



ПРИЛОЖЕНИЕ К ЖУРНАЛУ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» № 9/2012

УДК 004.3

А. Б. Барский

История российских суперкомпьютеров специального назначения: свидетельства и размышления

В форме воспоминаний участника событий исследуются основные проекты российских суперкомпьютеров времен холодной войны. Освещаются проблемы достижения сверхвысокой производительности и испытаний.

Ключевые слова: противоракетная оборона, суперЭВМ, производительность

Barsky A. B. History of Russian Supercomputers for the Special Application: Evidences and Reflections

In the form of memoirs participant in the events studied basic Russian supercomputer projects during the Cold War. The problems of achieving ultra-high productivity and testing are illuminated.

Keywords: against rocket defense, supercomputer, productivity

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	2
Мы рождены, чтоб сказку сделать былью	2
Вперед — к суперЭВМ	5
"Софоклы"	7
И снова вперед — к суперЭВМ	13
Эльбрус — не только горная вершина	16
Помехоустойчивые вычисления и надежность	19
Кто еще?	22
Нейрокомпьютеры	24
Вот и сказке конец	25
Эпilog	31
Список литературы	32

Главный редактор
НОРЕНКОВ И. П.

Зам. гл. редактора
ФИЛИМОНОВ Н. Б.

Редакционная
коллегия:

АВДОШИН С. М.
АНТОНОВ Б. И.
БАРСКИЙ А. Б.
БОЖКО А. Н.
ВАСЕНИН В. А.
ГАЛУШКИН А. И.
ГЛОРИОЗОВ Е. Л.
ДОМРАЧЕВ В. Г.
ЗАГИДУЛЛИН Р. Ш.
ЗАРУБИН В. С.

ИВАННИКОВ А. Д.

ИСАЕНКО Р. О.

КОЛИН К. К.

КУЛАГИН В. П.

КУРЕЙЧИК В. М.

ЛЬВОВИЧ Я. Е.

МАЛЬЦЕВ П. П.

МЕДВЕДЕВ Н. В.

МИХАЙЛОВ Б. М.

НЕЧАЕВ В. В.

ПАВЛОВ В. В.

ПУЗАНКОВ Д. В.

РЯБОВ Г. Г.

СОКОЛОВ Б. В.

СТЕМПКОВСКИЙ А. Л.

УСКОВ В. Л.

ФОМИЧЕВ В. А.

ЧЕРМОШЕНЦЕВ С. Ф.

ШИЛОВ В. В.

Редакция:

БЕЗМЕНОВА М. Ю.

ГРИГОРИН-РЯБОВА Е. В.

ЛЫСЕНКО А. В.

Введение

...Одни его лениво ворошат,
Другие неохотно вспоминают,
А трети — даже помнить не хотят, —
И прошлое лежит как старый клад,
Который никогда не раскопают.

Владимир Высоцкий

...Как войску, пригодному больше к буточным
очередям, чем кричать "ура",
настоящему, чтоб обернуться будущим,
требуется вчера.

Иосиф Бродский

Есть много серьезных и глубоких отчетов о становлении и развитии вычислительной техники России эпохи холодной войны. Среди них такие яркие и исчерпывающие работы компетентных авторов, как "Краткая история вычислительной техники и информационных технологий" И. П. Норенкова, "История вычислительной техники в лицах" Б. Н. Малиновского. Не обошел этих вопросов Д. А. Поспелов в замечательной работе "Становление информатики в России". Но самыми достоверными и поучительными являются интервью и выступления самого компетентного "участника событий", конструктора и ученого Всеволода Сергеевича Бурцева, по праву выступающего от первого лица: "СуперЭВМ в России. История и перспективы". Сложилось так, что В. С. Бурцев стал основным разработчиком вычислительных средств систем противоракетной обороны, предъявляющих самые тяжелые требования по производительности и надежности.

Автор настоящего сочинения в ту пору обладал достаточной любознательностью. Попав смолоду в сильный научный коллектив, задачей которого были разработка технических требований, оценка эффективности предложений и методическое обеспечение испытаний вычислительных средств ПРО, автор проявлял известные усердие и наблюдательность, попутно делая доступные ему выводы.

Возможно, этот аналитический взгляд "изнутри" способствует пониманию не только хода технической мысли, но и той человеческой среды, тех социальных и политических условий, в которых достигались успехи Отечества.

Мог ли один В. С. Бурцев (даже при поддержке академика С. А. Лебедева) "пробить" проект "Эльбрус"? Ни в коем случае! По крайней мере, три человека справились с этой задачей: кроме В. С. Бурцева это Виктор Максимович Бахарев — начальник отдела ЦНИИ-45 МО и начальник отдела, ведающего вычислительными средствами ПРО, Главного управления МО Георгий Семёнович Марченко. В. М. Бахарев напористо проводил теоретическое обоснование и разработал комплекс технических

требований. Г. С. Марченко, демонстрируя высокие моральные и патриотические качества ученого чиновника, после демобилизации стал главным инженером ИТМ и ВТ под началом В. С. Бурцева.

Можно только поражаться тому, как открыто сегодня сообщается информация, которую лишь недавно можно было лишь помещать в закрытых научно-исследовательских отчетах иносказательно, чтобы, не дай Бог, не увидели машинистки в машбюро или другие ограниченно допущенные!

Конечно, ПРО! ПРО была, как говорят в известном штампе, тем локомотивом, что тянул и стимулировал создание самых-самых высокопроизводительных вычислительных средств. А ну-ка, организуйте выдачу команд управления на борт с частотой 10 Гц при "обслуживании" группой перехватчиков (противоракет) группы баллистических целей! И здесь "вероятный противник" не поможет, все надо делать самим.

А производительность требовалась действительно чудовищная. На пике гонки вооружений, в эпоху "колбасных электричек", когда президент США Р. Рейган последним победным штрихом объявил СОИ — стратегическую оборонную инициативу, мой кумир, начальник и научный руководитель В. М. Бахарев рассчитал, что производительность стационарных вычислительных систем должна быть не ниже 10^{12} операций в секунду, а бортовых — 10^9 . Шутка ли сказать: миллион миллионов операций в секунду!

— Мы пойдем другим путем, *повторил* последний генсек.

...Словно продиктованная свыше идея самоликвидации побежденной Империи.

В освещении достижений того времени логично следовать Б. Н. Малиновскому: люди. Люди, что вершили, окружали, учили, поддерживали, становились примером для подражания. О людях, и только о людях следует помнить. Следует помнить, что по президентскому указу не станет "хорошо", если время упущено, люди ушли, не оставив последователей.

Мы рождены, чтоб сказку сделать былью

Хорошие ребята! Жизнь по-своему переделают!

Поль Робсон. Комментарий к песне

1 апреля 1960 г., как всегда в то время подготовки дипломной работы, я находился на ВЦ Саратовского государственного университета, довольно далеко от университетского городка. Появился человек, сообщивший, что прибыл военный из подмосковного вычислительного центра, набирающий выпускников. Декан, дескать, дал ему список, но тот держит "дверь открытой" и готов выслушивать предложения. Естественно, мы посмеялись.

