание компьютера и загрузки программ в разных форматах, подключение к телевизору, назначение контактов разъемов и т. д.; «Монитор-отладчик» — описание работы



«Вектор-06Ц»: кассеты

с программой «монитор-отладчик», позволяющей загружать, просматривать, изменять и запускать другие программы; «Ассемблер-редактор» — описание программы для редактирования текста и программирования на языке Ассемблера (включая описание самого Ассемблера); «Тестовые программные средства» — о программе тестирования компьютера; «Бейсик» — руководство по стандартному для «Вектора» интерпретатору Бейсика. Все программы, описанные в брошюрах, шли на кассете в комплекте «Вектора». Кроме них, вместе с ПК обычно поставлялся и небольшой набор из нескольких ре-

кламных, игровых и обучающих программ, а также программы копирования файлов.

Набор программ в комплекте «Вектора», в том числе и игр, конечно, довольно минималистичен. Впрочем, рекламная программа на Бейсике была очень красочной и хорошо демонстрировала графические и музыкальные возможности этого ПК. Остальные программы также были вполне нужными и полезными (Бейсик, Ассемблер, Копировщик и т. д.) или неплохо показывали возможности ПК (игры). Приобрести другие программы можно было в многочисленных в те годы кооперативах, в том числе и по почте. Большинство фирм, создающих и тиражирующих программы, располагались в тех же городах, где производился «Вектор», — в Кишиневе, Кирове, Астрахани, Волгограде, ну и, конечно, в столице нашей родины и некоторых других городах.

Вообще, в конце 1980-х — начале 1990-х вопрос, где и как приобрести программы, совсем не казался тривиальным. Купить их, просто придя в магазин или в какую-то контору, можно было далеко не везде — не только не в каждом магазине соответствующего профиля, но даже и не в каждом крупном городе. Именно поэтому очень многое заказывалось по почте в упомянутых кооперативах, причем программы для домашних ПК стоили не так уж дешево — до одной десятой месячной зарплаты и более. Впрочем, конечно, многие пользователи получали бесплатно или совсем недорого — люди обменивались программами, объединялись в клубы, вместе заказывали новые игры и т. д.

Советская торговля

Сами «Векторы» тоже продавались далеко не везде: сравнительно легко их можно было приобрести опять же в основном в тех городах, где они выпускались, или рядом с ними — в Кишиневе, Кирове, Волгограде, Астрахани, Минске и, конечно, в Москве, Ленинграде, в столицах союзных республик. Жителям других регионов было намного сложнее: через почту эти ПК почти не продавались, фактически приходилось ездить за ними в упомянутые города или же надеяться на случайное появление их в продаже в своем городе.

Здесь как раз будет к месту упомянуть о некоторых особенностях советской торговли сложной электроникой. В СССР в 80-е годы была создана сеть так называемых фирменных магазинов, представляющих продукцию разных министерств. Например, в магазинах «Электроника» продавалась продукция Министерства электронной промышленности (МЭП), в том числе компьютеры и периферийные устройства (дискеты, мониторы, принтеры и т. д.) под маркой «Электроника» (БК-0010/0011М, УКНЦ («Электроника МС 0511»), ДВК и т. д.), а в магазинах «Радиотехника» — продукция Министерства радиопромышленности (а это множество других ПК, в частности «Микроша» и т. д.). К сожалению, подобных магазинов было в стране не так уж и много: они охватывали даже не все города-миллионники и вообще нередко выступали в роли «музеев», где выставлялись какие-то образцы производимой техники, но в реальной продаже их могло и не быть — дефицит! Однако именно в фирменных магазинах был наиболее высок шанс приобрести советские ПК и периферию к ним. В других торговых точках они тоже появлялись, но далеко не всегда и не везде — опять же скорее в городах-производителях ПК или столицах.

Пресса

Следует заметить, что в те времена, когда не было Интернета и развитой компьютерной прессы, поскольку массовая компьютеризация только начиналась, получить какую-либо информацию об особенностях и различиях советских домашних компьютеров, коих выпускалось несколько десятков моделей, и притом весьма разных, было очень сложно. С одной стороны, некоторым из этих ПК повезло: о таких компьютерах, как БК-0010, «Микроша» и «Поиск», выходили большие и подробные статьи в разных журналах, особенно в весьма популярном в те годы журнале «Наука и жизнь» (тираж до 3,5 млн экземпляров!). Многие модели, например «Партнер», «Ассистент», «Львов», МК-88, рекламировались в журналах «Радио» и «Техника — молодежи». Особенно повезло БК-0010: ему были посвящены целые рубрики в «Науке и жизни», а также в специализированных журналах «Информатика и образование» и «Вычислительная техника и ее применение».

Таким образом, фактически к началу 1990-х из всех выпускаемых тогда в стране домашних ПК люди более-менее массово знали лишь о БК-0010, а также о радиолюбительских «Радио-86РК» (и его аналогах), «Специалисте» и отчасти о клонах «Спектрума». Остальные наши бытовые ПК находились как бы в тени: о них можно было получить лишь какие-то отрывочные сведения из разных статей или из таблиц советских ПК, публикуемых в журнале «Радио». В книгах же обычно упоминались лишь самые известные зарубежные домашние модели, да в лучшем случае тот же БК-0010.

Именно в такой ситуации оказался и «Вектор». Как это ни странно, но ни одной (!) статьи в многотиражных журналах о нем не вышло. Даже в таблицах журнала «Радио» он либо совсем не упоминался, либо его характеристики принижались: скажем, вместо 256 цветов общей палитры было указано лишь 16. А ведь «Вектор-06Ц» — неоднократный победитель и призер выставок и конкурсов: получил первую премию на 33-й Всесоюзной радиовыставке в 1987 году, серебряную медаль ВДНХ в 1988 году, а в 1989-м стал победителем конкурса ГКВТИ СССР среди 8-разрядных бытовых ПК (второе место среди всех ПК). Причем конкурс ГКВТИ (Государственного комитета по вычислительной технике и информатике) очень долго готовился (с 1987 года) и проводился специально для определения лучших моделей ПК с целью их дальнейшего массового производства. Соответственно, «Вектор» был рекомендован для выпуска в качестве одного из основных советских домашних ПК и в результате стал таковым, предположительно уступив по объемам производства среди конкретных моделей только БК-0010.

Однако наши журналы по какой-то причине не воспользовались прекрасной возможностью подробно рассказать о бесспорном достижении советских разработчиков и производителей — «Векторе-06Ц», компьютере, безусловно, мирового уровня.

Странная избирательность прессы и информационный голод в сочетании с дефицитом самих ПК приводили к тому, что даже человеку, серьезно интересующемуся компьютерами, было совсем не просто выбрать наиболее подходящую модель, а затем еще и приобрести ее. Многие становились владельцами тех или иных ПК, можно сказать, случайно, то есть покупали или то, что было в магазинах, или то, о чем что-то знали.

Объем производства

Оценить объем производства «Вектора-06Ц» нелегко — каких-либо конкретных данных в литературе и Интернете нет. Однако, судя по количеству и качеству созданных программ, он явно был одним из главных бытовых ПК в СССР, уступая в этом плане только БК-0010, причем по такому интересному показателю, как количество игр на Ассемблере, примерно в два раза (сейчас доступно порядка 800 игр для БК

и около 400 — для «Вектора», хотя наверняка их было написано значительно больше и о многих мы просто не знаем).

Объем выпуска семейства БК-0010/БК-0011 известен и в целом считается достаточно достоверным — около 160 тыс. машин, хотя и эта цифра не бесспорна (вполне возможно, она занижена, поскольку БК выпускались несколькими заводами и довольно долго; например, завод «Экситон» производил их почти 10 лет и в немалом по советским меркам количестве). При этом значительная часть БК шла в школы и другие учебные заведения (особенно в первые годы выпуска), а не в магазины.

Также известно, что «Векторы» выпускались пятью или шестью заводами в течение примерно 3–5 лет каждый, что, казалось бы, должно было дать внушительное количество произведенных машин. Однако, как это было принято у наших заводов, объем производства на каждом из них обычно не превышал нескольких тысяч компьютеров в год по той простой причине, что эти заводы, долгие годы выпускавшие достаточно дорогую военную или профессиональную продукцию сравнительно небольшими объемами, вообще не были рассчитаны на массовое производство компьютеров, да и комплектующих выпускалось не настолько много, чтобы производить на каждом заводе десятки или сотни тысяч ПК. В общем, если сложить ориентировочный объем выпуска всех заводов и умножить его на количество лет, а также учесть количество разработанных программ, серийные номера известных экземпляров, планируемые объемы годового выпуска (из журнальных статей), статистические данные о распространности разных моделей ПК у населения (тоже из журналов) и другие подобные факторы, то общий объем производства «Вектора-06Ц» и его аналогов весьма и весьма приблизительно можно оценить в 80–120 тыс. машин.

Почти «Векторы»

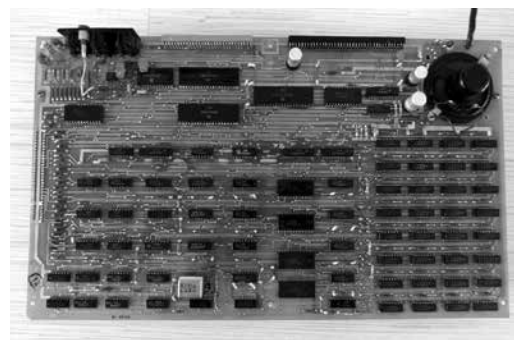
Кстати, об аналогах. Кроме непосредственно «Вектора-06Ц», несколько предприятий выпускали и очень похожие на него, и во многом совместимые с ним, но все же чем-то отличающиеся модели. Так, кишиневский завод «Сигнал» изготавливал ПК под названием «**Вектор Старт-1200**», причем в виде так называемого конструктора, то есть в коробке находились отдельно полностью собранная основная плата,



«Вектор Старт-1200»



«Криста-2»



«Криста-2»: плата

клавиатура и корпус, которые покупатель должен был соединить и получить готовый ПК. Схема «Старта» несколько отличалась от «Вектора-06Ц», в основном отсутствием произвольно программируемой палитры — вместо нее можно было выбрать одну из 32 фиксированных палитр, хранящихся в специальном ПЗУ. Это, естественно, делало компьютер не совсем совместимым с оригиналом по цветам и наложению планов. Клавиатура тоже отличалась расположением клавиш. Зато ПЗУ «Вектора Старта» было большего объема и содержало не только начальный загрузчик, но и монитор с текстовым редактором и Ассемблером.

Муромский завод радиоизмерительных приборов выпускал модель **«Криста-2»**, у которой также отсутствовала программируемая палитра и поддерживалось лишь 16 цветов вместо 256, но зато был дополнительный двухцветный режим сверхвысокого разрешения — 1024×256 точек. Расположение клавиш еще сильнее отличалось от «Вектора», причем клавиатура была очень хорошей — герконовой. «Криста» имела собственный загрузчик с собственным форматом записи программ на кассету, не совместимым с «Вектором». Тактовая частота процессора была снижена до стандартного значения — 2,5 МГц, соответственно и программируемый таймер тактировался меньшей частотой — 1,25 МГц вместо 1,5 МГц у «Вектора», что вызывало различия в частотах генерируемых звуков. Таким образом, совместимость с «Вектором» у «Кристы-2» была еще меньше, чем у «Старта».

Самым интересным клоном, а фактически значительно усовершенствованным вариантом «Вектора» был **ПК-6128Ц**, созданный в 1990 году и выпускавшийся астраханским заводом «Прогресс», производившим также и обычные «Векторы-06Ц». Эта уникальная модель имела уже 128 Кбайт ОЗУ вместо 64 Кбайт, 16 Кбайт ПЗУ с Бейсиком

и начальным загрузчиком, а главное, встроенный контроллер дисководов. То есть она уже была рассчитана на работу с дискетами, а не с кассетами в качестве стандартной внешней памяти. Более того, у нее же был и встроенный последовательный интерфейс, интерфейс локальной сети и два разъема для джойстиков, а в качестве процессора использовался чуть более быстрый и современный ИМ1821ВМ85 (аналог Intel 80С85) на такой же частоте — 3 МГц.



ПК-6128Ц

Графические и звуковые контроллеры оставлены точно такими же, как у «Вектора», и это вполне понятно, поскольку они и так находились на очень высоком уровне. Причем переключение страниц памяти позволяло использовать до четырех независимых 32-килобайтных кадровых буферов. Клавиатура тоже сделана точно такой же, как у классического «Вектора», притом герконовой. Как видим, модель ПК-6128Ц фактически являлась более современным вариантом «Вектора», исправляющим даже те незначительные недостатки, в которых можно было упрекнуть «Вектор-06Ц»: здесь и Бейсик в ПЗУ, и расширенное ОЗУ, и новый процессор (для которого частота 3 МГц была вполне штатной, а не «разогнанной», что уменьшало проблемы при производстве), и отличная герконовая клавиатура, и изначальная возможность подключения дисководов без всяких внешних контроллеров, и другие дополнительные функции.

Судя по наличию адаптера локальной сети (ЛВС), можно предположить, что модель особо рассчитана на сферу образования, где наличие сети было обязательным требованием. К сожалению, объем выпуска этих ПК был невелик, и они оставались малоизвестными. А жаль: подобный компьютер в начале 1990-х мог бы стать отличным стандартом для недорогих советских домашних и учебных ПК. В реальности же в начале 90-х новые рыночные принципы принесли нам не такие относительно современные и продвинутые компьютеры, как ПК-6128Ц, а множество советских клонов откровенно устаревшего английского ZX Spectrum, чьи графические и звуковые возможности были еще приемлемы в начале 1980-х, на момент его появления на рынке, но в начале 1990-х его буквально единственным для пользователей достоинством являлось наличие накопленной за почти 10 лет огромной массы программ и особенно игр.

Итоги и общая классификация советских домашних ПК

Итак, к началу 1990-х годов в СССР, а затем и в СНГ производилось не менее сотни моделей домашних ПК, которые можно разделить на восемь основных семейств (в каждом из них, кроме, конечно, «Других 8-разрядных ПК на процессоре КР580ВМ80А», сохраняется хорошая совместимость ПК друг с другом — возможно использование одних и тех же программ без переделки или с минимальными изменениями):

- Полностью 16-разрядные ПК советской разработки «Электроника БК-0010», БК-0010-01, БК-0011 и БК-0011М, частично совместимые (по системе команд процессора) с другими ЭВМ на основе архитектуры PDP-11/LSI-11. Тактовая частота процессора — 3 или 4 МГц, ОЗУ — 32 или 128 Кбайт, ПЗУ — 24–48 Кбайт, разрешение экрана — 256×256 (цветное) и 512×256 (монохромное), у БК-0010/0010-01 — 4 постоянных цвета (черный, синий, зеленый, красный), у БК-0011/0011М — 16 вариантов 4-цветных палитр (8 отображаемых цветов); производились (БК-0010) с 1983–1984 года (массовое производство примерно с 1985–1986-го). Стоимость в минимальной конфигурации — от 540–600 (БК-0010) до 1500 рублей (БК-0011М); общий объем производства — около 162 тыс. машин. Главные достоинства этих ПК: современная и очень удобная архитектура процессора и простая архитектура самого ПК, значительно упрощающие программирование на Ассемблере, а также частичная совместимость с другими ЭВМ стандарта PDP-11/LSI-11, обладававшими огромной библиотекой программ (к началу 1990-х БК имели наибольший выбор программ и игр среди чисто советских ПК). Главные недостатки: скромный набор цветов (всего 4 одновременно выводимых на экран цвета) и малый объем ОЗУ у БК-0010/0010-01.
- Недорогие частично 16-разрядные (основная часть компонентов — 8-разрядные) IBM-совместимые ПК на процессоре К1810ВМ88 или полностью 16-разрядные на процессоре К1810ВМ86.