сог
ым
ева.
ыто
шь
гых
ль-
и в
ж-
ст-
ли-
йте
Гц
ро-
есь
де-
ль-
по-
ША
вил
иву,
ель
ъсть
быть
10⁹.
ший
ед-
ик-
что
но-
; и
ить,
ю",
по-

ю
ают!
кспе-

вки
юв-
ьно
чес-
юд-
ю-
юк,
ши-
сь.

ниe

Однако спустя некоторое время появился другой человек с точь-в-точь такой же информацией.

Я заволновался и, боясь подвергнуться осмеянию, потихоньку покинул ВЦ.

Действительно, в указанной аудитории сидел подполковник (как оказалось, С. К. Прохоренко), всем видом демонстрирующий готовность к переговорам...

В положенное время, после защиты диплома, госэкзаменов, лагерных сборов и отпуска, я появился на КПП войсковой части, в которой проработал всю сознательную жизнь и даже больше — до пенсии и далее...

Приступивший к работе ранее, вместе с женой, мой сокурсник и друг Миша Когаловский что-то шепнул начальнику, и тот вышел на проходную перехватывать новенького.

Увидев кругленького, улыбчивого майора в артиллерийской форме, я не очень обрадовался. Все же старая рана несбывшейся мечты — стать инженером-авиатором — болела (говорят: "старая любовь не ржавеет"), тем более, как потом оказалось, начальником другой лаборатории был майор в летной форме, окончивший академию им. Жуковского (!). Куда до него выпускнику академии им. Дзержинского.

Тем не менее, меня судьба не обманула, и я с теплотой вспоминаю своего первого начальника Ю. Д. Кузнецова.

Но тот удар был не удар! Спустя несколько часов выяснилось, что я буду работать в той самой ПВО, которую так избегал, добиваясь в военкомате разнарядки в высшее авиационное!..

...Мы сидели — весь отдел из двух лабораторий, включая начальство, — в одной большой, но темной комнате толстостенной, опустившейся в землю казармы зенитного полка военного времени. Зарешеченные окна, старая, с бирками инвентарных номеров, аскетически казенная мебель. (Мебельный военный инвентарь достоин оды!) Удивительно, как эти псевдопорядок и военный инвентарь придают унылый казарменный вид даже приличной постройке. Да еще традиционный недостаток освещения!

(Сейчас, проходя мимо того здания за обшарпаным железобетонным забором с полуоборванной "колючкой", я с болью оглядываю разбитые окна комнат, где в молодости мы творили, спорили, раздавались и печалились с непокидаемой надеждой. И только в одном крыле обнаруживает себя убогое убежище дешевой рабсили из "ближнего зарубежья", обслуживающей строительство огромных жилых домов прямо на территории еще чуть теплящегося института, куда в первую очередь вселяется подмосковное начальство.)

Вскоре начались "беседы", после которых я раздраженно говорил Мише: "Что они меня все проверяют, спрашивая материалы второго курса мехмат?"

Так под руководством Ю. Кузнецова мы выполнили важную работу и выпустили первый отчет ор-

ганизации, торжественно защищенный на научно-техническом совещании. Он касался обоснования точности привязки на местности объектов сложнейшей системы противоракетной обороны (рис. 1). (По старой непреодолимой привычке не могу назвать ее шифра, обильно публикуемого.) Знакомство с этим грандиозным проектом открыло глаза. Я понял, что средоточие сложнейших задач и технологий просто не может иметь аналогий. Несложное рассуждение привело бы к выводу, что именно ПВО является пионером сложнейших кибернетических систем. Вот она где, самая кухня кибернетики, и уж где нужны суперЭВМ, так это здесь, как нигде более...



Рис. 1. Привязка объектов (на рисунке присутствует талантливая скромная Лидочка Михайлова — выпускница матхеха ЛГУ)

За проделанную работу нам было добавлено к квартальной премии в 30 руб. по 6 руб. Однако я потерял некоторый атрибут секретного делопроизводителя и, в соответствии с правилом, был лишен премии вовсе. Но исключительность моих заслуг все же возобладала, и по приказу командира части я получил 50% всей начисленной суммы! Я привожу эти крохоборские вычисления, добавив, что первый мой оклад составил 100 руб. (тогда — "новыми"), чтобы подчеркнуть унизительную оплату труда, не в малой степени определившую старания на пути построения коммунизма. Можно представить себе разочарование молодых специалистов, стреляющих друг у друга пятерки и троеки до зарплаты. Какие уж тут жизненные планы! Хотя стимул защищать диссертации был достаточно велик и в нашем положении вполне реален, ибо минимум вдвое повышал доход.

Институт, сначала он скромно считался вычислительным центром, был организован молодым тогда доктором технических наук Николаем Пантелеймоновичем Бусленко. (Старателю выписываю имя, ибо далеко не все представляют заслуги этого человека.) Энтузиаст кибернетики, специалист в области теории вероятности и систем массового обслуживания, он доходчиво объяснил на-

чальству и обществу, что проверять эффективность системы обороны, атакуя обороняемый объект баллистическими целями и подсчитывая ущерб, вряд ли целесообразно. Необходимо моделирование, т. е. имитация боевых действий на ЭВМ. Информативность натурного эксперимента на полигоне может быть расширена только с помощью моделирования.

Тогда же, на XXI съезде КПСС, министр обороны Малиновский торжественно объявил на весь мир, что в Советском Союзе решена проблема противоракетной обороны. Естественно, это был мощный толчок...

Когда мы выполнили упомянутую работу, по-видимому, в плане морального поощрения (в дополнение к материальному) нам позволили в условиях строжайшего режима ознакомиться в министерстве с альбомом цветных фотографий с высшим грифом секретности. Среди чахлой растительности лежали обломки... Такое же, наоборот, во всех газетах надо было печатать — во устрашение вероятного противника!

Н. П. Бусленко не стал директором (командиром) института, предоставив административную работу другому — Ивану Макаровичу Пенчукову. Он оставил за собой должность зама по НИР, чтобы сосредоточить в своих руках только науку. Н. Б. был не только ученым, он был воспитателем.



Н. П. Бусленко

Нас, молодых, собранных из вузов и военных академий всей страны, он быстро "просеял" и выделил (негласно, конечно) группу, которая, на его взгляд, будет "работать". И он пестовал. Он рекомендовал литературу, задевывая бреши в образовании, и первой на наших столах появилась книга Е. С. Вентцель по основам теории вероятности. Он приглашал известных ученых-лекторов, организовывал консультации по первому нашему заявлению. Он гонял нас на конференции, семинары, встречи — развивал. Вскоре он организовал аспи-

рантуру, и мы с Мишой Когаловским были в числе первых, сдавших экзамены кандидатского минимума. Спустя некоторое время я окончил эту аспирантуру, досрочно представив диссертацию.

В то время интенсивно шло брожение умов, обусловленное возможностями и будущим кибернетики. Помню просветительное мероприятие в крупном ученом собрании, где обсуждались и демонстрировались достижения этой науки. Там, в частности, показывал свою кибернетическую черепаху инженер И. Б. Гутчин (так он официально и объявлялся в многочисленных выступлениях: инженер Гутчин — изобретатель кибернетической черепахи). Она была построена по технологии переключательных схем и, учась на ошибках, в конце концов уверенно обходила препятствия на пути к кормушке. Впоследствии И. Гутчин, сотрудник нашего института, вырос в доктора технических наук, известного специалиста по бионике.