БК-0010

Частота процессора — обычно 4,77 или 5 МГц, ОЗУ — 128 или 256 Кбайт (в более поздних модификациях — до 512–640 Кбайт), ПЗУ — от 8 до 48 Кбайт (только BIOS или BIOS+Бейсик), видеоадаптер CGA (графика — 320×200 при 4 цветах или 640×200 монохромная), аппаратный звукогенератор (один канал); порядка 10 моделей: «Поиск», «Ассистент-128»,

МК-88, «Электроника МС 1502», «Квазар-86М», «Практик» и др. Производились с 1988–1989 года (массовое производство с начала 1990-х). Цена в минимальной конфигурации — от 1050 рублей («Поиск»). Общий объем производства — не менее 100–150 тыс. машин (очень приблизительно). Главные достоинства: хорошие параметры «железа» для недорогих ПК (мощность процессора, объем ОЗУ) и наличие огромной библиотеки готовых программ для IBM PC-совместимых ПК (особенно при подключении к ПК дисководов и расширении оперативной памяти), причем не только прикладных или системных, но и игровых. Главный недостаток: CGA-графика с ограниченным набором цветов (не более 4 одновременно выводимых на экран цветов в графическом режиме), явно уступавшая графике многих 8-разрядных ПК.



БК-0011

- 8-разрядные ПК семейства «Радио-86РК» на процессоре КР580ВМ80А. Тактовая частота — 1,78 МГц (с торможением), ОЗУ — от 32 до 64 Кбайт, ПЗУ — от 2 до 16 Кбайт, псевдографика с разрешением от 128×50 до 192×128, в отдельных моделях поддержка до 8 цветов, в некоторых моделях — простой аппаратный звукогенератор (один или три канала). Не менее 15 серийных моделей: «Микроша», «Апогей БК-01» («Апогей БК-01Ц»), «Криста», «Альфа БК», «Партнер 01.01», «Спектр-001», «Электроника КР», «Импульс», «Геофит», «Квантор БК-1098» и др. Производились с 1986–1987 года («Микроша», «Криста»). Цены — от 400 до 650 рублей. Общий объем производства — порядка 100 тыс. машин (очень приблизительно). Главные достоинства: простота конструкции и дешевизна, сравнительно большой объем ОЗУ пользователя у некоторых ПК (в том числе из-за отсутствия графического экрана), неплохие возможности для профессионального использования (при наличии полноценного знакогенератора с поддержкой строчных букв). Большой недостаток: невозможность отображения настоящей графики, а в большинстве моделей и цвета, что резко сужало сферу их применения и снижало конкурентоспособность.

- 8-разрядные ПК семейства «Специалист» на процессоре КР580ВМ80А. Тактовая частота — 2 МГц (без торможения), ОЗУ — от 32 до 64 Кбайт (обычно 48 Кбайт), ПЗУ — от 2 до 14 Кбайт, графика — 384×256 точек, монохромная (у отдельных моделей — цветная, от 5 до 16 цветов), звукогенератор программный. Не менее 15 серийных моделей: «Лик», «Сэтик», «Пионер», «Кедр ПК-8702», «Радуга», «Дон», «Квант», «Спутник» и др. Выпускались с конца 1980-х. Цены — примерно от 400 до 600 рублей. Общий объем производства — порядка нескольких десятков тысяч машин. Главные достоинства: простота и дешевизна, хорошая скорость, наличие графики довольно высокого разрешения, достаточно большой объем ОЗУ пользователя (то есть эти ПК были одними из самых доступных по цене и универсальных по возможностям). Недостаток: монохромная графика у большинства моделей, что, прежде всего, сокращало их потенциал в игровой сфере.
- 8-разрядные компьютеры семейства ПК8000: «Сура», «Хобби», «Веста»; сюда же можно отнести ПК8002 «Эльф», у которого значительно расширены возможности графики и звука; процессор КР580ВМ80А. Тактовая частота — 2,5 МГц (с сильным торможением со стороны видеоконтроллера), ОЗУ — 64 Кбайт, ПЗУ — 16 Кбайт (у ПК8002 — 4 Кбайт), графика — 256×192 точки, 15 постоянных цветов (у ПК8002 добавлены разрешения 256×212 и 512×212, цвета программируются из палитры в 256 цветов), звукогенератор программный (у ПК8002 — трехканальный аппаратный с шумогенератором и общей 32-уровневой регулировкой громкости). Выпускались с 1987–1988 года (ПК8000). Цены — примерно от 1000 до 1150 рублей (ПК8000). Общий объем производства — порядка 50 тыс. машин (очень приблизительно). Достоинства: отличная аппаратная поддержка игр (цветной знакогенератор, у ПК8002 — еще и аппаратные спрайты), большой объем ОЗУ пользователя у ПК8000 (Бейсику доступно почти 48 Кбайт), хорошая герконовая клавиатура. Недостатки: отсутствие высокого разрешения экрана (у ПК8002 есть), что затрудняет неигровое использование ПК, у ПК8000 нет аппаратного звукогенератора (что очень важно для игр), сравнительно малый выбор доступных программ, в том числе и игр.
- 8-разрядные ПК семейства «Вектор»: «Вектор-06Ц» (06Ц.01 / 06Ц.02), «Вектор Старт-1200», «Криста-2», ПК-6128Ц. Процессор — КР580ВМ80А (ИМ1821ВМ85А у ПК-6128Ц). Тактовая частота — 3 МГц (у «Кристы-2» — 2,5 МГц), ОЗУ — 64 Кбайт (у ПК-6128Ц — 128 Кбайт), ПЗУ — 0,5–4 Кбайт (у ПК-6128Ц — 16 Кбайт), графика — 256×256 точек, 16 цветов или 512×256 точек, 4 цвета (у «Вектора-06Ц»

- и ПК-6128Ц все цвета программируются из палитры в 256 цветов), звукогенератор аппаратный трехканальный. Выпускались с 1987–1988 года. Цены — примерно от 700 до 1000 рублей (основная модель, «Вектор-06Ц», — 750 рублей). Общий объем производства — порядка 100 тыс. машин (очень приблизительно). Достоинства: наивысшее качество графики среди советских домашних ПК (оно значительно превосходило и средний уровень 8-разрядных зарубежных домашних ПК), гибкая архитектура видеоконтроллера и памяти (возможно использование от 8 до 32 Кбайт общего ОЗУ под видеопамять), отличная аппаратная поддержка игровой графики (вертикальный скроллинг, наложение планов, программируемая палитра), наличие высокого разрешения (удобно для профессионального и учебного использования), аппаратный трехканальный звук, хороший объем ОЗУ пользователя (до 56 Кбайт). Недостаток: нет Бейсика в ПЗУ (у всех, кроме ПК-6128Ц).
- Другие 8-разрядные ПК на процессоре КР580ВМ80А, не совместимые с остальными семействами: ПК-01 «Львов», «Искра 1080 Тарту», «Орион-128», «Юниор ФВ-6506» и т. д. Тактовая частота — 2–2,5 МГц, ОЗУ — 64 Кбайт («Львов», «Искра 1080 Тарту») или 128 Кбайт («Юниор», «Орион-128»), ПЗУ — от 2 Кбайт («Орион-128») до 20 Кбайт («Искра 1080 Тарту»), графика — от 240×120 точек при 8 цветах («Юниор») и 256×256 точек при 4 цветах из палитры в 8 цветов (ПК-01 «Львов») до 384×256 точек при 4 или 16 цветах («Искра 1080 Тарту», «Орион-128»), звукогенератор программный (у «Юниора» — аппаратный одноканальный). Не менее пяти серийных моделей. Выпускались с 1987–1988 года («Львов», «Искра 1080»). Цены — примерно от 750 до 1000 рублей. Общий объем производства — порядка 150 тыс. машин (очень приблизительно), из которых примерно 80 тыс. приходится на ПК-01 «Львов». Достоинства: хороший объем ОЗУ пользователя, в основном хорошие и отличные графические возможности (особенно у «Ориона-128» и «Искры 1080»). Недостаток: небольшой выбор программ (особенно у «Искры 1080» и «Юниора»).
 - 8-разрядные ПК, совместимые с ZX Spectrum. Процессор — Zilog Z80А (или его аналоги советского, корейского, японского и т. д. производства), тактовая частота — 3,5 МГц, ОЗУ — 48, 64 или (редко) 128 Кбайт, ПЗУ — 16 или (редко) 32 Кбайт, графика — 256×192 точки, 15 постоянных цветов (для каждого знака-места 8×8 точек задается специальный однобайтовый атрибут цвета), звукогенератор программный (реже — трехканальный аппаратный с шумогенератором и регулировкой громкости). Не менее 100 (!) моделей как заводского, так

и кустарного или полукустарного (кооперативы, малые предприятия и т. д.) производства. Примеры моделей: «Байт», «Магик», «Компаньон», «Дельта», «Сантака», «Роби», «Нафаня», «Орель», «Север», «Синтез», «Гамма», «Квант», «Кворум», «Ратон», «Пик», «Урал», «Форум» и т. д. Выпускались (самые ранние модели) приблизительно с 1989 года. Обычные цены (до конца 1991 года) — примерно от 900 до 1300 рублей. Общий объем производства всех моделей — порядка 1 млн машин или больше (до конца 1990-х годов). Достоинства: яркая и быстрая цветная графика (но с низким цветовым разрешением), огромный выбор готовых качественных программ и игр от ПК ZX Spectrum. Недостатки: довольно высокая стоимость, нет высокого разрешения (что ограничивало профессиональное и учебное применение ПК), невозможно отображение детальной цветной графики, у многих моделей — упрощенная клавиатура (как по конструкции кнопок, так и по их количеству).

Еще раз подчеркнем: выше перечислены только бытовые ПК, а были еще и учебные: «Агат», «Корвет», УКНЦ, «Немига», «Башкирия», «Русич» и др., были и профессиональные: семейство ДВК, «Электроника-85», «Союз-Неон ПК-11/16», «Истра-4816», множество IBM-совместимых и других персональных ЭВМ. Так что миф об отсталости СССР в сфере компьютеризации во многом был именно мифом. Хотя, бесспорно, у нас были свои особенности, связанные с другим типом экономики и другими потребностями страны.

Раздел 3

Организации

В.Е. Велихов¹, А.П. Платонов², В.А. Пожаров¹, Е.А. Рябинкин¹,
Б.И. Шитиков¹

Развитие компьютерных технологий в Курчатовском институте

Введение

Развитие вычислительных технологий и методов прикладной математики в 50-е годы прошлого века были, в первую очередь, обусловлены сложностью и наукоемкостью задач Атомного проекта. И именно тогда были заложены основы современной прикладной математики и программирования, а также тесной кооперации между ЛИПАН³ и МИАН⁴ (а ныне между НИЦ КИ и Институтом прикладной математики РАН им. М.В. Келдыша — ИПМ РАН), связанной с именами выдающихся математиков М.В. Келдыша, А.А. Самарского и С.Л. Соболева.

История развития вычислительных комплексов

В 50-х годах прошлого столетия в Лаборатории измерительных приборов АН СССР (ЛИПАН) (ныне НИЦ «Курчатовский институт», НИЦ КИ) были сконструированы две цифровые электронные машины — ЦЭМ-1 и ЦЭМ-2.

Разработка ЦЭМ-1 началась во второй половине 1951 года по инициативе академика Л.Н. Соболева, руководившего расчетным подразделением ЛИПАН. Непосредственным руководителем работ был начальник сектора Н.А. Явлинский,

¹ НИЦ «Курчатовский институт», 123182, г. Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1.

² АО «Технический центр Интернет», 123242, г. Москва, ул. Зоологическая, д. 8.

³ Лаборатория измерительных приборов АН СССР, в 1956 г. преобразована в Институт атомной энергии (ИАЭ) АН СССР под руководством И.В. Курчатова (в 1960 г. Институту присвоено имя И.В. Курчатова), с 1991 г. — Российский научный центр «Курчатовский институт» (РНЦ КИ), с 2010 г. — Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (НИЦ КИ). — *Ред.*

⁴ Математический институт им. В.А. Стеклова АН СССР, ныне Математический институт им. В.А. Стеклова РАН. — *Ред.*

подразделение которого в то время вело экспериментальные исследования на первых термоядерных установках типа токамак. Собственно разработку конструкции ЦЭМ-1 проводили Г.Н. Михайлов и Б.И. Шитиков.

ЦЭМ-1 была введена в эксплуатацию в 1953 году, и ее характеризовали следующие данные:

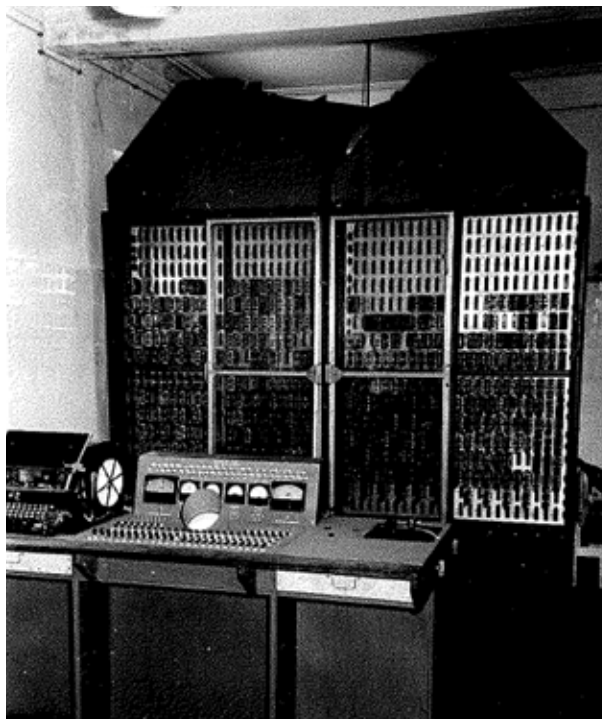
1. Принцип действия — последовательный.
2. Система кодирования команд — двухадресная, с засылкой результата на место второго числа.
3. Машина оперировала 30-разрядными двоичными числами (31-й разряд использовался для записи знака числа).
4. Запоминающие устройства: оперативное емкостью 496 чисел, или команд, на ультразвуковых линиях задержки (31 стальная трубка, заполненная ртутью, по 16 чисел, или команд, в каждой) и внешнее — на магнитном барабане емкостью 4096 чисел (команд).
5. В ЦЭМ-1 использовалось около 1900 ламп (потребляемая мощность — 14 кВт).
6. Средняя скорость выполнения операций:
 - сложения или вычитания — 495 команд в секунду,
 - умножения или деления — 232 команды в секунду.
7. Для запоминания операндов арифметического устройства также использовались ртутные ультразвуковые линии задержки (4 стальные трубки, заполненные ртутью, каждая на одно число).