А еще далее, в никогда не прекращавшейся борьбе с инакомыслием, у брата И. Г., как говорили, где-то в Средней Азии, нашли "запрещенную" литературу. И. Г. выгнали из института.

Благодаря Н. Бусленко я был свидетелем известного диспута на тему: "Может ли машина мыслить?". А. Н. Колмогоров как математик, оперирующий абстрактным понятием "мера жизни", утверждал, что и камень имеет ненулевую сию меру, а потому может быть назван мыслящим. А. И. Берг с военной бескомпромиссностью категорически отрицал возможность машины мыслить. Зал в МГУ, где шла схватка, был переполнен, и трансляция велась на все окрестные коридоры и переходы.

Внес свой вклад и Н. Бусленко в теорию сложных систем, предложив в развитие или даже в противовес теории автоматов — теорию агрегатов.

К работе в институте Н. Бусленко сумел привлечь и самого А. А. Ляпунова! А. Ляпунов организовал лабораторию самообучающихся систем, кандидатами в сотрудники которой, конечно, вызвались и мы с Мишой. Мы уже участвовали в работе, обсуждая понятия "самоорганизующаяся система", "самообучающаяся система" и т. д. Неожиданно за протестовал начальник нашей лаборатории Ю. Кузнецов: "Не пушу! Если бы я знал, что вам там будет лучше, отпустил бы!"

Ну что ж, и правильно!..

При всех достоинствах Н. Бусленко оставался военным человеком, умышленно разбавляя солдатонством научную и просветительскую деятельность. Однажды во время "перекура" мы, двое-трое ребят, стояли у окна недалеко от его кабинета. Откуда-то появившийся Н. Бусленко, бросив короткий взгляд в нашу сторону, как на пустое место, заорал: "Дежурный!" И возникшему навытяжку офицеру: "Почему в рабочее время тут толпится народ?!" "Расходитесь, расходитесь, ребята", — засуетился дежурный, стараясь не портить с нами отношения.

"Орел!", — шептались, пересмеивались мы с Мишой, наблюдая увядашее в дреме красивое, с огромными, горящими глазами, лицо Николая Пантелеймоновича, не способного бороться со скучкой формальных мероприятий.

Он ушел от нас на повышение, командиром того самого 27-го Института, откуда пришел вместе с основными кадрами нашего. Между прочим, сотрудниками того института были тогда и А. И. Китов, и Н. А. Криницкий и другие известные отечественные военные деятели в области кибернетики и применения ЭВМ. И когда я не направил туда автореферат кандидатской диссертации, считая, что оттуда мой оппонент А. И. Китов, последовал гневный звонок Н. Бусленко, заставивший меня, преодолевая трудности секретного делопроизводства, копировать и рассыпать дополнительные экземпляры.

После книги Генерального конструктора первых систем ПРО Г. В. Кисунько (он тогда был членом нашего Ученого совета), нашедшего затем приют в институте в почетной должности консультанта, я думаю, что не раскрою секретов, сообщив, что тематика института развивалась лавинно. Стало ясно, что все вопросы, связанные с разработкой технических требований и заданий, с прогнозируемой эффективностью и с испытаниями должны войти в основную сферу деятельности института. В результате многих споров на этапе становления была выбрана главная линия на разработку так называемых КИМС'ов — комплексных испытательных моделирующих стендов, основного средства проведения всех упомянутых выше работ. За теоретическую и практическую разработку в этом направлении группа ведущих сотрудников института впоследствии была удостоена Государственной премии. Среди них — А. С. Шаракшанэ и В. М. Бахарев...

И в то же время что-то уже настораживало...

Однажды на Торжественное собрание прибыл Главком, — тот, что, шептались, лично расстреливал Берию.

...Огромный военный мужчина, двумя руками поддерживая огромный живот, подкатился к трибуне и сходу загремел:

— Вы что, в самом деле думаете, что сидите здесь, чтобы заниматься обороной?!

Я, конечно, по подготовке резервистов знал, что самая эффективная оборона — упреждающий удар, но — с такой откровенностью!..

Вскоре в Манеже проходила очередная художественная выставка. Подведя своих маленьких девочек к черному бюсту Главкома, я тихо сказал: "Вот — поджигатель войны". Они ничего не поняли и ничего не спросили.

Но это было потом, а к тому времени мы (я присоединяю себя к моему другу Мише Когаловскому на протяжении всей совместной деятельности, сейчас он заведует лабораторией в Институте проблем рынка РАН) были привлечены к интерес-

ной работе, связанной с оценкой возможности применения разрабатываемой суперЭВМ в разрабатываемой же сложной системе ПРО.

И здесь, наконец, следует обратиться к проблеме суперЭВМ.

Вперед — к суперЭВМ

Набирая прекрасный опыт, мы входили в группу сотрудников, собиравших воедино разрозненные алгоритмы отдельных фрагментов управления циклом системы ПРО, "стряпая" законченный комплекс. Какие-то алгоритмы уже существовали, где-то исследовались прототипы, где-то — известные "книжные" методы и идеи.

Нашей задачей было проведение экспериментального программирования с учетом временного режима работы системы для определения необходимой производительности вычислительных средств. Несомненно, было известно, на какую производительность можно ориентироваться реально, — разработки уже велись (иначе — на что программировать?). Наши оценки определили гораздо более высокие требования, что уже тогда ориентировало на комплексирование и распаралеливание вычислений.

...Еще в университете курс "ЭВМ" вел молодой преподаватель-совместитель. На фоне "Урала" наше удивление вызывало быстродействие таких машин, как, например, "Стрела" — 2000 операций в секунду! Тогда он проговорился, что, по-видимому, не должен был делать, — вот, дескать, есть такая машина М-40, которая дает 40 тыс. операций в секунду!

Тогда я не знал, что через несколько лет мне придется иметь дело с этой машиной как подлежащей замене.

В институте с самого начала была установлена самая мощная ЭВМ М-50, что подразумевало 50 тыс. опер./с. Однако все такие оценки носили рекламный характер. Они основывались на тактовой частоте или на самых простых операциях и характеризовали "пиковую" производительность. "Реальная" производительность, демонстрируемая при решении конкретных задач, всегда была предметом исследований и, как правило, в те годы была раза в два меньше.

Эта машина имела странную архитектуру: она была "двух с половиной"-адресной. Третий адрес формировался на основе шести старших битов первого адреса плюс шесть указанных.

Не следует забывать, что никакой автоматизации не было, и мы развивали свой опыт программирования на машинном языке.

Все подспорье при написании программ — мнемокод операции и условные адреса, никаких индексных регистров, переадресация — с помощью констант и пр. Написанная программа оконча-

тельно кодировалась в восьмеричной системе счисления, записывалась на перфокарты и — вперед!

Однако недоумение и тихое возмущение вызывала так "щедрость", с которой давалось машинное время. Нам на один выход давалось и 20, и 30, и 40 минут, а то и час! Возможность сидеть за пультом, "лепить" программу, анализировать ошибки, с одной стороны, прекрасна (как теперь за персональной ЭВМ), с другой — это нас разлагало. Нам была ранее привита культура (на "Урале" больше трех минут не давали: необходимо было строить отладочные варианты), которую предстояло сломать.

Впрочем, вскоре был наложен пакетный режим, и большая часть нагрузки на ЭВМ была оптимизирована.

Хотя *FORTRAN* появился раньше и, в сущности, явился основой *ALGOL*, появление в печати, в русском переводе, рекурсивного описания последнего П. Науrom и Дж. Бэкусом обрело революционное значение. Автоматизация программирования рванулась вперед.

В разработке первого транслятора для М-50 (мощнее машины в Союзе не было, следовательно, она в течение некоторого времени была "супер") принял участие В. Г. Макеев, наш однокурсник.

...Итак, мы экспериментально программируем на будущую "супер"...

В то время в стенах института формировался взгляд на боевые программы, реализованные на управляющих суперЭВМ, как на отдельный объект испытаний. Споры о методике испытаний велись одновременно с планированием дальнейших работ в этом направлении. Наконец, победила концепция испытания управляющего звена "ЭВМ + программа" с помощью моделей других звеньев системы. Этот подход и определил последующее направление разработки и применения КИМС'ов, о которых я говорил выше.

Однако еще раньше, в процессе коллективного поиска я оказался на тупиковом направлении. Было преувеличено значение декодирования программы — перевода ее на *ALGOL*, чтобы установить, соответствует программа алгоритму или нет. Я сам не настаивал на таком значении декодирования, так как с помощью старших и опытных быстро понял не более чем вспомогательное, сервисное значение его. Да и в зарубежной литературе стали появляться идеи испытаний программ на основе имитации управляемого объекта. Интересная задача по принципу "хуже не будет", не более. Был еще человек, Г. Д. Фролов, который ранее разрабатывал эту проблему, используя язык логических схем. По-видимому, в стране этим больше никто не занимался.

Я сделал программу на М-50, переводящую с машинного языка разрабатывающейся "супер" (забегая вперед, скажу, что эта машина впоследствии превратилась в БЭСМ-6) на *ALGOL*. Г. Фролов помог мне опубликоваться (он был из круга А. Китова, Н. Криницкого и др.), и сделанная работа

в совокупности с другим средством контроля программ легла в основу моей будущей диссертации.

Досаду вызывала такая часто используемая послыка в научных спорах, как: "Существуют два способа испытания программ: методом декодирования и методом применения КИМС'ов...". Дальше следовало блестящее ниспровержение первого, якобы защищаемого мною, в пользу второго. Трудно было по одному и тому же сценарию доказывать, что никакого противопоставления нет, и я тоже двумя руками за КИМС'ы, контрольные задачи, тесты и пр. и даже готов их делать, что дальше и случилось.

Тогда же, по-видимому, чтобы подавить брожение вредных идей волевыми действиями, мы с Мишней были из комплексного отдела переведены в отдел В. М. Бахарева, занимающийся только вычислительными средствами, и где наши начальные познания в части разрабатываемой суперЭВМ получили бы естественное развитие.

Я упомянул выше нашу настольную книгу Е. С. Вентцель. Той же благодарности заслуживают и другие ее научные книги.

Наши познания в области теории вероятностей базировались на заумном, завышенно-абстрактном университете курсе, без всякого намека на практическость, правда, слегка блеснувшую в курсе артиллерии. Поэтому хочется подчеркнуть, что только человек, обладающий выдающимся литературным даром, способен так доходчиво, четко и ясно донести такую сложнейшую белиберду, касающуюся стохастического моделирования. Это — достойный пример.

...Когда в "Новом мире" вышла повесть И. Грековой "На испытаниях", поразившая знакомой реальностью, мы с удивлением стали свидетелями шутливых поздравлений недавно появившегося начальника среднего звена, полковника Владимира Борисовича Соколовского. Оказалось, что он — прообраз главного героя повести. Хотя область его



В. Б. Соколовский

научной деятельности не касается суперЭВМ (преферанс в компании с В. Бахаревым не в счет), воспитательная роль этой яркой личности привлекательна. Не зря же на него обратила внимание Е. Вентцель в своем первом значительном литературном опыте.

Повесть подверглась отрицательной критике, и В. Соколовский объяснял: "Соцреализм, — это то, как должно быть, а не как есть на самом деле".

Этот человек причудливо сочетал в себе две крайности: чистокровную добротную интеллигентность и солдафонство, остроумно бравируя и тем и другим. Внешне он отличался от окружающих, никогда не снимая полевой формы: гимнастерка, портупея, начищенные сапоги, по-чапаевски заломленная папаха (только усов не хватало). Командным голосом, по-военному, не стесняясь выражений, он вещал житейские, умные, тонкие супермысли.

Пользуясь полевой формой, В. Соколовский, по-видимому, не имел приличного цивильного костюма. Один сотрудник, его подчиненный, рассказал, что когда они однажды прибыли на один "почтовый ящик" (а военные их посещали только в гражданском), охранник с подозрением оглядел В. Соколовского. "Он со мной", — нашелся сотрудник, перешеголяв в остроумии самого Владимира Борисовича.

Как-то, по какому-то социальному вопросу, я долго пребывал в кабинете В. Соколовского. Наступил обеденный перерыв. Вскоре после обеда я вошел, чтобы продолжить обсуждение. Владимир Борисович был чем-то взолнован, словно чувствуя неловкость, и смотрел, не решаясь мне что-то сказать. Наконец, спросил: "А В. Ч., — что за человек?" В. Чиганов был сотрудником нашего отдела, кандидатом наук, одним из активных помощников В. Бахарева, ответственным за вопросы испытаний надежности. (Это уже имеет прямое отношение к суперЭВМ.) Некоторая рассеянность присутствовала в нем.

Я пожал плечами: дескать, человек как человек. Тогда Владимир Борисович рассказал мне о прошедшем казусе.

"Гуляем мы с Гришкой после столовой. ("Гришка" — это начальник отдела надежности, полковник предпенсионного возраста, участник ВОВ, кандидат наук Г. М. Липник.) Подходит пацан: "Дяденьки, сколько времени?" Я ответил, потом добавил: "Что, опаздываешь, засранец?" "Нет, еще две минуты", — ответил неожиданно появившийся сзади В. Чиганов. Мы оторопели. Желая объясниться и извиниться, я нашел его. "А я думал, вы мне", — просто ответил он".

Это больше всего и взорвало Соколовского: "Он действительно подумал, что я могу такое ему сказать!"

Людей, кажущихся ему интересными, В. Соколовский приглашал к себе домой. За столом, где в этом случае собирались "молодежь до пятидесяти

лет", шла беседа на любые случайно затрагиваемые темы. Был приглашен однажды и я.

В. Соколовский пришел в институт еще до ухода Миши Когаловского. Как-то, когда Миши уже не было, Владимир Борисович мне сообщил, что его дочери предлагают после вуза пойти в отдел Миши, в ЦЭМИ. Мотивация была следующей: "Захочет — будет работать, не захочет, — он за нее будет работать". Я с некоторой горечью подтвердил характеристику моего друга.

Мир тесен, и оказалось, что мои сестры довольно близко были знакомы с Е. С. Вентцель — И. Грековой. Во время какого-то застолья Е. В. показала сестре в сторону В. С.: "Вон тот самый Рыбий Глаз".

...К пятидесятилетнему юбилею я изобразил В. С. на адресе в выше представленном виде, шашкой разрубающим модель атома.

А вскоре после демобилизации Владимир Борисович тяжело заболел. Его нашли мертвым на бульварной скамье. "Я не стану обузой своей семьи", — сказал он накануне...