В ЦЭМ-1 был использован следующий набор команд: сложение, вычитание, умножение, деление, умножение и деление на целые степени (сдвиг вправо и влево на n разрядов); поразрядное логическое умножение; перенос чисел; условные переключения по знаку плюс и минус; ввод — чтение с перфоленты; вывод — запись на перфоленту. В течение нескольких лет ЦЭМ-1 использовалась для решения разнообразных задач научной тематики института. Однако круг решаемых задач сильно ограничивала относительно низкая скорость ее работы. В связи с этим в 1954 году было предложено создать новую ЭВМ — параллельного действия на новых элементах радиоэлектроники, что позволяло превзойти производительность ЦЭМ-1 в десятки раз. Руководил разработкой Б.И. Шитиков. Вновь разрабатываемая ЭВМ, которой было присвоено название ЦЭМ-2, имела следующие характеристики:

1. Система команд — трехадресная.

2. Арифметическое устройство параллельного действия с представлением чисел с плавающей запятой (32 разряда — мантисса, 8 разрядов — показатель).
3. Оперативная память на ферритовых кольцах емкостью 1024 слова по 40 бит в каждом.
4. Внешняя память на магнитном барабане емкостью 16 тыс. слов.
5. Оперативное запоминание кодов чисел и команд с использованием триггерных регистров, выполненных на электронных лампах (общее количество ламп — 1500).
6. Система управления арифметическими и логическими операциями микропрограммная с использованием импульсно-потенциальной логики.
7. Ввод данных и команд при помощи фотоввода собственной конструкции (с использованием стандартной телеграфной перфоленты).
8. Вывод данных на перфоленку и бумагу с помощью стандартного телеграфного аппарата, позже замененного АЦПУ параллельного действия.
9. Средняя скорость выполнения операций:
 - сложение или вычитание — 30 тыс. команд в секунду,
 - умножение или деление — 8 тыс. команд в секунду.

Благодаря ряду особенностей конструкции ЦЭМ-2, была обеспечена высокая степень бесперебойности ее функционирования в условиях двухсменного режима эксплуатации. В 1957 году ЦЭМ-2 прошла экспертизу межведомственной комиссии Радиокomiteта СССР, подтвердившую высокую степень надежности ее функционирования. За десять дней двухсменной работы (под контролем комиссии) не было зафиксировано ни одного сбоя радиоэлектроники машины. Однако, несмотря на неоспоримые достоинства



ЭВМ ЦЭМ-1

конструкции ЦЭМ-2, серийное производство ее не было рекомендовано комиссией, поэтому в дальнейшем в Институте атомной энергии (ИАЭ) им. И.В. Курчатова использовались основные линейки отечественных серийных компьютеров — М-20, БЭСМ-6, «Эльбрус-1К-Б».

В декабре 1959 года ЭВМ М-20 была принята Государственной комиссией, и уже с середины января 1960-го начала эксплуатироваться в промышленном режиме в четыре смены. В 1965 году была запущена вторая ЭВМ М-20, а в сентябре 1965 года образован Отдел электронно-вычислительных машин с коллективом в 100 человек. Четыре смены по 10 человек обслуживали две ЭВМ М-20, расположенные в 101-м здании института. В 1967 году была запущена в эксплуатацию ЭВМ М-220.

В 1969 году появилась первая ЭВМ БЭСМ-6. Возможности этой машины значительно превышали всё, что было доступно пользователям до этого. Техноэксплуатационные характеристики БЭСМ-6 обеспечивали среднее быстродействие до 1 млн одноадресных команд/с с длиной слова 48 двоичных разрядов и два контрольных разряда. Появление БЭСМ-6 стимулировало значительный рост работ



Пульт управления БЭСМ-6

по моделированию физических и технологических процессов. На ней решались задачи фундаментальной и прикладной физики, реакторные задачи, моделировалось поведение плазмы. Рост числа задач и пользователей быстро исчерпал возможности машины, и в 1974 году была запущена вторая ЭВМ БЭСМ-6, а к концу 1977 года вычислительный центр (ВЦ) обслуживал уже более 1000 пользователей.

Уникальная по тем временам вычислительная техника притягивала к себе талантливых специалистов. Проводились уникальные разработки как в области модернизации оборудования, так и в области разработки программного обеспечения (ПО). В частности, был разработан контроллер магнитных дисков, который обеспечил возможность объединения двух ЭВМ БЭСМ-6 в единый комплекс. В 1977 году под руководством И.Г. Пасынкова была создана Диалоговая мониторная система (ДИМОН) — революционное по тем временам решение, которое позволило перейти от работы с перфокартами к работе с мониторами. Совместно со специалистами ряда организаций была разработана отечественная Диалоговая единая мобильная операционная система (ДЕМОС), в которой изначально были заложены сетевые принципы. Разработчики ДЕМОС были награждены в 1988 году Премией Совета Министров СССР по науке и технике

В 1980-х годах в институте появились две более производительные ЭВМ — «Эльбрус-1К-Б» и две ЭВМ ЕС-1066, которые были введены в строй, обеспечив пользователей ВЦ необходимыми в то время дополнительными ресурсами, поскольку мощностей БЭСМ уже крайне не хватало. А в конце 80-х — начале 90-х годов в ИАЭ появились зарубежные машины Convex и MicroVAX, давшие толчок к активному освоению учеными UNIX-подобных систем и переводу на эти системы значительного количества расчетных программ (например, расчет пристеночной плазмы в термоядерном реакторе ИТЭР). На машинах MicroVAX активно развивались сетевые технологии (серверы только появившейся в это время электронной почты).

История развития коммуникационных технологий для науки и образования

Начиная с последней декады XX столетия деятельность ВЦ очень сильно переориентировалась в сторону сетевых приложений, поскольку в СССР, благодаря усилиям многих команд (в том числе и сотрудников ВЦ ИАЭ под руководством А.А. Солдатова), появилась возможность наладить сетевую связность с внешним миром. В августе 1990 года окончательно сложилось ядро сети Демос/Диалог/ИАЭ, работающее на протоколе UUCP, а в период с 12 по 19 августа было организовано подключение к ресурсу fuug.fi. Вскоре был зарегистрирован домен.su, и события начали развиваться

стремительно, приведя к переходу от роста сети Интернет внутри СССР к ее слиянию со всей международной сетью.

В том же году при определяющем участии специалистов Курчатовского института была создана сеть Релком, которая объединила около 50 научных организаций страны. Вскоре она получила выход во все мировые компьютерные сети и стала первой в СССР публичной компьютерной сетью, открывшей доступ к мировым информационным ресурсам и информационному обмену для всех желающих.

По заказу Минатома РФ в 1995 году специалистами компании ИВК совместно с АООТ «Релком» создана и эксплуатировалась до конца мая 1999 года информационно-телекоммуникационная система российской части проекта Международного экспериментального термоядерного реактора (ИТЭР), объединившая участников проекта ИТЭР (НИКИЭТ, Институт ядерного синтеза РНЦ КИ, НИКИМТ — Москва, НИИЭФА и ВНИПИЭТ — Санкт-Петербург) цифровыми каналами связи с пропускной способностью 2,048 Мбит/с (E1) и обеспечившая обмен научными данными (включая тексты, графику, программы и т. д.) между собой и онлайн-доступ к мировым научным информационным массивам сети Интернет. Общий потребляемый трафик всеми участниками проекта составлял примерно 17 Гбайт в месяц.

В 1996 году специалистами ИВК, АОЗТ «Сатис-ТЛ-94» (организованного на базе Радиотехнического института им. академика А.Л. Минца) и ЗАО «Элекон» (г. Фрязино) на территории Центра построен телепорт РНЦ «Курчатовский институт», положивший начало развитию спутниковой сети связи, предназначенной для обеспечения доступа в международную сеть телемедицины и организации доступа в глобальные телекоммуникационные сети по спутниковым каналам.

В 1992 году при непосредственном участии сотрудников Центра был создан Российский научно-исследовательский институт развития общественных сетей (РосНИИРОС). Результатом совместной деятельности РосНИИРОС и РНЦ «Курчатовский институт» стала крупнейшая в России научно-образовательная сеть RNet, объединившая многие научные и образовательные организации — от общеобразовательных школ до крупнейших научных центров. Сеть RNet была построена как базовая транспортная магистраль, обеспечивающая связность многочисленных сетевых сегментов, которые обслуживают различные группы пользователей, относящихся к сфере науки и образования РФ. RNet представляла собой высокоскоростную IP-сеть, объединяющую федеральные округа, и охватывала около 50 регионов РФ. Базовые узлы располагались в Москве, Санкт-Петербурге, Ростове-на-Дону, Самаре, Нижнем Новгороде, Казани, Екатеринбурге, Новосибирске, Иркутске, Хабаровске, Обнинске.

Канальная инфраструктура сети RBNet обеспечивалась двумя крупнейшими российскими операторами связи — компанией «ТрансТелеКом» и ОАО «Ростелеком».

Инфраструктура сети RBNet была задействована для реализации международного проекта GLORIAD (ГЛОРИАД). GLORIAD — глобальная высокоскоростная сетевая инфраструктура, специально предназначенная для телекоммуникационного обеспечения передовых научных проектов, поддерживалась консорциумом 11 стран: США, Российской Федерации, Китайской Народной Республики, Кореи, Нидерландов, Канады и стран Северной Европы (Дании, Швеции, Норвегии, Финляндии и Исландии), каждая из которых вносила свой вклад в построение глобальной оптической сети кольцевой топологии. Со стороны России координатором проекта являлся Российский научный центр (РНЦ) «Курчатовский институт». Благодаря активной работе участников GLORIAD со стороны России, Нидерландов и США, в мае 2007 года ученые продемонстрировали новый метод передачи больших (терабайтных) объемов научных данных на межконтинентальном расстоянии. В январе 2007 года РНЦ «Курчатовский институт» обеспечил создание канала STM-64 (10 Гбит/с) между Москвой и Амстердамом. Это и дало возможность для эксперимента Teraflow установить специальный оптический канал (“lightpath”), соединяющий Москву (MoscowLight) и Чикаго (StarLight) через Амстердам (NetherLight).

РосНИИРОС являлся также базовой организацией администрирования национального домена.RU.

Стабилизация в области интернет-технологий и необходимой для его работы инфраструктуры в России (в первую очередь, упоминаемые выше проекты GLORIAD и сеть RBNet) позволили задуматься о серьезном участии в международных проектах по созданию и сопровождению инфокоммуникационных инфраструктур.

Распределенные вычисления (НРС и грид-системы)

С точки зрения научного компьютеринга 2000-е годы были десятилетием ГРИД. В первые несколько лет получения данных на Большом адронном коллайдере (БАК) распределенным вычислительным системам удалось обработать и быстро проанализировать данные с детекторов, и таким образом были получены новые физические результаты.

В 2003 году Курчатовский институт приступил к работам по проектированию, введению в строй и поддержке центра уровня Tier-2 (входящего в распределенные грид-инфраструктуры Russian Data-Intensive Grid и Worldwide LHC Computing Grid). Это явилось новой вехой в истории центров обработки данных (ЦОД), дав новый толчок к эволюции как вычислительных ресурсов и подходов к их созданию, сопровождению и модернизации, так и сетевых ресурсов (поскольку требовались хорошие

каналы данных до других центров распределенной инфраструктуры компьютинга для Большого адронного коллайдера, «размазанной» практически по всему земному шару). Запущенный в 2004 году центр уровня Tier-2 состоял из 25 вычислительных узлов на базе процессоров Intel Xeon, сервера хранения данных емкостью 240 Гбайт, инфраструктурных и грид-сервисов, построенных на базе стека ПО LCG-2. Для выхода в Интернет использовались ресурсы RbNet и сети Релком.

2005 год ознаменовался созданием нового национального центра по выдаче цифровых X.509-сертификатов в НИЦ «Курчатовский институт» (работы по вводу его в промышленную эксплуатацию велись с середины 2003 года). Центр был аккредитован группами EUGridPMA и IGTF, первый пользовательский сертификат был выпущен 19 августа 2005 года). С тех пор было выпущено более 6 тыс. сертификатов, из которых порядка 700 составляют на данный момент активное подмножество). Центр обслуживает весь российский регион. На текущий момент клиентами ЦЦ являются такие российские научные организации, как СПбГУ, ОИЯИ, НИИЯФ МГУ, ИЯИ РАН, МИФИ, ИЯФ СО РАН, ЦАГИ, ИФВЭ, ПИЯФ, ИТЭФ, НИЦ «Курчатовский институт», ФИАН, Институт национального проекта «Общественный договор».

В 2006 году (или несколько ранее) развернулись работы по суперкомпьютерному направлению. Первый суперкомпьютер из 1024 двухпроцессорных узлов на платформе Intel Xeon был собран и запущен в 2007 году. Именно в это время в институт пришли и прочно закрепились две западные аббревиатуры: HPC (High-Performance Computing — высокопроизводительные вычислительные ресурсы), соответствующие параллельным вычислительным кластерам, и HTC (High-Troughput Computing — вычисления с высокой пропускной способностью). Это грид-системы, обрабатывающие потоки одно- или многоядерных задач, не выходящих за пределы одного вычислительного узла. Появление новой области — грид-систем — способствовало возрождению традиционных для ВЦ работ по проектированию, поддержанию и модернизации централизованных вычислительных ресурсов. Модель распределенных вычислений позволяет включить другие ресурсы, такие как суперкомпьютеры, и использовать их эффективно сегодня и в будущем для сеансов с высокой светимостью.

Создание ЦОД нового поколения

Смена компьютерных технологий и участие в грид-инфраструктуре БАК предъявили новые требования к инженерной инфраструктуре. К концу 2010 года в составе нанотехнологической лаборатории НИЦ КИ был создан ЦОД нового поколения, обеспечивающий высокопроизводительную платформу для моделирования и анализа данных.

ЦОД включает четыре конструктивных модуля по 350 кв. м каждый, обеспечивающие различные условия надежности, в которых эксплуатируются стойки с высоким энергопотреблением. Используются как классические системы «горячих» и «холодных» коридоров (до 15 кВт на стойку), так и блочные системы с изолированным «горячим» коридором на основе межрядных водных кондиционеров (до 33 кВт на стойку), холодопроизводительность одного блока которых — от 350 до 450 кВт. Электроснабжение обеспечивают шесть трансформаторов мощностью 2,5 МВА каждый. Установленная мощность — 15 МВА. В ЦОД используются источники бесперебойного питания мощностью 400 кВА и 500 кВА. Система холодоснабжения ЦОД построена на основе двух моноблочных чиллерных групп по три чиллера мощностью 900 кВт в каждой группе. Чиллеры имеют функцию каскадного фрикулинга, что позволяет объединить холодопроизводительность всех чиллеров. Производительность системы охлаждения — до 1000 м³ охлаждающей жидкости в час. Инженерная инфраструктура обслуживает все вычислительные системы ЦОД. Ниже представлено их описание на 2010 год.