Но отринем шизофреническое блуждание мысли по темам воспитания молодых ученых и продолжим изложение сути...

"Софоклы"

По прошествии многих лет я понял ту роль, что сыграл Виктор Максимович Бахарев в развитии отечественной вычислительной техники. Не поднявшись выше должности начальника научного отдела, полковник, доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии, он обрел колossalный авторитет. Он не оставил ни одной *открытой* печатной работы. Единственный раз (насколько мне известно) я написал статью в журнал, вышедший под редакцией М. А. Карцева, взяв



В. М. Бахарев

в соавторы, "для увековечивания", его, своего начальника лаборатории и подчиненных женщин — программистов.

Подольский курсант, среди ставших под Малоярославцем насмерть, он был тяжело ранен. Всю войну затем он прошел командиром пулеметной роты и, по его словам, смотрел на последующую жизнь как на подарок. Потом — Ленинградская академия связи им. Будённого, и вот, в конце концов, он перед нами.

В. Бахарев сосредоточился на закрытых трудах — отчетах, диссертациях — своих и чужих, — на методиках, технических заданиях и других закрытых документах. В каждый отчет он писал много, жадно, напористо, с железной логикой пробивая идею и требуя поддержки подчиненных. Он действительно был научным руководителем, но не только...

Человек огромной внутренней силы, нередко бурно вырывающейся наружу, немногословный, он казался бесстрастным и спокойным — до безразличия. Но многие испытали на себе его характер и были осторожны. Он сдерживался, признав человека "своим", но не жалел "чужих", в гневе не скрывая своей несправедливости. Впрочем, "своим" тоже доставалось.

Его побаивались. Он знал и иногда играл этим. Нередко на научно-технических совещаниях немалого уровня разыгрывался спектакль. Все шло прекрасно, высвечивалось общее мнение, но беспокойство не покидало до тех пор, пока не высказался он. Поглядывали на него выступающие, словно адресуясь к нему одному, умоляя молчать. Но бесы в куда-то вкось обращенных глазах уже играли на бесстрастном лице неподвижной фигуры. Он скромно, последним, поднимал руку, и решение принималось совсем даже противоположное.

Отдел был молод, и мы обращались к нему по всем жизненным вопросам. Давали комнаты — первую жилплощадь, у нас — холостяков и прочих одиночек комнаты были вдвое больше. "Почему?!" — вопрошали обиженные. А потому что начальник должен застутаться за своих людей!

Мой сосед — ровесник В. Л., — неудачно женившись, обратился за советом к В. Б. "Всегда нужно поступать так, как лучше детям", — ответил тот. Тогда я понял ту ласку, которая слышалась в его голосе, когда он как-то говорил при мне по телефону с дочерью, будучи давно вынужденным уйти из семьи.

Тот же В. Л. с улыбкой изложил другой разговор.

— Виктор Максимович, придумайте мне какую-нибудь задачу.

В. Б. посмотрел весело, но проникновенно ответил:

— Виктор Николаевич, задачи не придумывают, задачи существуют!

С Виктором Максимовичем, при его немногословии, было трудно разговаривать, но можно. Было трудно держать внимание, чтобы не потерять подтекст.

Однажды в разговоре участвовала В. Ч. — увлекающаяся, эксцентричная душа коллектива. Вернувшись в отдел, она выплеснула ведро эмоций, говоря:

— Один слово скажет, — молчат! Другой слово скажет, — опять молчат! А я сижу, — как дура...

Как-то, попав в полосу неприятностей, я сидел перед В. Б. и удрученно излагал: "Вот делаешь, делаешь, — никому ничего не нужно!.." Он понял мое состояние и долго молчал, пуская дым в потолок, поглядывая в открытое окно. Потом, в упор глядя на меня, выдавил: "След остается".

Вот о его следе я и хочу сказать.

В. М. Бахарев в числе первых понял преимущества и перспективы многопроцессорных вычислительных систем на общей оперативной памяти. Смело пользуясь обязанностью определять направления развития и применения ЭВМ, хотя и в рамках ПРО, на основе обретенного опыта и докторской диссертации, он горячо ринулся не только на защиту нового направления, но, главное, — в его конкретизацию и внедрение.

Каким главным доводом пользовался В. М. Бахарев, доказывая и настаивая на необходимости разработки многопроцессорных ВС?

С военной точки зрения — с точки зрения Заказчика — необходимо было показать, что организация вычислительного процесса в многопроцессорной системе на общей оперативной памяти снижает требования к суммарной производительности.

Основное предположение об эффективности совместной работы нескольких процессоров при решении множества задач (функциональных модулей) управляющей системы обосновывалось им на возможности усреднения нагрузки при динамическом распределении работ между процессорами. Такое усреднение позволяет сгладить пиковую нагрузку на отдельные процессоры, а следовательно, снизить требования к их производительности. Конечно, это справедливо в том случае, если увеличивающиеся накладные расходы, связанные с организацией динамического управления вычислительным процессом (диспетчированием), оправдывают эти затраты.

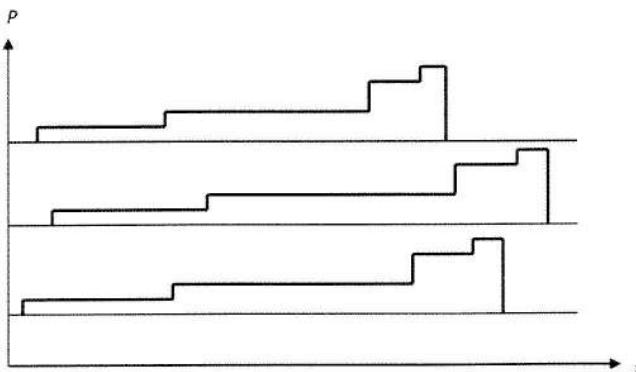


Рис. 2. Диаграммы нагрузки

Пусть управляющая система обслуживает несколько объектов, каждый из которых требует затраты производительности P , в соответствии со стадией обслуживания, как показано временными диаграммами на рис. 2.

Начала обслуживания, а также длительность стадий обслуживания, случайно распределены во времени. На каждой стадии обслуживания используется общее для всех объектов подмножество программ — функциональных модулей. Тогда видно, что если за объектами жестко закреплять процессоры ВС, то их производительность должна удовлетворять самой напряженной последней стадии обслуживания. Если же в соответствии со случаем взаимным смешением этой стадии все множество функциональных модулей, требуемых для всех объектов, динамически распределять между процессорами, то такой пиковой нагрузки на один процессор в среднем можно избежать, т. е. можно руководствоваться результирующей диаграммой.

Конечно, такое допущение должно подтверждаться на основе моделирования реальных ситуаций, требований к эффективности управляющей системы и на основе разработок оперативных диспетчеров распараллеливания.

Таким образом, основным доводом В. М. Бахарева в пользу многопроцессорных вычислительных систем на общей оперативной памяти было не только устранение потерь на межмашинный обмен при распределенных вычислениях, но и то, что при условии динамического планирования работ можно избежать пиковых нагрузок и, следовательно, снизить требования к суммарной производительности. Кроме того, естественно решалась и задача надежности вычислительного процесса.

Теперь такая схема вычислений соответствует *SPMD*-технологии (*Single Program — Multiple Data*, одна программа — много потоков данных).