Высокопроизводительный вычислительный кластер НРС-1 построен на базе процессоров Intel Xeon и включает:

- 336 узлов HP ProLiant BL460c G1, процессоры Intel E5345, память 8 Гбайт, диски 2×36 Гбайт;
- 64 узла HP ProLiant BL460c G1, процессоры Intel E5345, память 16 Гбайт, диски 2×36 Гбайт;
- 32 узла HP ProLiant BL460c G1, процессоры Intel E5355, память 32 Гбайт, диски 2×36 Гбайт.

Все узлы кластера включены в общую сеть передачи данных и сообщений и имеют параллельный доступ к хранилищу данных.

Общее количество центральных процессоров в кластере — 864.

Общее количество ядер центральных процессоров в кластере — 3456.

Общая пиковая производительность кластера — 34 Тфлопс.

Производительность (Linpack) — 25 Тфлопс.

Высокопроизводительный вычислительный кластер НРС-2 на базе процессоров Intel Xeon состоит из 640 двоек узлов, каждый из которых содержит 2×2 процессора Intel E5450, память 2×16 Гбайт, диски 2×120 Гбайт. Все узлы включены в общую сеть передачи данных и сообщений и имеют параллельный доступ к хранилищу данных.

Общее количество центральных процессоров в кластере — 2560.

Общее количество ядер центральных процессоров в кластере — 10 240.

Общая пиковая производительность кластера — 123 Тфлопс.

Производительность (Linpack) — 101 Тфлопс.

Система хранения данных спроектирована как высокопроизводительный файловый массив, который доступен одновременно (в параллельном режиме) всем узлам кластеров. Такая функциональность реализована на базе параллельной файловой системы Lustre. Для эффективной передачи данных от хранилища к счетным узлам используется та же высокопроизводительная сеть передачи данных и сообщений InfiniBand DDR, что и для прямого обмена данными между оперативной памятью счетных узлов. В качестве параллельной файловой системы используется стек Lustre 2.0 от консорциума OpenSFS и компании WhamCloud. Также в НИЦ начиная с 2005 года эксплуатируется грид-комплекс, предназначенный для выполнения задач физики высоких энергий (проект БАК) и других, использующих технологии гетерогенных территориально распределенных вычислительных систем. Слабосвязанный (по технологии Ethernet) вычислительный кластер и дисковое хранилище работают как единый информационно-вычислительный комплекс функциональности Tier-2 в глобальной системе региональных центров по обработке и анализу данных экспериментов международного проекта БАК (ALICE, ATLAS, CMS и LHCb) с обеспечением разделения дискового ресурса между экспериментами. На грид-комплексе в непрерывном режиме идет обработка задач симуляции и анализа данных коллабораций экспериментов БАК. Комплекс является одной из самых мощных в России систем, включенных в инфраструктуру WLCG. Загрузка оборудования близка к 100%.

Общая мощность ресурсов Tier-2 в НИЦ «Курчатовский институт»:

- количество слотов (одновременно запущенных однопроцессорных задач) — 1024, общая производительность — 10895 единиц NEP-SPEC06;
- физически доступный объем хранилища данных — 1000 Тбайт.

За год работы через грид-комплекс проходит более 2 млн задач, потребляя свыше 7,5 млн часов общего процессорного времени.

Развитие суперкомпьютерных ресурсов ЦОД

Расширение предметных областей, в которых выполняются моделирование и анализ данных, выдвинуло новые требования к аппаратно-программному обеспечению ЦОД и потребовало проведения его модернизации. В 2010 году в ЦОД была реализована концепция аппаратно-программного комплекса (АПК), то есть конгломерата кластеров различного размера, предназначенных для решения специализированных задач, но интегрирующихся в единое целое общей фабрикой передачи сообщений и параллельной файловой системой.

АПК состоит из следующих ресурсов:

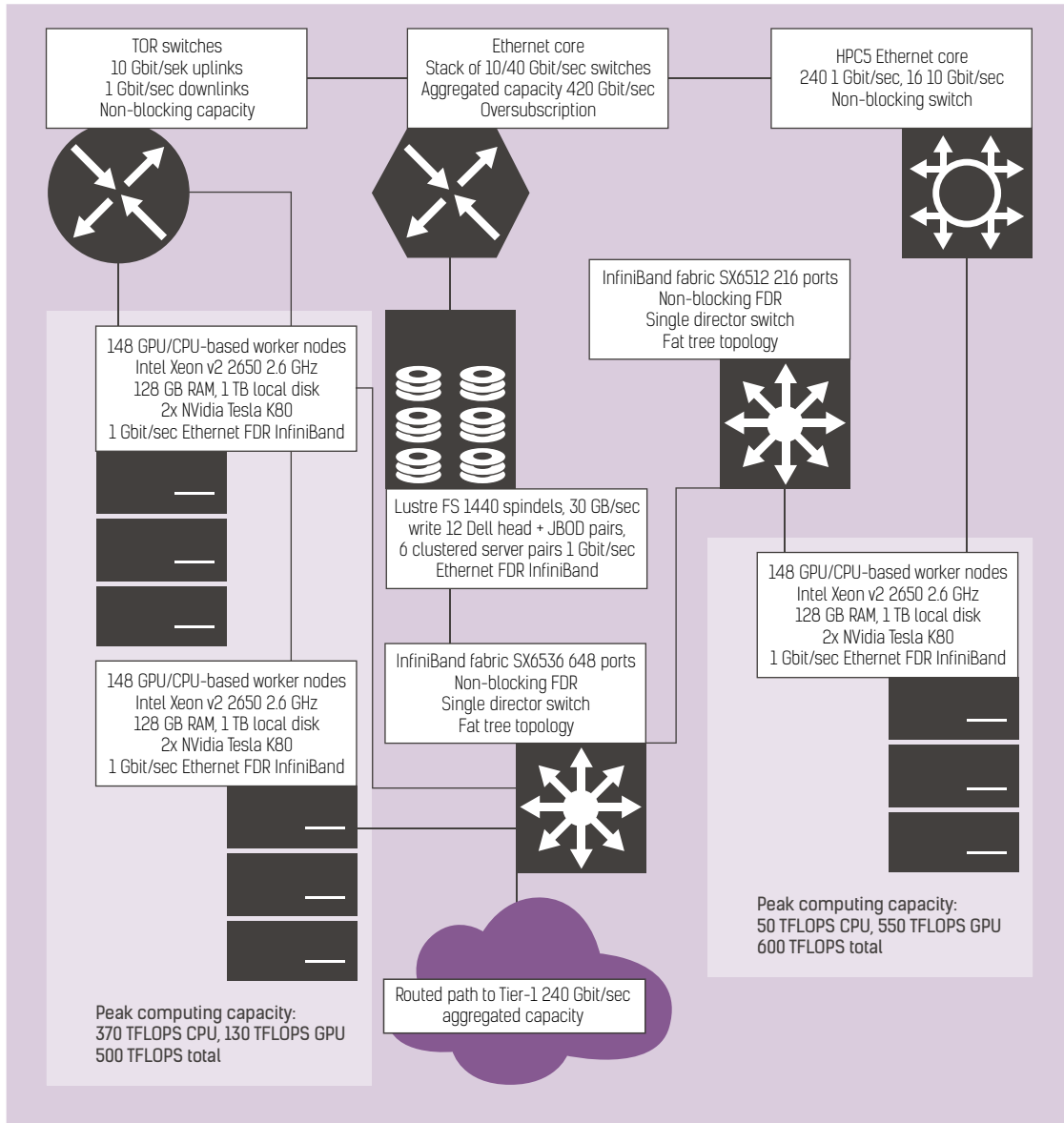
- кластера HPC3: 16 двухпроцессорных узлов на базе Intel Xeon X5650;
- кластера HPC3G: 80 счетных узлов, оборудованных графическими ускорителями Nvidia Tesla M2070 (три ускорителя на узел);
- кластера HPC3V, оборудованного специализированными видеокартами NVidia Quadro 6000, с двенадцатью 55-дюймовыми панелями высокого разрешения;
- кластера SMP3: 2 узла с 40 ядрами и 0,5 Тбайт оперативной памяти на машину;
- системы хранения данных LS3 суммарным объемом 960 Тбайт.

Среда для передачи сообщений и высокоскоростного обмена данных — InfiniBand QDR.

Наличие таких ресурсов позволило организовывать целые конвейеры для проведения численных экспериментов и моделирования, требующих связанных друг с другом, но разнородных по своему характеру расчетов. Ресурсы АПК используются для решения множества различных задач, в частности: ПО для сборки и анализа геномных последовательностей (SMP-машины и кластер HPC3), для проведения геопространственного моделирования и решения обратных задач геофизики (кластер HPC3G); система рендеринга изображений с фотореалистичной точностью (кластеры HPC3G и HPC3); видеостена WV3 для презентаций и анализа изображений сверхвысокого разрешения (кластер HPC3V); ресурсы для лаборатории больших данных НБИКС (кластер HPC3); собственные сервисы для анализа и хранения данных, основанные на технологиях семейства NoSQL (кластер HPC3 и СХД LS3); множественные хранилища под отдельные проекты (СХД LS3). Также ресурсы АПК использовались и продолжают использоваться для организации программно-аппаратных окружений для разработки и тестирования в проектах «Виртуальный суперкомпьютер», в построении Tier-1, в цикле работ по большим данным.

В конце 2013 года начались работы по проектированию новых суперкомпьютерных комплексов, поскольку кластеры HPC2 и АПК круглосуточно загружены не менее чем на 97% своих мощностей и пользователи часто подолгу ожидают своей очереди на выполнение вычислительных задач. Кластеры HPC4/HPC5 проектировались как единая система, объединенная фабрикой передачи данных стандарта InfiniBand FDR и высокопроизводительной параллельной файловой системой на базе Lustre, способной показывать скорости чтения/записи не менее 40 Гбайт/с (для сравнения: Lustre на кластере HPC2 проектировалась на скорость 2 Гбайт/с). Вычислительные поля HPC4 и HPC5 обладают существенно различными характеристиками:

- на HPC4 используются двухпроцессорные платформы на базе процессоров Intel Xeon Haswell (v3), оснащенные 128 Гбайт оперативной памяти на узел; основная часть поля ориентирована на расчеты, требующие только центральных



.Архитектура и спецификация кластеров HPC4/HPC5

процессоров, однако 23 узла дополнительно к Intel Xeon оснащены графическими ускорителями NVidia Tesla K80, позволяющими производить гибридные расчеты для задач, решение которых требует и мощных центральных процессоров;

- на HPC5 вычислительное поле несет на себе по два ускорителя NVidia Tesla K80 (что обеспечивает однородность поля графических карт на HPC4/HPC5), но платформа базируется на Intel Xeon Ivy Bridge (v2) и предназначена в основном для последовательных и параллельных расчетов с использованием только мощностей GPU.

Дополнительно к этому вычислительное поле HPC4 спроектировано максимально близким к основной части вычислительных ресурсов Tier-1 (в том числе оснащено довольно емкими жесткими дисками, что нехарактерно для HPC), а InfiniBand-фабрика оснащена трансляторами протокола IP-over-InfiniBand в TCP/IP и соединена 160-гигабитной магистралью с корневым коммутатором внутренней сети Tier-1, что позволяет прозрачным образом выделять ресурсы суперкомпьютера для пользователей грид по предварительному запросу.

Кластер HPC4 содержит:

- 364 вычислительных узла по два процессора Intel Xeon E5-2680 v3 (12 ядер, 2,5 ГГц, 120 W TDP) на каждом; всего 728 процессоров, 8736 ядер.

Пиковая производительность — 370 Тфлопс.

- 23 вычислительных узла по два процессора Intel Xeon E5-2680 v3 (12 ядер, 2,5 ГГц, 120 W TDP), по три ускорителя вычислений Supermicro NVIDIA Tesla K80 24 Гбайт GDDR5 PCIe 3.0; всего 46 процессоров, 552 ядра, 69 ускорителей.

Пиковая производительность — 130 Тфлопс.

Кластер HPC5 содержит:

- 148 вычислительных узлов V-Class V200F2:
 - 2 × Intel® Xeon® E5-2650 v2 (8 ядер; 2,6–3,4 ГГц);
 - 2 × NVIDIA® Tesla™ K80 (4992 ядра CUDA; 1,87 Тфлопс DP, 24 Гбайт GDDR5; 480 Гбайт/с).
- 18 944 Гбайт совокупной оперативной памяти, 74 000 Гбайт совокупного локального дискового пространства.

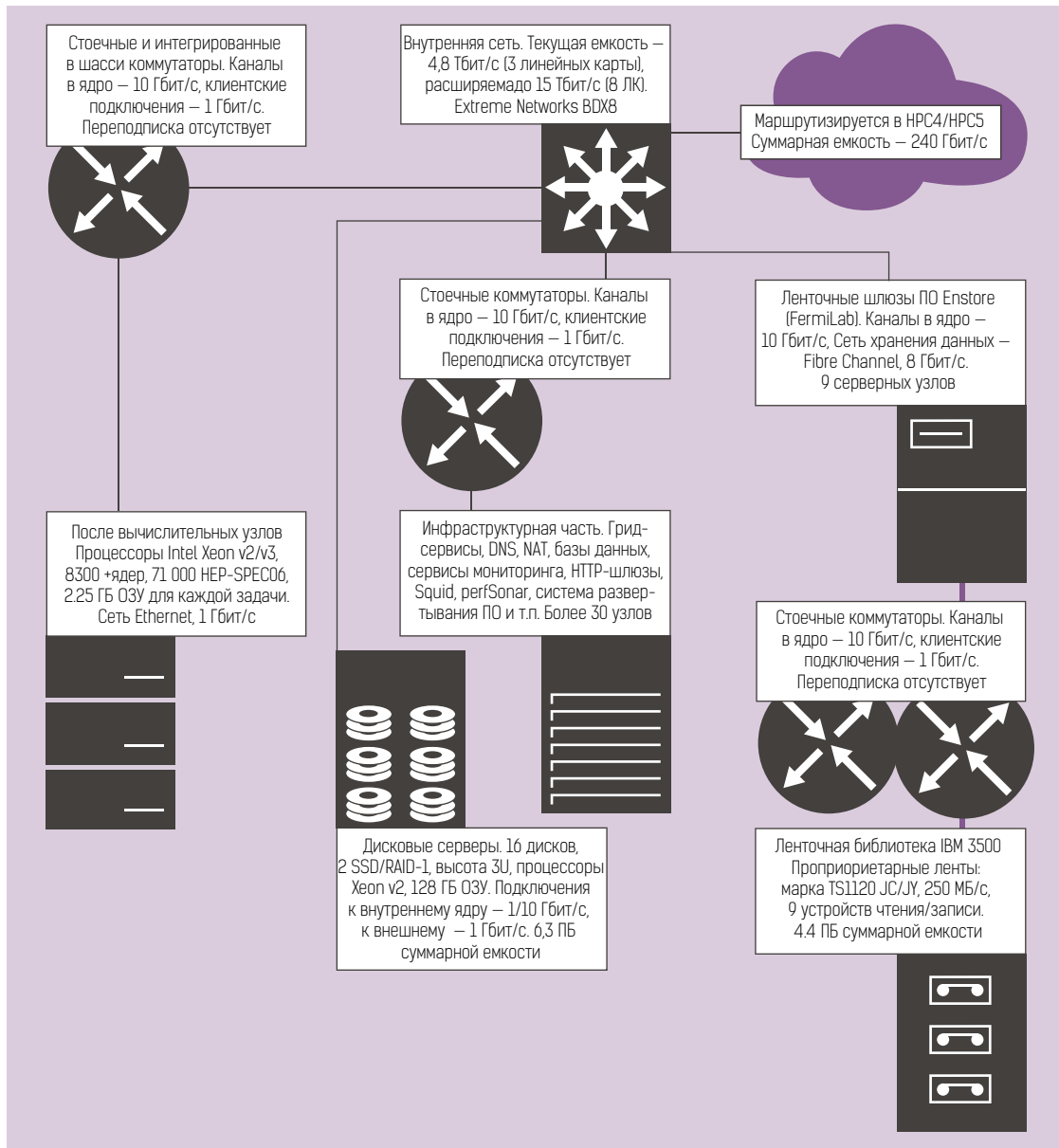
Системная сеть FDR InfiniBand 4x — топология Fat Tree с полной бисекцией.