Страна была не первой. К тому времени С. Крей сделал свою систему *CDC-6600*. Однако никакой информации не только об устройстве, но и о ее эффективности не было.

Да и наши робко появляющиеся теоретические исследования были не практичны и далеки до того, чтобы убедить как начальство, так и разработчика, мыслящего конкретно, в необходимости немедленного действия. Личностный фактор играл главную роль: поймут или не поймут.

В. М. Бахарев действовал, как танк — медленно, но упорно.

В то время я успешно освободился не только от диссертационных хлопот, но и от пока недосказанных работ в области испытаний суперЭВМ. Шел 1966 год. Тогда Виктор Максимович и поставил мне задачу — заняться распараллеливанием вычислений, главное внимание уделив доказательству его эффективности.

Я приступил к работе, конечно, к "бумажной", и сразу увлекся. Стало что-то получаться. Через

год вышла моя первая статья в академическом журнале.

И здесь уместно рассказать о другом встретившемся мне замечательном человеке.

За некоторое время до того я попал в МЭИ на защиту докторской диссертации Дмитрия Александровича Поспелова и был восхищен его спокойной уверенностью. Почему-то тогда я отметил, что он старше меня всего на пять лет.

Вскоре, после того, как я отправил статью, неожиданно позвонил Д. П. как член редколлегии и, испытывая, спросил о моем отношении к ранее опубликованной работе некоего автора. Мой дипломатический ответ, скрывающий негативное отношение, его удовлетворил.

В этом журнале вышла целая серия моих статей по распараллеливанию, а Д. А. Поспелов стал для меня главным советчиком и рецензентом.

...Коренастый, угрюмо-веселый, жадный до жизни человек, Д. А. Поспелов много сделал в теории кибернетики, в вычислительной технике, в том числе в теории параллельных систем и в искусственном интеллекте.

Я доверял тогда его замечаниям, не всегда лицеприятным. "Б. пишет так, словно кроме него в этом вопросе никто ничего не сделал", — цитата из рецензии. Но однажды на какой-то конференции, к большой гордости, он "приласкал" в обзоре работ, упомянув, что я "специалист в области практических диспетчеров". Это вполне соответствовало задаче, поставленной В. М. Бахаревым. Еще более радует меня то, что в работе "Становление информатики в России" Д. Поспелов отметил и мою книгу.

Защищая докторскую диссертацию, я попросил Д. А. Поспелова быть моим оппонентом. "Сделаем не так, — ответил он, — я буду "черным" оппонентом, никуда мимо меня работа не денется". Так и случилось. Однако тогда ВАК подвергался реорганизации, и все "застрявшие" работы, чтобы не лежали без дела, гонялись на дополнительный тайный контроль. Было задано жесткое правило: хоть



Д. А. Поспелов

м
у
в
и
д
м
ч
г
с
в
е
с
т
е
с
с
и
и
и
и
и
и
и
и
и

одно отрицательное заключение — отказ. Когда работа, наконец, благополучно вернулась в институт, по входящим и исходящим штампам я понял, что не менее чем дважды она покидала и возвращалась в ВАК.

Я глубоко огорчен трагическим отходом Дмитрия Александровича от активной деятельности, часто повторяя и сейчас: "Был бы Поступов, не было бы проблем".

Однажды, году в 1967, не объявляя цели, Виктор Максимович пригласил меня с собой в отдел вычислительных средств главного управления МО, ведавшего проблемами ПВО.

...Полутемная комната-пенал с высоченным потолком (можно бы было сделать спальню на втором ярусе), с тяжелыми, казенными, обшарпанными столами с инвентарными номерами. Я скромно сел у входа пустой комнаты — все разбежались по объектам, военным представительствам и разработчикам, а В. Б. прошел вперед и сел напротив начальника отдела — Марченко Георгия Семеновича. Они вели задушевную беседу, а я наблюдал на фоне зарешеченного окна с видом на Москву-реку и парк Горького их силуэты, скрупулезные и роняющие медленные слова. Изредка Г. Марченко чуть оборачивался в мою сторону, не глядя, и мудро говорил: "Это уж они...".

Так складывалась техническая политика? От Г. М. зависело многое. Ведь не зря он впоследствии сделался главным инженером ИТМ и ВТ, основного разработчика "супер" — многопроцессорного комплекса "Эльбрус".

Конечно, эти умные и дальновидные люди были коммунистами. Но интересен маленький штрих: в отделе Г. М. (кажется) старшим инженером служил беспартийный полковник В. Г. Поливода — умный,уважаемый, знающий. Его следовало считать "правой рукой" Г. М. Как же так? в министерстве! ("Ведь что-то он думает!" — сказал бы партийный чиновник.)

Цель моего участия в этой поездке так и не прояснилась, но я понял, что искать не следует. Просто, это прикосновение, приобщение, внедрение, воспитание — что еще?

Я не обольщаюсь и сознаю, что моя докторская диссертация выполнялась в плане "мероприятий" по пропаганде параллельных вычислений, которую вел Виктор Максимович Бахарев. Однажды, значительно ранее, он сказал: "Мало того, что кто-то хочет защититься. Надо, чтобы этого захотели другие". Поэтому, когда он как-то вызвал меня и предложил: "Если вы сделаете то-то и то-то, — это будет законченная докторская, я понял, что такая поддержка гарантирует успех.

"Вы делаете машину для Академии наук!" — часто слышалось от военных чинов на совещаниях. Да, все эти академические институты на самом деле имели второе название — номер "почтового ящика". Только в таком виде, выполняя военные заказы,

они могли существовать, делая что-то для общества. И был кто-то военный, кто закрывал на это глаза...

Позже, кажется в 1971 г., я был направлен в один из институтов министерства электронной промышленности (МЭП), где тогда начались разработки высокопроизводительной ЭВМ 5Э73 с арифметикой "в остаточных классах". Каждое число представлялось словно координатами — остатками от деления на простые основания. Практические проработки идеи связаны с именами И. Я. Акушского и Д. И. Юдицкого.

Действительно, операции умножения и деления выполнялись быстро, зато сложение и другие основные операции представляли проблему. Здесь — как в законе сохранения энергии.

Но интерес представлял другой, думаю, впервые использованный принцип "длинного командного слова", когда одна команда содержала инструкции трем исполнительным устройствам. Характерно, что при обосновании "длинного" командного слова очередной модели семейства "Эльбрус" разработчик ссылался на зарубежный, а не на отечественный опыт.

Тогда я впервые заинтересовался этим принципом и предложил, конечно, на теоретическом уровне, компоновщик-оптимизатор этих самых "длинных" командных слов. В основе таких компоновщиков эффективно используются простые диспетчеры динамического распараллеливания.

В целом следует отметить, что Б. Малиновский в своей книге упоминает о не единственной реализации принципа остаточных классов при разработке высокопроизводительных вычислительных средств, используемых в сложных системах управления. Он упоминает такие проекты, как 5Э71 и 5Э73. Информация об этих разработках безвозвратно похоронена в недрах режима секретного делопроизводства, скорее всего уничтожена.