Управляющая и сервисная сети — 1/10 Gigabit Ethernet, 8 управляющих узлов V-Class V200FS. Энергопотребление вычислителя — 155,8 кВт.

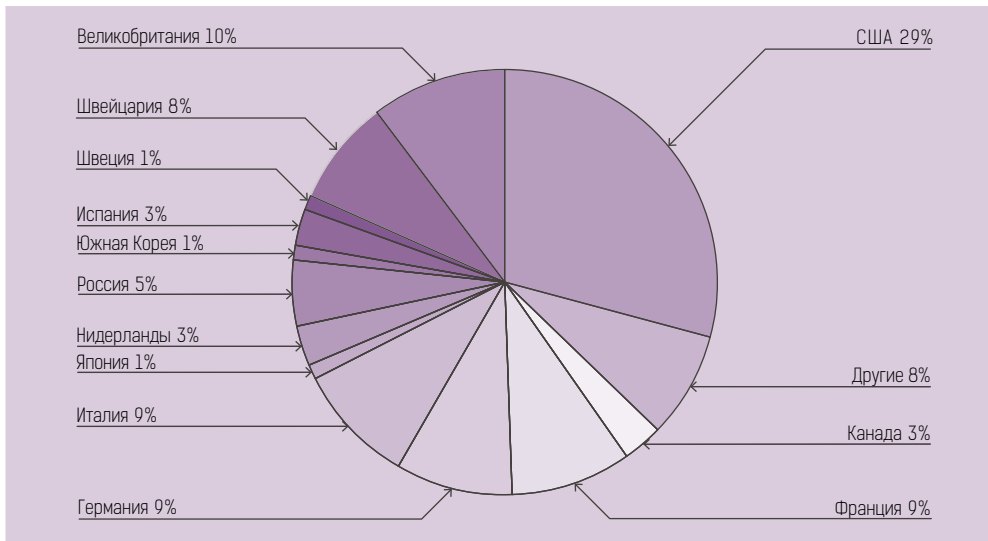
Пиковая производительность — 602,7 Тфлопс:

- 49,2 Тфлопс CPU,
- 553,5 Тфлопс GPU.

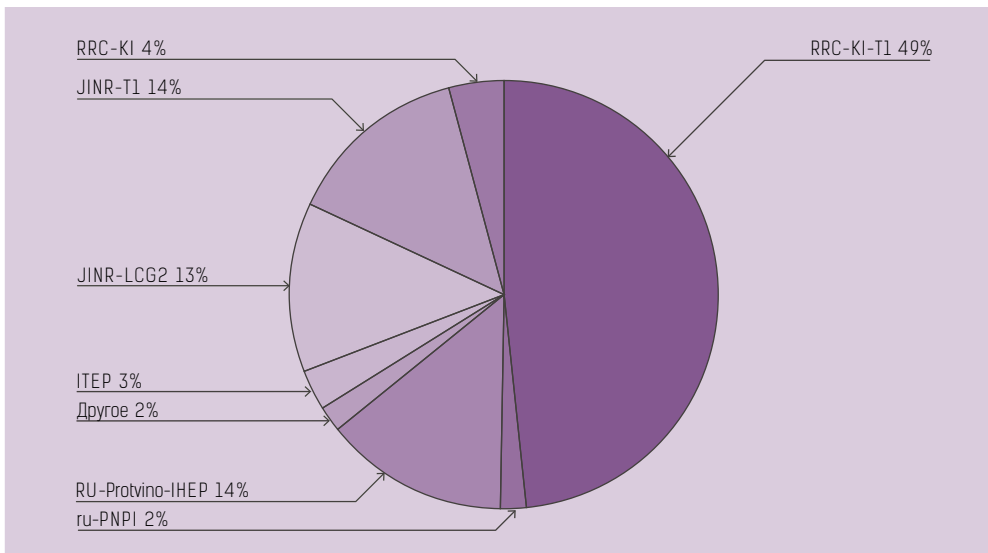
Страницы истории отечественных ИТ



Архитектура Tier-1



Вклад российского региона в обработку данных БАК в 2015–2016 гг.



Распределение вкладов российских грид-центров в суммарной доле предоставляемых нашей страной для БАК ресурсов в 2015–2016 гг.

Ресурсный центр грид-БАК уровня Tier-1

В 2011 году НИЦ «Курчатовский институт» совместно с Объединенным центром ядерных исследований (ОИЯИ) в Дубне начали работы по проектированию двух центров уровня Tier-1 для БАК, совместно осуществляющих поддержку всех четырех экспериментов: в НИЦ поддерживаются ресурсы для ATLAS, ALICE и LHCb, в ОИЯИ — для CMS. Опытно-конструкторские работы были поддержаны Министерством науки и образования РФ и полностью завершены к 2013 году с высокой оценкой экспериментов БАК и контролирующих органов, а также с работающими прототипами центров уровня Tier-1 в обеих организациях. В течение следующих двух лет последние по согласованию с ЦЕРН (CERN — Европейская организация по ядерным исследованиям) и менеджментом Worldwide LHC Computing Grid были расширены до уровня 10% суммарной вычислительной мощности центров уровня Tier-1 на 2014 год, что позволило России завершить цикл предоставления вычислительных мощностей для физики высоких энергий и начать хранить свою часть сырых данных экспериментов БАК на ресурсах своего региона.

Центр в НИЦ КИ на 2015 год имел следующие характеристики:

- вычислительная мощность — 71 тыс. единиц HEP-SPEC06;
- дисковая система хранения — 6,3 Пбайт;
- ленточная система хранения — 7,2 Пбайт;
- сеть между Tier-1 и другими Tier-1/Tier-0 — 10 Гбит/с;
- сеть до остальных Tier-2 — не менее 5 Гбит/с.

Развитие сетевых технологий

Инфраструктура включает как ИКТ-ресурсные центры, так и сетевые инфраструктуры (отечественные и международные: LHC OPN, LHC ONE, GLORIAD, NORDUNET, GEANT, ESNet, CANARIE).

По 2012 год включительно вычислительные ресурсы НИЦ являлись исключительно клиентами различных сетей для науки и образования (GEANT, GLORIAD, RBNNet, РосНИИРОС, RUNNet), однако уже с начала 2011 года велась работа по организации собственного сетевого отдела и выделения научно-образовательной связности в отдельную инфраструктуру, управляемую и сопровождаемую силами самого ЦОД. В результате этих работ в 2013 году мы смогли начать организацию каналов для LHC Optical Private Network, требующихся по условиям эксплуатации центров уровня Tier-1 для БАК, на арендованной канальной инфраструктуре, но полностью с собственным сопровождением выше второго уровня сетевой модели ISO/OSI.

В настоящее время российская ИКТ-инфраструктура научных исследований «Мегасайнс» обеспечивает, главным образом, эксперименты БАК и де-факто определяется ресурсными центрами Т 1–Т 2 и сетевыми инфраструктурами НИЦ КИ и ОИЯИ (более 90% ресурсов РДИГ — российского грид для интенсивных операций с данными). Отечественные ядерно-физические установки класса «Мегасайнс» также будут находиться в сетевых инфраструктурах НИЦ КИ (ПИК) и ОИЯИ (НИКА).

Поскольку для центров уровня Tier-1 является обязательным наличие выделенных каналов для передачи сырых данных из Tier-0 (CERN) (ибо вторая копия данных должна как можно раньше быть доставлена и в Tier-1, чтобы всегда существовало два экземпляра экспериментальных наборов данных), то Tier-1 в НИЦ КИ и Дубне стали организовывать подключение к сети LHC Optical Private Networking (LHCOPN) практически с самого начала опытно-конструкторских работ. В 2011–2012 годах был организован канал емкостью 2,5 Гбит/с, использующий в качестве транспорта инфраструктуру панъевропейской сети GEANT. В связи с распадом точки присутствия GEANT в Академии наук и, как следствие, прекращением работы каналов в GEANT и LHCOPN, наши Tier-1 были вынуждены искать другие пути подключения к этой сети.

Поэтому начиная с 2013 года были инициированы работы по созданию отказоустойчивой сетевой инфраструктуры Москва–Амстердам–Будапешт–Москва с канальной емкостью 10 Гбит/с. Такая география размещения каналов была выбрана потому, что вычислительный центр Tier-0 в CERN на тот момент уже был географически распределен между Женевой и Будапештом, а связность Амстердам–Женева была нам предложена для использования руководством CERN IT в качестве их вклада в наши центры уровня Tier-1. С 1 января 2014 года кольцо было введено в работу и функционирует по настоящий момент. На нем обеспечивается отказоустойчивость всех фатальных единичных проблем с оборудованием и канальной инфраструктурой. Ромбовидная структура каналов и четыре BGP-сессии обеспечивают перемаршрутизацию на время запланированных работ и аварий. Политики распределения трафика для НИЦ КИ и ОИЯИ построены так, что при нормальном режиме работы кольца обоим Tier-1 доступна полная полоса 10 Гбит/с (используются оба сегмента).

В связи с невозможностью непосредственного использования европейской сети GEANT для организации доступа к сетям для науки и образования в дополнение к кольцевой инфраструктуре Москва — Амстердам — Женева — Будапешт — Москва емкостью 10 Гбит/с, организован дополнительный сетевой канал емкостью 10 Гбит/с Москва — Амстердам с собственным коммутирующим оборудованием в обеих конечных точках для создания связности с сетями GLORIAD, NetherLight, CANARIE, Internet2, ESnet

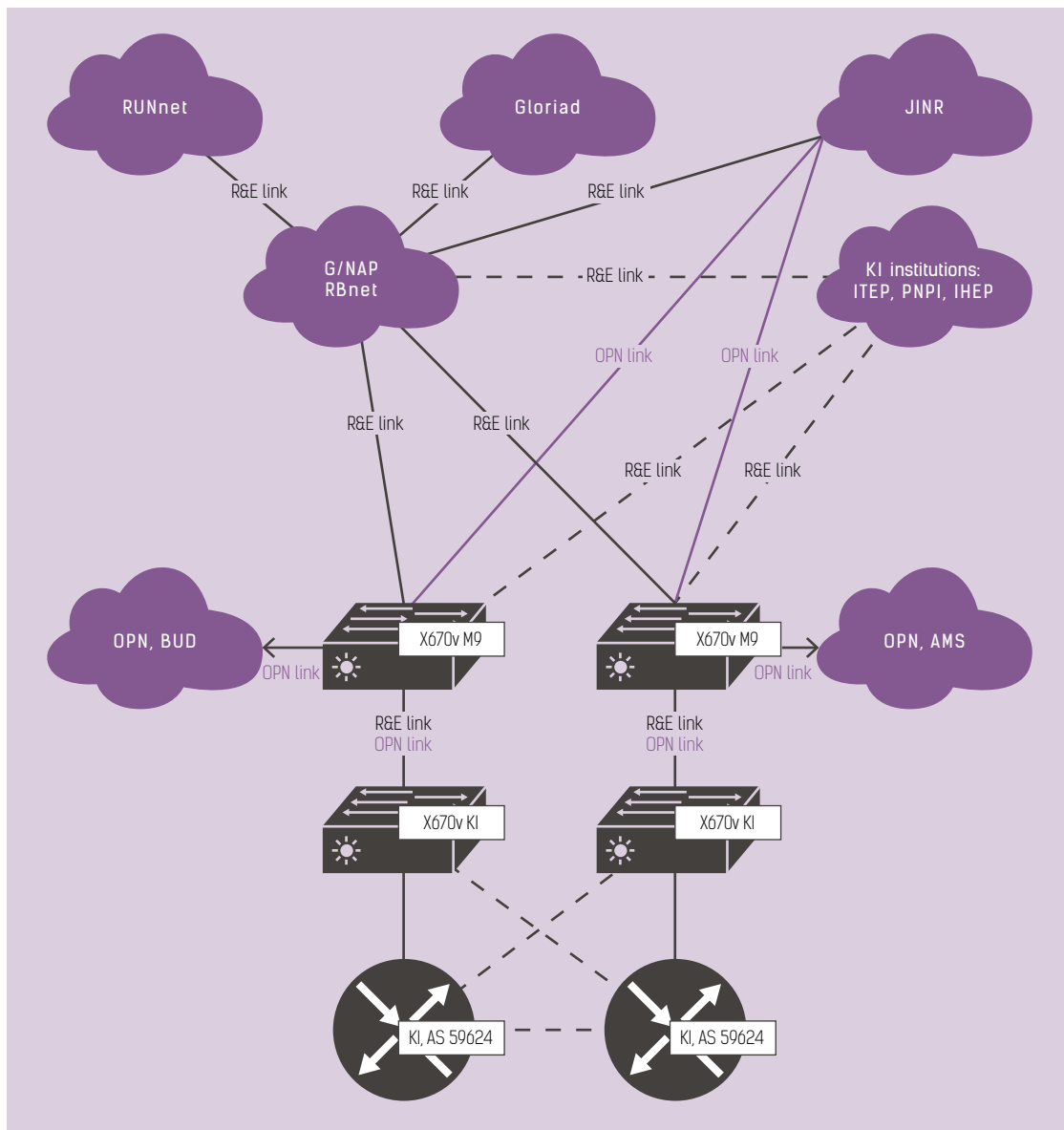


Схема сети

и SURFsara. Также практически закончены работы по организации канала емкостью 10 Гбит/с до инфраструктуры NORDUnet (Москва–Финляндия), который будет обеспечивать транзит трафика в северные регионы и значительную часть Юго-Восточной Европы.