Я могу поведать лишь о том, что когда под руководством В. М. Бахарева велись работы по обоснованию эффективности динамического распараллеливания в многопроцессорных вычислительных системах и комплексах, я пользовался отчетом, посвященным организации параллельной вторичной обработки радиолокационной информации на одной из мощнейших станций. Я не помню, как точно назывался вычислительный комплекс, — скажем, "А-?". Однако его процессоры реализовали СОК. Может, это и была 5Э71?

Смутно вспоминается и имя конструктора. Откликнитесь, люди!

Интересно то, что обработка информации в комплексе проводилась по принципам SPMD-технологии, задолго до теоретического осмысливания общности этого принципа. В соответствии с ним обнаруживаемые объекты назначались на обработку менее загруженным в данный момент процессорам. Кажется, это распределение проводилось с по-

мощью специально разработанного ассоциативного устройства.

Скудость и закрытость информации уже тогда вызвала необходимость домысливания для обобщения — для построения и изучения модели управляемой обработки информации.

Впоследствии я включил краткое описание модели, в пределах дозволенного, наряду с моделью многоканального обслуживания некоторых объектов (прообразом которых были противоракеты), в книгу, что вызвало "интерес" Главлита, переадресовавшего его военной цензуре. Я имел неприятный разговор с ответственным полковником. При моей ссылке на открытые источники, полковник грозно возопил: "А ты где работаешь?!" И закончил аудиенцию словами: "Скажи спасибо, что я работал с Иваном Макаровичем (командир части — директор института), а то бы..."

Как теперь восстановить утраченную информацию о приоритете российской науки?

Военные поддержали проект на правах возможной альтернативы разрабатываемой М. А. Карцевым серии М-10 — М-14, предназначенный для обработки радиолокационной информации. "Универсальный спецпроцессор", — называл свои машины Михаил Александрович, определяя им нишу и уходя от глобальных схваток за первенство. Там по одной команде проводилась обработка одного слова, или двух "полслова", или четырех "четверть слова", или восьми "восьмушек". Машины в совокупности с развитыми средствами сопряжения составляли "линейки". Две дополнительные линейки в системе образовывали "горячий" и "холодный" резерв.

М. А. Карцеву, худощавому, насквозь интеллигентному, вежливому человеку с постоянной смущенной улыбкой, я был представлен начальником лаборатории И. М. Саввиным где-то году в 1971. Речь шла об оппонировании. Я поделился идеей написания книги и имел наглость предложить со-

авторство. Он вежливо отказался, сославшись на занятость, и, в свою очередь, увлеченно стал рассказывать о задуманной им книге, о сделанных им выводах, которые он собирается отразить.

Оказалось, Михаил Александрович говорил о вышедшей в 1978 г. книге по архитектурам ЭВМ, ставшей классической. В ней впервые представлена замечательные соотношения, касающиеся эффективности многоуровневой памяти, оценок производительности конвейеров и другие зависимости, определяющие сбалансированность конструкторских решений.

Вот тогда-то мы с начальником лаборатории И. М. Саввиным почему-то предстали перед Борисом Аркадьевичем Головкиным, подпись которого на профессорской рекомендации, данной мне много лет спустя, звучит: Начальник НИО, главный конструктор, доктор технических наук, профессор.

...Он кричал на нас в том смысле, что не допустит протаскивания какой-то дохлой идеи (имелась в виду 5Э73) вопреки разработкам М. А. Карцева, уже "прописанным" в системе. Но никто и не собирался отвергать машины М. Карцева. Была не более чем научная поддержка. Михаил Александрович Карцев пользовался огромным уважением, я испытываю личную благодарность ему за поддержку, а И. Саввин и поныне начальник отдела НИИ ВК им. М. А. Карцева.

Когда я в 1973 г. защищал докторскую диссертацию, одним из моих оппонентов был М. Карцев, а Б. Головкин выступил и поддержал. Говорили, что В. Бахарев когда-то руководил дипломным проектом Б. Головкина, я не знаю. Возможно, он и попросил Б. Головкина выступить. Не раз поддерживал меня Борис Аркадьевич и потом.

Но не мои впечатления о Б. Головкине являются определяющими на этих страницах. Думаю, он в них не нуждается. Объективно, Борис Аркадьевич Головкин оставил след своими книгами и статьями по теории и опыту создания, а также эффективного применения вычислительных комплексов и систем. И тем известен. (В частности, его книга также отмечается Поспеловым в исследовании по становлению информатики в России.)

В дни "перестройки" Б. Головкин к радости моей и чести пригласил в свою компанию — в попытке сосредоточить в своих руках, при Госстандарте, сертификацию всего программного обеспечения. Я даже стал соответствующим членом-корреспондентом. (В суматохе раннего "предпринимательства" созрело много "академий". Я действительный член МАИ — Международной академии информатизации с представительством в ООН (!), и даже получаю 100 руб. надбавки к зарплате. Все на деле оказалось простым плутовством, хотя от надбавки я не отказываюсь.) ...Но не для таких, как мы, свершилась эта революция, не наша энергия ей была нужна... Востребованность падала, поле деятельности Б. Головкина сужалось... Он сломался и ушел... "Не вы-



M. A. Карцев



И. Я. Акушский

держал перестройки", — горько улыбнулся В. Макеев — мой сокурсник и его зам.

...Пройдет время, и вновь на несчастном пути России начнут разбираться, называть имена, клеймить — чтобы снова увязнуть?..

А что же проект Акушского—Юдицкого? Военные вяло продолжали его поддерживать, но сами авторы стали охладевать к своему детищу, и проект заглох.

И правильно... Ведь МЭП настолько неправлялось со своей задачей разработки элементно-конструкторской базы на основе микроэлектронных технологий, что только суперЭВМ ему не хватало!

Ранее, не зная И. Я. Акушского близко, по работе и по мнению окружающих я представлял себе интересную и яркую личность, увлеченного и доброго человека, которого и захотел увидеть своим оппонентом.

Значительно ранее был юбилей — его шестидесятилетие. В соответствии с рангом ученого, по здравления и приветственные адреса направлялись ему от многих "внешних" организаций в "ареале" его деятельности. Откликнулся и наш институт, направив официальный адрес. Однако по келейной инициативе более близких сотрудников было решено направить дружественный шутливо-юмористический адрес. Остроумные стихи написал Ю. Г. Дадаев, а мне поручили художественную часть. Я подметил и обыграл милую особенность И. А. — такого кругленького и мягонького: когда он писал, его сосисочно-указательный пальчик не сгибался, упираясь в ручку, а направлялся вдоль нее, даже как бы отстраняясь вверх. Это было очень смешно и характерно. Есть ли этот адрес сейчас?

...Я слышал, что отставание в микроэлектронике обусловлено нашей ментальностью, тем самым, что называется "высокой сознательностью". Дескать, достигли предела на нынешний день. Как-то приходились данные отбраковки микросхем. Наимень-

ший процент (даже доля процента!) в Японии. США, с огромной экономической мощью, отстает на порядок. На порядок же отличался уровень интеграции логических элементов, используемых в МВК "Эльбрус-3" (последняя модель, доведенная до уровня уже не состоявшихся заводских испытаний) по сравнению с первым Пентиумом. "Советский микропроцессор — самый большой в мире", — бытовала шутка.

"А почему вы не хотите делать элементную базу на арсениде галлия?" — звучал вопрос знатоков нашего отдела. (Известны эксперименты по выращиванию кристаллов арсенида галлия на борту космического корабля.)