С 2014 года НИЦ КИ поддерживает инфраструктуру RU-VRF, являющуюся опорной точкой сети LHCONE (предназначенной для обмена трафиком для БАК и некоторых других проектов, например эксперимента Belle II, между центрами уровней Tier-1/Tier-2) в России. В 2014 году стартовала пилотная фаза проекта, с начала 2015 мы являемся полноценными операторами VRF и подключаем к инфраструктуре LHCONE грид-сайты НИЦ КИ, ИФВЭ, ИТЭФ, ПИЯФ и ОИЯИ. Осуществляется транзит трафика в NORDUnet, CERN, CANARIE, ESnet и Internet2.

В 2015 году было проведено расширение канальной инфраструктуры. Усилиями НИЦ КИ и ОИЯИ организованы и функционируют следующие каналы:

- Москва – Амстердам – Будапешт – Москва, 10 Гбит/с, LHCOPN (Tier-0/1).
Доступ в сеть LHCONE, 2 Гбит/с (Tier-1/2).
- Канал Москва – Амстердам, 10 Гбит/с (связность с отдельными Tier-1/2).
Доступ через коммерческие сети к научным сегментам: 10 Гбит/с (Tier-1/2).
- Канал НИЦ КИ – ММТС-9 расширен до 4×10 Гбит/с.

Точка обмена трафиком на ММТС-9 расширена до 2×10 Гбит/с до G/NAP (РосНИИРОС).

Подключение институтов НИЦ КИ к G/NAP: ИФВЭ — 10 Гбит/с, ИТЭФ — 10 Гбит/с, ПИЯФ — 1 Гбит/с.

Возможность организации точки обмена трафиком на ММТС-9 — до 40×10 Гбит/с.

В настоящее время связность между оборудованием НИЦ «Курчатовский институт» и площадкой на ММТС-9 обеспечивается четырьмя каналами по 10 Гбит/с, которые могут работать как в режиме резервирования, так и в режиме пропуска максимального трафика (до 40 Гбит/с). Подключение к телеком-узлу М9 и внешним сетевым инфраструктурам выполняется провайдерами (RBNет, RUNNet, ReTN) по отдельным договорам. Функционирует подключение Tier-2, входящего в Центр коллективного пользования (ЦКП), к сети LHCOPN с использованием арендованной кольцевой инфраструктуры емкостью 10 Гбит/с на каждом ее участке. Связность между ММТС-9 и НИЦ КИ позволяет подключать различные отрезки кольца к разному оборудованию на ММТС-9 и транспортировать различные VLAN до внешнего маршрутизирующего оборудования ЦКП.

Поскольку кольцевая структура Москва–Амстердам–Будапешт–Москва является только частью каналов, необходимых для подключения к LHCOPN, а полная инфраструктура получается добавлением каналов Амстердам–Женева и Будапешт–Женева,

предоставляемых CERN, то топологически связность реализуется на ромбе, у которого соединены две противоположные вершины (Амстердам и Будапешт). Таким образом, существуют четыре различных пути между Москвой и Амстердамом, которые могут (и должны) быть использованы для обеспечения отказоустойчивости. Поскольку в соответствии с требованиями CERN может использоваться только протокол External BGP между пограничным оборудованием, была спроектирована связность на базе четырех различных e-BGP-сессий, реализованных поверх различных путей с помощью наложения различных VLAN с требуемой топологией. Технология покрывающего дерева не использовалась. Для обеспечения перехода на запасные пути с минимальной задержкой и для перестройки таблиц маршрутизации была включена поддержка протокола BFD (Bidirectional Forwarding Detection), позволяющего реагировать на пропадание канальной связности на любом отрезке канала в течение не более чем 1,5 секунды.

Прикладное программное обеспечение комплекса

На комплексе было установлено прикладное программное обеспечение, оптимизированное под вычислительную архитектуру комплекса, для решения задач из следующих областей знаний:

- молекулярная динамика,
- квантовая химия,
- гидро- и аэродинамика (CFD),
- биоинформатика,
- визуализация данных.

Программные пакеты компилировались с помощью компиляторов Intel C/C++ и Fortran compiler версии 15.0.2 под архитектуру Intel 64. В качестве математических библиотек, совместимых с BLAS/LAPACK, использовалась оптимизированная для процессоров Intel библиотека Intel Math Kernel Library из пакета Intel Parallel Studio 2015. В качестве библиотеки MPI использовался пакет Platform MPI 9.

Прикладные программные пакеты тестировались как в режиме одиночного узла, так и в режиме распределенных вычислений MPI. Ниже приводится описание отдельных прикладных программных пакетов.

Молекулярная динамика

Пакет GROMACS

Пакет GROMACS — один из наиболее популярных программных средств для моделирования задач молекулярной динамики, то есть расчета уравнений Ньютона для

систем, состоящих из большого количества атомов — от сотен миллионов. Пакет включает в себя все распространенные алгоритмы. Отличительные особенности пакета:

- высокая производительность вычислений, оптимизация с использованием SIMD-инструкций x86 процессоров;
- поддержка технологии CUDA для графических ускорителей NVIDIA;
- описание входных параметров задачи в текстовом формате;
- управление с помощью интерфейса командной строки;
- детализация хода выполнения вычислений в лог-файлах;
- продукт с открытым кодом, распространяемый по GNU-лицензии.

Продукт написан на языке C/C++, поддерживает все технологии параллелизации вычислений: MPI, OpenMP, CUDA. На ЦКП была установлена версия GROMACS5.0.7.

Пакет LAMMPS

Популярный пакет для классической молекулярной динамики. Разрабатывается группой из Сандийских национальных лабораторий. Пакет может применяться для крупных расчетов (до десятков миллионов атомов). Для работы на многопроцессорных системах используется интерфейс MPI. Пакет распространяется по лицензии GPL и доступен в виде исходных кодов. Отличительные особенности пакета:

- возможность использования как на одном узле, так и на MPI-кластере;
- открытый программный код и лицензия GPL;
- написан на языке C++;
- использует библиотеку FFT для преобразований Фурье;
- поддержка технологий параллелизации GPU (CUDA и OpenCL), Intel Xeon Phi, OpenMPI;
- поддержка большинства двухчастичных и многочастичных короткодействующих потенциалов (потенциалы Леннард-Джонса, Морзе, Юкавы, EAM, AI-REBO).

На ЦКП была установлена версия от 20 августа 2015 года (отличительная особенность пакета — нумерация версий с помощью даты релиза).

Пакет NAMD

NAMD — пакет для расчетов молекулярной динамики, созданный для моделирования больших биомолекулярных систем. NAMD способен масштабировать вычисления до 500 тыс. вычислительных ядер. Программа была создана совместно Группой теоретической и вычислительной биофизики (ТСВ) и Лабораторией параллельного программирования (PPL) из Иллинойского университета в Урбане и Шампейне.

По формату входных данных пакет совместим с другими популярными программами: VMD, AMBER, CHARMM, X-Plor. Пакет написан на языке C++, имеет открытый программный код и распространяется свободно по лицензии GPL.

На ЦКП была установлена версия пакета 2.8 совместно с библиотекой Charm++.

Квантовая химия

Пакет Abinit

Пакет Abinit предназначен для расчетов энергии электронной плотности для систем электронов и ядер (с использованием периодических граничных условий) в рамках метода функционала плотности с использованием базиса плоских волн и псевдопотенциалов. Abinit позволяет: оптимизировать геометрию системы, минимизируя силы или напряжения; проводить молекулярно-динамическое моделирование; вычислять распределение электронной плотности; определять динамическую матрицу, эффективный заряд и многое другое.

Abinit — пакет с открытым программным кодом, распространяется по лицензии GPL. Написан на языке C++. Установлена версия 6.8.2.

Пакет CPMD

Пакет CPMD реализует метод расчета из первых принципов (ab initio) квантово-механической молекулярной динамики Кара–Парринелло (Car–Parrinello Molecular Dynamics; CPMD). В отличие от классической молекулярной динамики, молекулярная динамика Кара–Парринелло позволяет включать в расчет взаимодействия электронов в расчетах энергии, силы и движения.

Разработку пакета координирует консорциум CPMD, основанный в 2001 году. Авторскими правами на пакет владеют совместно корпорация IBM и институт Макса Планка (Штутгарт). Пакет распространяется по лицензии GPL.

В ЦКП установлена версия CPMD3.15.3.

Пакет Firefly

Firefly (ранее известен как PC GAMESS) — программный пакет для ab initio квантово-химических расчетов. Работает на Intel-совместимых процессорах архитектур x86 и x86–64. Основан на коде пакета программ GAMESS (US). Основной разработчик программы — Александр Грановский. С октября 2008 года проект дистанцировался от GAMESS (US) и поменял название на Firefly. На ЦКП была установлена версия, оптимизированная автором под библиотеку Platform MPI 9.

Гидро- и аэродинамика (CFD)

Пакет OpenFOAM

OpenFOAM — свободно распространяемый инструментарий вычислительной гидродинамики для операций с полями (скалярными, векторными и тензорными). На сегодня — один из самых известных приложений, предназначенных для вычислений по методу конечных объемов (FVM).

Код OpenFOAM разработан в Великобритании в компании OpenCFD, Limited, и используется многими промышленными предприятиями более 12 лет. Свое название и идеологию построения код взял от предшественника — FOAM (Field Operation And Manipulation), который является закрытым и продолжает развиваться параллельно с OpenFOAM. Первоначально программа предназначалась для прочностных расчетов. На данный момент, в результате многолетнего академического и промышленного развития, позволяет, помимо выполнения прочностных расчетов, решать следующие задачи:

- гидродинамика ньютоновских и неьютоновских вязких жидкостей как в несжимаемом, так и в сжимаемом приближении с учетом конвективного теплообмена и действия сил гравитации. Для моделирования турбулентных течений возможно использование RANS-моделей, LES- и DNS-методов. Возможно решение дозвуковых, околосзвуковых и сверхзвуковых задач;
- задачи теплопроводности в твердом теле;
- многофазные задачи, в том числе с описанием химических реакций компонентов потока;
- задачи, связанные с деформацией расчетной сетки;
- сопряженные задачи;
- некоторые другие задачи, при математической постановке которых требуется решение дифференциальных уравнений в частных производных в условиях сложной геометрии среды;
- распараллеливание расчета как в кластерных, так и в многопроцессорных системах.

Пакет имеет открытый программный код и распространяется согласно лицензии GPL. Для установки использовалась версия пакета 2.0.1.

Пакет FlowVision

Программный комплекс FlowVision решает трехмерные уравнения динамики жидкости и газа: уравнения Навье–Стокса (законы сохранения массы и импульса) и уравнение переноса энтальпии (закон сохранения энергии). При расчете сложных течений, сопровождаемых дополнительными физическими процессами (турбулентность, горение,

движение контактных границ и т. д.), решаются дополнительные уравнения, описывающие эти процессы. Совокупность всех дифференциальных уравнений, уравнений состояния, начальных и граничных условий называется математической моделью.

В основе FlowVision — новейшие технологии вычислительной гидродинамики и компьютерной графики:

- прямоугольная сетка с локальным измельчением расчетных ячеек;
- аппроксимация криволинейных границ расчетной области методом подсеточного разрешения геометрии;
- импорт геометрии из системы автоматизированного проектирования или конечно-элементной программы в виде поверхностной сетки (связанных треугольников);
- язык программирования C++;
- клиент-серверная архитектура;
- совершенный пользовательский интерфейс, написанный для операционных систем Windows и Linux;
- высококачественная графика на основе OpenGL.

FlowVision является интегрированной системой: препроцессор (часть программы, в которой создается и редактируется расчетный проект), блок расчета уравнений и постпроцессор (часть программы, в которой анализируются результаты расчета) объединены и работают одновременно. Это позволяет пользователю проводить моделирование и одновременно анализировать результаты, менять граничные условия и параметры математической модели.

FlowVision является закрытым пакетом, разрабатывается компанией ТЕСИС и распространяется по коммерческой лицензии. На ЦКП была установлена версия пакета 3.0.8.

Биоинформатика

Для обработки данных геномного секвенирования нового поколения была создана выделенная вычислительная инфраструктура, оптимизированная с учетом особенностей биоинформатического анализа данных. Вычислительная инфраструктура включает в себя дисковое хранилище HP MSA 2000 объемом 60 Тбайт и три вычислительных узла:

- два 24-ядерных сервера с процессорами Intel Xeon E7450, 48 Гбайт RAM;
- 40-ядерный сервер с процессорами E7-4850, 512 Гбайт RAM.

Особенностью вычислительной инфраструктуры является применение архитектуры симметричного мультипроцессирования (SMP), наиболее подходящей для решения таких задач, как сборка генома из коротких последовательностей *de novo*, где критично расположение максимально возможного количества данных в оперативной памяти.

Для геномного анализа установлены следующие программные пакеты и конвейеры:

- ABYSS, SPADES — пакеты для сборки геномов de novo;
- Paleomix — программный конвейер для анализа древней ДНК;
- miRBase — программный конвейер для анализа микроРНК;
- Bioscope — программный конвейер для анализа NGS-данных секвенаторов SOLID;
- визуализация данных (ParaView);
- ParaView — открытый графический кросс-платформенный пакет для интерактивной визуализации в исследовательских целях, разрабатываемый Национальной лабораторией Сандия (США), компанией Kitware и Лос-Аламосской национальной лабораторией (США).

Пакет поддерживает клиент-серверную архитектуру для организации удаленной визуализации массивов данных и использует метод уровня детализации (Level of Detail, LOD) для поддержки визуализации больших объемов данных в интерактивном режиме. Пакет ParaView реализован на базе библиотеки Visualization ToolKit (VTK). Пакет ParaView разрабатывался для осуществления параллелизма данных на компьютерах с общей и распределенной памятью, а также на кластерах. При этом ParaView может использоваться и на персональных компьютерах.

Пакет ParaView предоставляет пользователю возможности интерактивной визуализации и исследования больших массивов данных для качественного и количественного анализа. Работа с пакетом может осуществляться как в интерактивном, так и в пакетном режиме.

Основные возможности пакета:

- визуализация расчетных сеток (поверхности, сеточные линии, вершины, объемная визуализация);
- визуализация полей (давление, скорость, температура, смещения и пр.);
- построение срезов геометрии — плоскостью или с помощью заданной функции;
- построение изоповерхностей;
- визуализация векторных полей и линий тока;
- количественный анализ данных: интегрирование, построение амплитудно-частотных характеристик;
- создание фильмов, демонстрирующих развитие процесса в 3D;
- алгебраические преобразования над полями.

На ЦКП была установлена версия пакета 4.4.

Федеральный центр коллективного пользования (ФЦКП)

Федеральный центр коллективного пользования (ФЦКП) научным оборудованием «Комплекс моделирования и обработки данных исследовательских установок мегакласса» был создан 12 июля 2013 года. Основной задачей ФЦКП было определено обеспечение на имеющемся оборудовании приема и передачи больших массивов данных, проведения компьютерного моделирования, обработки, анализа и хранения результатов и экспериментальных данных, а также оказание услуг исследователям и научным коллективам как базовой организации, так и всем членам международной коллаборации WLCG. Деятельность ФЦКП осуществляется в рамках следующих приоритетных направлений развития науки, технологий и техники РФ: информационно-телекоммуникационные системы, атомная и молекулярная физика, физика высоких энергий, ядерная физика.

Центр ЦКП Tier-2 используется в международной грид-инфраструктуре WLCG для обработки, анализа и хранения экспериментальных данных, получаемых на Большом адронном коллайдере (БАК) в CERN. Основные вычислительные задачи, выполняемые на ресурсном центре Tier-2 для поддерживаемых экспериментов БАК (ALICE, ATLAS, LHCb), это:

- обработка и анализ экспериментальных данных;
- моделирование столкновений методом Монте-Карло;
- расчетные задачи пользователей поддерживаемых виртуальных организаций.

ФЦКП «Комплекс моделирования и обработки данных исследовательских установок мегакласса» выполняет работы в рамках программы реализации приоритетной научной задачи «Разработка математических моделей и программно-алгоритмического обеспечения для систем с экстремальным параллелизмом и решение пилотных задач науки и техники».

Работа по программе проводится по следующим направлениям:

1. Разработка алгоритмов и математического обеспечения для вычислительных систем с экстремальным параллелизмом.
2. Создание прототипов наукоемких программных продуктов мирового уровня.
3. Решение с помощью компьютерного моделирования на высокопроизводительных вычислительных системах прорывных задач науки и техники.
4. Обеспечение доступа специалистам к современной инфраструктуре высокопроизводительных вычислительных систем на принципах режима коллективного пользования научным оборудованием.
5. Совместное проведение вычислительных экспериментов силами участников в ходе выполнения крупных, в том числе межотраслевых, комплексных проектов.

6. Импортозамещение в области наукоемкого программного продукта и суперкомпьютерных технологий.
7. Подготовка специалистов и кадров высшей квалификации.
8. Поддержка развития отечественных научных школ.
9. Аккумуляция опыта разработки, развертывания и использования суперкомпьютерных вычислительных мощностей.

Для решения этих задач ФЦКП был дооснащен суперкомпьютерным комплексом с пиковой производительностью 600 Тфлопс. ФЦКП принимает участие в решении следующих задач:

- Создание системы для моделирования, хранения и обработки больших объемов данных (BigData) для экспериментов в фундаментальных областях знаний и промышленных приложениях.
- Разработка инструментов и методов оптимизации массивно-параллельных прикладных расчетов и программно-аппаратных вычислительных устройств, а также инструментов эффективного управления ими.
- Разработка алгоритмов и программных средств для решения обратных задач математической физики, применимых при проведении расчетов на больших распределенных вычислительных системах.
- Развитие методов решения больших разреженных систем линейных алгебраических уравнений на многоядерных вычислительных системах и сопроцессорах.
- Создание технологии использования программ трехмерного теплогидравлического расчета (CFD), обеспечивающей адекватное описание наиболее сложных режимов работы ядерных энергетических установок транспортного назначения.
- Разработка математических моделей и программно-алгоритмического обеспечения для систем с экстремальным параллелизмом и для решения задач обработки экспериментальных данных на установках мегакласса XFEL.
- Суперкомпьютерное моделирование физических свойств сложных квантовых сред — от кварк-глюонной плазмы до наноструктур.
- Разработка интегрированных систем кодов нового поколения для разработки и обоснования безопасности ядерных реакторов, проектирования АЭС, создания технологий и объектов ядерного топливного цикла.

ФЦКП также предоставляет ресурсы для решения пилотных задач науки и техники, требующих больших объемов вычислений и/или хранения и обработки данных:

- программно-алгоритмическое обеспечение моделирования для научно-технических расчетов (аэро- и гидродинамика и т. п.);

- моделирование процессов в мозге человека;
- поиск новых лекарственных препаратов;
- моделирование квантовых эффектов при создании новых материалов;
- моделирование классических эффектов при создании новых материалов;
- исследование космоса (моделирование, анализ большого объема данных).

Заключение

Важнейшей областью применения суперкомпьютерных и грид-технологий является инфокоммуникационное обеспечение научных исследований уровня «Мегасайнс».

В настоящее время российская научная грид-инфраструктура (российский грид для интенсивных операций с данными — РДИГ), главным образом, обеспечивает эксперименты БАК и определяется ресурсными центрами T1–T2 и сетевыми инфраструктурами НИЦ КИ (включая подведомственные НИЦ организации) и ОИЯИ (более 90% ресурсов). За день РДИГ обрабатывает десятки тысяч задач. Показатели доступности и надежности (в соответствии с мониторингом CERN) за 2015 год составили 98,78% и 99,92% соответственно. Отечественные ядерно-физические установки класса «Мегасайнс» — ПИК (НИЦ КИ) и НИКА (ОИЯИ) также будут находиться в грид-инфраструктуре РДИГ. За счет интеграции в международные грид-инфраструктуры Worldwide LHC Computing Grid и EGI планируется обеспечивать компьютеринг в международных проектах «Мегасайнс» с российским участием — XFEL, FAIR, ITER.

Модель распределенных вычислений позволяет включить дополнительные ресурсы, такие как суперкомпьютеры, и использовать их эффективно сегодня и в будущем для сеансов БАК с высокой светимостью. А использование в этой распределенной инфраструктуре технологий искусственных нейронных сетей и глубокого машинного обучения (преимущественно на суперкомпьютерах с графическими ускорителями) открывает новые возможности для интеллектуальной обработки и анализа сверхбольших массивов и потоков данных.

Подобная отечественная инфраструктура развивается и является частью информационной инфраструктуры РФ.

Эдуард Пройдаков

Система управления развитием ВТ в СССР

Часто спустя десятилетия интересно взглянуть, как во времена оные была устроена в нашем отечестве структура управления той или иной отраслью. Это позволяет более объективно сравнить состояние дел тогда и сейчас, проанализировать управленческие ошибки, допущенные в этом вопросе, либо, наоборот, выделить те положительные решения, которые было бы полезно учесть в наши дни. Разумеется, следует учитывать, что деятельность тогдашних управляющих структур проходила совершенно в иных политических, экономических и социальных реалиях, но конечные цели — ликвидация технического отставания от Запада, развитие отечественных высоких технологий, обеспечение обороноспособности страны — актуальны и сегодня.

Разработка вычислительной техники по природе своей не могла быть сосредоточена в одном министерстве. Даже в период создания первых ламповых ЭВМ этим занимались и в тогдашнем Министерстве машиностроения и приборостроения СССР (СКБ-245), и в АН СССР (ИТМ и ВТ, Курчатовский институт), и в нескольких других ведомствах. По мере того как производство машин становилось всё более серийным и важным для обороны страны, науки, органов государственного управления и народного хозяйства, расширялся и усложнялся аппарат управления, занимавшийся планированием разработок и выпуска средств ВТ. В итоге к середине 1980-х годов разработкой и выпуском ВТ занималось уже шесть министерств. Между тем состояние дел с ВТ было признано ЦК КПСС неудовлетворительным и было предложено создать Государственный комитет СССР по вычислительной технике и информатике (ГКВТИ СССР), но это уже относительно недавняя история, к которой мы еще вернемся.

Хорошо известно, что до 1948 года вся вычислительная техника в стране была аналоговой. Аналоговые машины создавались во многих организациях, в том числе основоположниками отечественной вычислительной техники С.А. Лебедевым и И.С. Бруком. Но эра аналоговых машин длилась совсем недолго, а настоящий бум начался с появлением цифровой техники.

В 1970-е годы сложилась следующая структура управления развитием ВТ:

- На верхнем уровне находился Отдел оборонной промышленности ЦК КПСС.
- Далее располагалась Комиссия Президиума Совета Министров СССР по военно-промышленным вопросам (ВПК).

- За разработку ЭВМ для военно-промышленного комплекса отвечало Министерство радиопромышленности СССР (Минрадиопром, МРП СССР).
- За разработку управляющих машин отвечало Министерство приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР (Минприбор СССР).
- Министерство электронной промышленности СССР (МЭП СССР) занималось разработкой элементной базы ВТ.
- Министерство обороны СССР (МО СССР).
- Координацией выпуска и распределением произведенных ЭВМ занимался Государственный плановый комитет Совета Министров СССР (Госплан СССР).
- Координацию научных работ в области ВТ осуществлял Государственный комитет по науке и технике (ГКНТ СССР).
- Координацию работ стран-членов СЭВ в области ВТ и программирования осуществлял Совет экономической взаимопомощи (СЭВ).
- Академия наук СССР (АН СССР) разрабатывала концепции, активно участвовала в различных проектах по созданию ВТ.



Д.Ф. Устинов



Л.В. Смирнов



Ю.Д. Маслюков

Здесь важно отметить, что в каждом министерстве было Главное научно-техническое управление (ГНТУ), которое рассматривало концепции и утверждало планы работ, поступающие от институтов министерства. Далее эти документы согласовывались с Отделом ВТ Госплана.

Давайте посмотрим в интересующем нас плане на каждый из этих органов управления.

1. Отдел оборонной промышленности ЦК КПСС

В ЦК КПСС одним из важнейших был Отдел оборонной промышленности, курировавший также работы в области вычислительной техники, необходимой для новых систем вооружений; в частности, куратором ВТ был инструктор Владимир Иванович Шимко.

2. Комиссия Президиума Совета Министров СССР по военно-промышленным вопросам (ВПК)

Со времени образования ВПК в 1957 году в советский период ее последовательно возглавляли Дмитрий Федорович Устинов (1957–1963), Леонид Васильевич Смирнов (1963–1985), Юрий Дмитриевич Маслюков (1985–1988), Игорь Сергеевич Белоусов (1988–1991). ВПК с момента ее образования решением ЦК КПСС и СМ СССР была наделена полномочиями органа государственного управления, поэтому в случае возникновения разногласий между оборонными министерствами решение ВПК, как правило, являлось окончательным. Отметим, что решения ВПК и другие ее директивные документы, как правило, имели различные грифы секретности и в закрытом порядке рассылались заинтересованным министерствам и ведомствам. Для особо крупных проектов эти решения оформлялись как Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР.



И.С. Белоусов

3. Министерство радиопромышленности СССР (Минрадиопром СССР)

В СССР Минрадиопром был головной организацией по ВТ среди оборонных ведомств. В МРПИ исходно за ВТ отвечал 8-й Главк. Затем, когда на него стало приходиться более трети всего объема производства МРПИ, этот Главк разделили на два — 8-й и 11-й. При этом в 8-м Главке осталась разработка самих машин, а 11-му были отданы заводы и институты, занятые разработкой и производством периферийных устройств.

4. Министерство приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР (Минприбор СССР)

О Минприборе написал в своих воспоминаниях бывший его министр М.С. Шкабардия: «С образованием в 1965 г. Минприбора СССР разработка и производство малых ЭВМ и управляющих вычислительных комплексов (УВМ) получили новый существенный импульс в своем развитии. Определяющая роль здесь принадлежала выдающемуся организатору производства, крупному государственному деятелю, министру СССР Константину Николаевичу Рудневу.

В первые же дни работы министерства было создано Главное управление по производству средств вычислительной техники, в номенклатуру которых входили: электронные вычислительные машины; управляющие вычислительные комплексы; периферийное оборудование; устройства числового программного управления станками и оборудованием; настольные счетно-клавишные машины; счетные машины; кассовые аппараты.



К.Н. Руднев



Вильнюсское объединение счетно-вычислительной техники «Сигма»



В одном из цехов Курского производственного объединения «Счетмаш»

Выпуском указанной техники занимались лучшие предприятия отрасли, в их числе: Киевское объединение «Электронмаш» им. В. И. Ленина; Северодонецкое научно-производственное объединение «Импульс»; Черновицкое производственное объединение «Электронмаш» им. 60-летия Советской Украины; Литовское производственное объединение «Сигма» (г. Вильнюс); Тбилисское научно-производственное объединение «Элва»; Ленинградский завод «ЛЭМЗ»; Томское объединение «Контур»; Курское производственное объединение «Счетмаш» и ряд других объединений и предприятий...

В целом к середине 1980-х годов практически во всех отраслях промышленности работало более 140 тыс. УВК различных модификаций, изготовленных предприятиями Минприбора СССР.

Кроме выпуска управляющих ЭВМ и линии Системы малых ЭВМ (СМ ЭВМ), Минприбор занимался промышленным проектированием систем автоматизации в основном для гражданских отраслей промышленности. В состав министерства входили десятки институтов и проектных организаций, среди которых следует выделить Институт проблем управления (ИПУ), Центральный научно-исследовательский институт комплексной автоматизации (ЦНИИКА), Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ) и др. К концу 1989 года в составе Минприбора

СССР насчитывалось свыше 600 предприятий и более 150 НИИ и КБ. Общая численность работающих в отрасли немногим превышала миллион человек. После развала СССР Минприбор был ликвидирован.

5. Министерство электронной промышленности СССР (МЭП)

МЭП был образован 2 марта 1965 года. Министерством в разные годы руководили Александр Иванович Шокин (1965–1985) и Владислав Григорьевич Колесников (1985–1991).

Разработкой новых образцов электронной техники и технологии ее изготовления были заняты 163 НИИ и ОКБ. Общее число работников отрасли составляло 1 079 тыс. человек. Между МЭП и МРП шла постоянная борьба, отношения между министрами были, мягко говоря, натянутыми. МЭП стал стремиться производить не только компонентную базу для ВТ, но и сами машины, благо ресурсов для этого было достаточно. Так появились машины серии «Электроника» (Воронеж), ДВК (Зеленоград) и др.

6. Министерство обороны СССР (МО СССР)

Министерство обороны СССР через сеть головных НИИ видов ВС осуществляло военно-научное сопровождение разработок средств ВТ для создаваемых объектов и систем специального назначения. В частности, разработку ЭВМ серии ЕС для АСУ сопровождал 27 ЦНИИ МО, а начальник связи ВС через сеть подчиненных ему военных представительств в НИИ, КБ и на серийных заводах осуществлял координацию работ и контроль производства.

7. Государственный плановый комитет Совмина Министров СССР (Госплан СССР)

Госплан СССР — союзно-республиканский орган, осуществлявший общегосударственное планирование развития народного хозяйства СССР и контроль за выполнением народнохозяйственных планов.

Отдел вычислительной техники в Госплане возглавлял Рудольф Леонидович Ашастин, несколько позднее заместителем начальника отдела стал Владимир Михайлович Юдин,



Цех регулировки и контроля вычислительных комплексов СМ-1600. Вильнюсское производственное объединение вычислительной техники «Сигма»

который ранее был директором Казанского технологического института, потом главным инженером 8-го Главного управления МРП. С этим отделом согласовывались планы выпуска ЭВМ, поставки ЭВМ конкретным предприятиям и институтам. Поскольку потребности в технике были гораздо выше числа производимых машин, этот отдел играл важнейшую роль в народном хозяйстве страны.

8. Совет экономической взаимопомощи (СЭВ)

СЭВ был создан в 1949 году. Главным его исполнительным органом являлся Исполнительный комитет СЭВ, состоявший из представителей стран-членов СЭВ на уровне заместителей глав правительств по одному от каждой страны. Штаб-квартира располагалась в Москве, в здании на Новом Арбате, в котором сейчас находится мэрия Москвы. Деятельность СЭВ была очень обширной и многосторонней.

В рамках СЭВ действовала Межгосударственная комиссия, в которой участвовали все страны-члены СЭВ, только у Румынии был статус наблюдателя. Была поставлена задача — построить ЕС ЭВМ для стран социализма. Председателем комиссии был назначен Леонид Васильевич Смирнов, председатель ВПК.

Вот что пишет о ней В.В. Пржиялковский: «С начала 1968 г. к исследованиям, ве-

дущимся в СССР по унифицированному ряду ЭВМ, стали проявлять интерес научные и промышленные организации стран социалистического содружества — Болгарии, Венгрии, ГДР, Польши, Чехословакии. Изучались возможность и целесообразность объединения усилий по развитию средств вычислительной техники. Особую активность в интеграционном процессе проявлял заместитель председателя правительства НРБ профессор Иван Попов. Он считал, что разработка и поставка средств вычислительной техники из Болгарии — лучший метод расчета с нами за ввозимые из СССР товары. В разной степени на то же надеялись и руководители других стран СЭВ. Сдерживающим фактором для этих стран был различный уровень развития в них



Здание СЭВ. (Мэрия Москвы, Новый Арбат, дом 36);
ныне — здание Мэрии Москвы

вычислительной техники и некоторое недоверие к технической политике руководителей промышленности Советского Союза, участвуя в которой, они опасались оказаться в экономическом проигрыше. После длительных консультаций, совещаний и согласований в начале 1969 г. было подписано многостороннее соглашение о сотрудничестве в области создания, производства и применения средств вычислительной техники. В межправительственном постановлении была поставлена задача — разработать Единую систему ЭВМ стран социалистического содружества (ЕС ЭВМ). Этим постановлением была образована Межправительственная комиссия по вычислительной технике (МПК по ВТ) на уровне министров, возглавляемая постоянным председателем — заместителем председателя Госплана СССР. Рабочими органами комиссии стали экономический совет и совет главных конструкторов (СГК) во главе с генеральным конструктором, назначавшимся от СССР. Для выполнения функций секретариата при МПК по ВТ был организован координационный центр, в котором постоянно работали представители всех стран-участниц соглашения. Координационный центр располагался в Москве и возглавлялся директором — представителем СССР.

В совете главных конструкторов работали главные конструкторы, назначенные странами-участницами. Генеральный конструктор одновременно был главным конструктором советской национальной части.

Материалы для рассмотрения и утверждения на СГК готовили несколько секций специалистов, в каждой из которых работали специалисты всех стран-участниц. Все секции возглавлялись представителями СССР и собирались, как и сам СГК, по мере необходимости. Руководители секций специалистов работали постоянно и были основным инструментом проведения технической политики генеральным конструктором.

Вопросы взаимных поставок и ценовой политики решались на экономическом совете.

Сессия МПК по ВТ проходила ежегодно, по очереди в каждой стране. СГК собирался, кроме первых лет, тоже ежегодно в Москве, секции специалистов собирались в разных странах, но преимущественно в Москве и работали почти постоянно. С 1969 г. до второй половины 80-х годов (начала перестройки) данная система управления проектом действовала достаточно эффективно и постоянно развивалась. Так, в 1974 г., в связи с началом работ по системе малых ЭВМ, был организован совет главных конструкторов СМ ЭВМ, несколько позднее образованы советы по применению средств вычислительной техники (СП СВТ) и по комплексному обслуживанию (СКО СВТ). В начале 80-х годов был образован совет главных конструкторов персональных ЭВМ



В.В. Пржиялковский

(СГК ПЭВМ). В первой половине 70-х годов к межправительственному соглашению присоединились Румыния и Куба.

В советскую национальную часть МПК по ВТ входили заместители министров Н.В. Горшков и Г.И. Кавалеров, заместитель председателя Госстандарта В.В. Шильдин, начальник отдела Госплана СССР Р.Л. Ашастин. В заседаниях МПК по ВТ регулярно принимал участие заместитель председателя Комиссии Президиума СМ СССР по военно-промышленным вопросам Л.И. Горшков.

С 1969 по 1982 год постоянным председателем МПК по ВТ был заместитель председателя Госплана СССР М.Е. Раковский, при котором прошло практически всё становление работ межправительственной комиссии. В дальнейшем этот пост последовательно занимали Я.П. Рябов, Ю.Д. Маслюков, Н.В. Горшков.

Генеральными конструкторами ЕС ЭВМ были в 1968–1969 гг. С.А. Крутовских, с 1970 по 1977 г. — А.М. Ларионов, с 1977 г. —

В.В. Пржиялковский.

В рамках СЭВ действовали также советы специалистов стран-членов СЭВ. От каждой страны в Совете специалистов (СС) был представитель, в команду которого входило от трех до пяти человек. Совет специалистов собирался четыре раза в год в разных странах, но обычно в первом квартале года заседание проходило в СССР. На этих совещаниях решались как текущие вопросы, так и перспективные. Чтобы выработать общий взгляд на перспективные вопросы, разрабатывалась концепция на срок от трех до пяти лет. И хотя за основу часто брались разработки DEC, учитывался и международный опыт, опыт работы других фирм и т. п. Основной спектр систем разрабатывался в СССР, многое делалось в Болгарии, ГДР, Чехословакии, некоторые разработки вели Куба и Польша.

Советов специалистов первоначально было четыре:

- СС-1 по периферийным устройствам. Его возглавляла Татьяна Чернина.
- СС-2 по аппаратным средствам. Его возглавлял А.Н. Кабалевский (ИНЭУМ), а затем, с 1987 г. Александр Николаевич Шкамарда (Отделение 13 ИНЭУМ).
- СС-4 занимался нормативными материалами. Его вел Михаил Ладыженский, зав. отделом нормоконтроля в ИНЭУМ.
- СС-3 по программному обеспечению сформировался в 1974–1975 году, когда появилась СМ ЭВМ. Первым представителем СССР в нем был Валентин Петрович Семик, в 1983 г. его сменил Владимир Горский, а затем с 1986 г. — Геннадий

Алексеевич Егоров (все — из ИНЭУМ). Результатом работы СС-3 являлись протоколы заседаний СС-3 и план по приемке различных программных продуктов, а также множество актов по приемке этих изделий по результатам проведения международных испытаний. Такая приемка давала возможность разработчику поставлять эти продукты в другие страны СЭВ. Например, пакет Diams (ИНЭУМ) поставлялся в Болгарию и Чехословакию. Протоколы СС рассылались всем участникам. Разработанные в рамках СС-3 концепции утверждались на соответствующих совещаниях совета. Затем в рамках конкретной концепции разрабатывались отдельные продукты, прототипами которых, как правило, являлись продукты DEC, хотя были и чисто отечественные продукты, например воронежская СУБД Linter и одна или две румынские системы.



Б.Н. Наумов

В конце 1980-х в СЭВ образовался СС-5 — Совет специалистов по мобильным программным средствам, куда перешла часть специалистов из СС-3. Этот совет много занимался стандартизацией Unix.

По проекту СМ ЭВМ также был создан Совет главных конструкторов, который возглавил академик Борис Николаевич Наумов, а затем — директор ИНЭУМ Николай Леонидович Прохоров. В рамках совета работали тематические секции.

Выше подробно были описаны СС по СМ ЭВМ, однако отмечу, что в рамках программы по ЕС ЭВМ в СЭВ работали свои советы специалистов.

9. Государственный комитет СССР по вычислительной технике и информатике (ГКВТИ СССР)

История возникновения ГКВТИ была такова: на одном из совещаний у М.С. Горбачёва рассматривалось в очередной раз состояние дел с ВТ в стране. И, как всегда, оно было признано неудовлетворительным. Горбачёв высказал мысль, что, вероятно, это связано с тем, что вычислительной техникой занимаются целых шесть ведомств. Из чего тогдашний министр МРП Пётр Степанович Плешаков понял, что может быть создано Министерство вычислительной техники, что и было сделано. Председателем ГКВТИ стал Николай Васильевич Горшков (до этого он был главным инженером 8-го Главка МРП, потом заместителем министра МРП).

ТАСС сообщало: «В целях обеспечения технического перевооружения отраслей народного хозяйства и ускорения научно-технического прогресса на основе

применения вычислительной техники и автоматизированных систем ЦК КПСС и Совет Министров СССР приняли постановление “Об улучшении координации работ в области вычислительной техники и о повышении эффективности ее использования”.

Этим постановлением на Государственный комитет СССР по вычислительной технике и информатике возложена ответственность за осуществление единой технической политики, координацию и развитие работ в стране в области создания и использования вычислительной техники.

Его главные задачи:

- коренное повышение технического уровня средств вычислительной техники и улучшение использования их в народном хозяйстве;
- разработка основных направлений развития вычислительной техники и информатики, контроль за выполнением решений партии и правительства по вопросам разработки, производства и использования средств вычислительной техники;
- обеспечение комплексного развития производственной и научно-технической базы вычислительной техники в стране и решение межотраслевых задач в целях наиболее полного удовлетворения потребностей народного хозяйства в средствах вычислительной техники.

На Государственный комитет СССР по вычислительной технике и информатике также возложены координация и научно-методическое руководство разработкой целевых программ по повышению эффективности использования вычислительной техники в народном хозяйстве и контроль за их выполнением: распределение и комплексное централизованное обслуживание средств вычислительной техники; проведение и координация работ по подготовке и переподготовке специалистов в этой области.

Установлено, что решения комитета по вопросам, входящим в его компетенцию, являются обязательными для всех министерств, ведомств, предприятий, учреждений и организаций.

В целях обеспечения систематического контроля за качеством выпускаемых средств вычислительной техники будет организована государственная инспекция по качеству вычислительной техники в составе указанного комитета».

Как видим, этим постановлением ГКВТИ были даны очень широкие полномочия. Однако просуществовал ГКВТИ недолго и развернуть в полной мере работу не успел.

10. Академия наук СССР (АН СССР)

В АН СССР была создана Комиссия по системному математическому обеспечению Координационного комитета по вычислительной технике АН СССР. Вот как ее описывает В.А. Евстигнеев (<http://db.iis.nsk.su/pottosin/40/win/cmоз08.htm>): «К концу 70-х годов стало ясно, что необходимо координировать усилия разработчиков аппаратуры, программного обеспечения, прикладных программ общего назначения для устранения наметившегося отставания в этом важном научном направлении. С этой целью при АН СССР был организован Координационный комитет по вычислительной технике (ККВТ) АН СССР под руководством



Г.И. Марчук

тогдашнего председателя СО АН СССР академика Г.И. Марчука. Особенностью этого Комитета были его состав и структура. В ККВТ, кроме председателя и его заместителя, чл.-корр. АН СССР Г.С. Пospelова, входили еще 19 человек, половина из которых были члены Академии наук, а половина — представители министерств в ранге заместителей министров и начальников отделов Госплана. Были представлены такие министерства, как Минэлектронпром, Минрадиопром, Минприбор и др.

Каждый академический член ККВТ возглавлял комиссию, которая прикрывала соответствующее научное направление. Было выделено десять направлений, важнейшими из которых были архитектура ЭВМ (руководитель В.М. Глушков), системное математическое обеспечение (СМО, руководитель А.П. Ершов). Интенсивность работы комиссий была различной, одной из самых организованных была комиссия по СМО, вокруг которой сформировались рабочие группы, работающие над конкретными проблемами.

Деятельность ККВТ проходила в виде пленумов, в работе которых принимали участие, кроме членов ККВТ, заместители председателей, ученые секретари комиссий и приглашенные специалисты. В работе пленумов принимал участие и президент АН СССР академик А.П. Александров.



В.М. Глушков

В задачи ККВТ входило создание сводных координационных планов по развитию вычислительной техники, разработке системного обеспечения и исследований в перспективных направлениях. Следует учесть, что создание ККВТ пришлось на время всеобщего перехода на серию ЕС ЭВМ, для которой не стоял вопрос о создании отечественного оригинального ПО со всеми вытекающими из этого проблемами.

Состав ККВТ. Академическую часть ККВТ представляли:

- Марчук Г.И. — академик, председатель.
- Петров Б.Н. — академик, первый зам. председателя.
- Глушков В.М. — академик, зам. председателя, комиссия 1.
- Поспелов Г.С. — чл.-корр. АН СССР, зам. председателя, комиссия 9.
- Дородницын А.А. — академик, комиссия 7.
- Говорун Н.Н. — чл.-корр. АН СССР, комиссия 3.
- Ершов А.П. — чл.-корр. АН СССР, комиссия 2.
- Ржанов А.В. — чл.-корр. АН СССР, комиссия 8.
- Русанов В.В. — чл.-корр. АН СССР, комиссия 6.
- Стогний А.А. — чл.-корр. АН УССР, комиссия 5.
- Якубайтис Э.А. — академик АН Латв. ССР, комиссия 4.

От министерств и ведомств в ККВТ входили: Ашастин (Госплан), Мясников (ГКНТ), Колесников (МЭП), Горшков (МРП), Кавалеров (Минприбор).

Решения Комиссии повлияли на принятие директивных постановлений на уровне министерств и правительства в целом».

ККВТ работала до 1985 года.

* * *

Из перечисленного видно, что в СССР была выстроена громадная индустрия разработки и производства средств вычислительной техники, но система управления ею не обладала необходимой гибкостью в силу ее очень большой забюрократизированности и ведомственности (обмены информацией между министерствами часто

были сильно затруднены). Система в значительной мере была ориентирована на воспроизведение западных образцов, а потому отставание на два-четыре года изначально являлось заложенным в нее. При постоянном сокращении сроков разработки элементной базы и компьютеров на Западе это способствовало растущему отставанию страны в данной области. При этом развитие ВТ никогда не являлось приоритетным для руководства страны, где основной заботой была разработка новых систем вооружений, необходимых для противостояния Западу в холодной войне.

Этот краткий очерк, безусловно, не отражает роль всех государственных структур, связанных с управлением развитием отечественных ВТ, и требует дальнейшего тщательного изучения.

Автор благодарен Г.П. Остапенко, В.И. Штейнбергу и Г.А. Егорову за предоставленную ими информацию по СЭВ, Минприбору и МРП, которая была использована в этой статье.



Б.Н. Петров, И. В. Прангишвили

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ИТ

Том 3

Руководитель проекта *М. Султанова*
Арт-директор *Л. Беншуша*
Дизайнер *М. Грошева*
Компьютерная верстка *Б. Руссо*

Фотоматериалы предоставлены
ИСИ им. А. П. Ершова СО РАН, а также сайтами:
computer-museum.ru, it-history.ru,
агентствами Фотобанк/Gettyimages, East-News и РИА-Новости.

Подписано в печать 16.11.2016. Формат 84×108/16.
Бумага офсетная № 1. Печать офсетная.
Объем 15 печ. л. Тираж 1500 экз. Заказ №

ООО «Альпина Паблицер»
123060, Москва, а/я 28
Тел. (495) 980-53-54
www.alpina.ru
e-mail: info@alpina.ru

Знак информационной продукции
(Федеральный закон № 436-ФЗ от 29.12.2010 г.)

0+