...И не помог в том моральный кодекс строителя коммунизма, чтить который мы клялись первым пунктом соцобязательства...

Акушского, основного идеолога применения "остаточных классов", вскоре "ушли" с высокой должности. Накануне того я попросил его быть оппонентом. Но после его отставки, уже накануне защиты, мне настоятельно порекомендовали сменить оппонента...

И конечно, среди замечательных людей я должен отметить Або Сергеевича Шаракшанэ. Он был начальником более высокого уровня, непосредственно влияющим на перипетии технической политики.

Человек, в руках которого были сосредоточены судьбы испытываемых сложнейших систем, перед которым склонялись Генеральные конструкторы, играл и маленькую политическую роль: он был первым бурятским генералом, выполняя в таком качестве чем-то унизительную представительскую функцию. Еще одна его роль связана с именем М. Горького, кажется, что-то касающееся республики "Шкид".

Говорил медленно, кратко, аргументированно. Подавляя холодной улыбкой, как восточный хан.



А. С. Шаракшанэ

и.
ает
ин-
х в
ная
та-
ет-
, —
язу
на-
ци-
ос-
еял
ым
ния
кой
оп-
за-
ме-

кен
на-
чно-
и.
ны
ред
ры,
был
ком
сую
и
уб-
но.
ан.

ни

(Кстати, помню, что именно он начисто отклонил, ввиду бесперспективности успеха, и прекратил работы по проекту "Булава", что в наши дни вдруг всплыл из небытия.)

Два таких сильных человека, как А. Шаракшанэ и В. Бахарев, хотя и начальник с подчиненным, уживались трудно. Но об открытых стычках не было известно. Мне кажется, что В. Б. с большей степенью скрупулезности выполнял кодекс офицерской чести и военной субординации, стараясь не втягивать в конфликт подчиненных. Однажды, на каком-то отдельском "мероприятии" кто-то угодливо "высказался" относительно А. Ш. В. Б. гневно пресек вылазку, призвав не лезть не в свои дела.

Где-то году в 1963 я стоял перед дилеммой: жениться, поступить в аспирантуру, надеть погоны. Я выбрал два первых предложения (судьбы), оставив третье на случай неудачи. Я попросил Або Сергеевича быть моим научным руководителем.

— Вы что, считаете меня единственным специалистом в области декодирования программ? — рассмеялся он.

— Або Сергеевич, работать я буду сам, но мне потребуется поддержка.

Он согласился, и я регулярно сталносить ему свои записки.

Однажды я был вызван и замер перед начальственным столом А. Ш. рядом с еще не отпущенными подполковником.

— Все, что вы здесь написали, — детский лепет, — начал он, не поднимая головы от рабочей тетради, и слабость охватила мои ноги. Тут он медленно поднял глаза... на подполковника. "Зачем при мне!" — стало неловко... Он быстро покончил со мной, и я вышел. Недалеко от кабинета, на полу в приступе эпилепсии бился подполковник...

Таким образом, я обрел сразу двух руководителей, ибо Виктор Максимович как начальник отдела, само собой разумеется, был моим основным наставником. Конечно, помня о их конфликте, надо было быть особенно аккуратным. Зато была гарантия того, что работа будет выполнена в правильном ключе.

Где-то в 80-х годах А. Шаракшанэ на основе сотрудников разных отделов сколотил инициативную группу по построению некоторой АСУ тылового "хозяйственного" назначения. Совещания и написание отчетов проводились под его личным руководством. Создалась "некорректная" ситуация: я работал, "минуя" непосредственного начальника — В. Бахарева. Это не могло не уязвлять его.

Я, как мог, старался сгладить нарушения военной субординации и такта. Когда дежурный, заглядывая в дверь, вешал: "Барского — к Шаракшанэ!", я сначала поднимался в кабинет Виктора Максимовича, докладывая ему о предполагаемой причине вызова. Возвращаясь от А. Ш., я также докладывал В. Б. обо всем, что было, и что собираюсь или получил задание делать, и даже желая получить совет.

Я думаю, В. Б. оценил мое поведение в столь двусмысленной ситуации, и был со мной спокоен. Но однажды он не выдержал:

— Я не потерплю, чтобы в отдел тащились черт знает какие работы! — взревел он. И далее:

— Начальство надо воспитывать!

Я почувствовал, что такой же гнев охватывает меня: "Обидно же, крутишься между ними..."

— Виктор Максимович, — собрался я дерзко, — вот представьте себе: я сейчас сижу и вас воспитываю...

Он, молодец, ничего не ответил.

...Нет, я всегда приглядывался к сильным мужчинам. И уж потом, после краха той системы и ухода многих людей, взглянувшись украдкой в лица членов Ученого совета, я думал: "Вот сидит готовое правительство России. Устроили бы раздолбай, да навели б порядок..."

И снова вперед — к суперЭВМ!

В 1962 г. Виктор Максимович Бахарев отправил нас с Мишней Когаловским в ИТМ и ВТАН СССР с тем, чтобы на месте, наблюдая разработку суперЭВМ, имеющей, теперь рассекреченный, индекс 5Э92, изучить возможность контроля правильности вычислительного процесса и выработать соответствующие предложения. Как видно, задача расплывчатая и формально не конкретная. В общем, надо было там торчать, изучать — вдруг из этого что-то получится.

В центре большого зала стоял уже работающий макет, поразивший нас малыми размерами: три невысоких шкафа объединялись пультом, два шкафа памяти были за спиной оператора. Транзисторная элементная база, породившая такие габариты, только внедрялась и казалась перспективной. Нам сразу понравился "интеллигентный" коллектив разработчиков: главный конструктор В. А. Мельников, М. В. Тяпкин, В. Н. Лаут, А. Н. Томилин, Л. Н. Королёв...

Валерий Николаевич Лаут оказал нам неоцененную помощь: на хлипкие знания математической логики он минут за сорок наложил основы схемотехники. Эти такты — полутакты прохождения сигнала по схеме продемонстрировали простейший принцип реализации любой логической функции.

Мы бесцельно читали все, что нам подкладывали, когда В. Лаут обратился к нам: "Ребята, хотите помочь? Сделайте программный ввод-вывод на телетайп".

Мы увлеклись этой технически несложной работой и вскоре не только сделали, но и доложили на семинаре Льва Николаевича Королёва по логическим и структурным схемам ЭВМ, заработав серебряную публикацию.

Разрабатываемая одноадресная ЭВМ, по-моему, впервые в Союзе использующая индексные

регистры-модификаторы, должна была обеспечивать один миллион операций в секунду. Реально тысячи 700 она действительно давала. В. Лаут рассказывал нам о мультипрограммировании, стационарной памяти и о других вещах, которые только-только внедрялись в мире. Нам машина понравилась.

Однако скоро мы увидели, что зал разделился вдоль, а в образовавшейся части стали возникать остовы шкафов — много, во всю длину. Мы посмеивались, сравнивая габариты. Выяснилось — напрасно.

Шкафы быстро наполнились аппаратурой, и мы узнали, что идет параллельная разработка другой суперЭВМ, секретный индекс которой отличался от "нашего" буквой "б".

Главным конструктором этой машины, представляющей собой вычислительный комплекс М-500 — М-100 с шифром 5Э92б, был В. С. Бурцев. Вскоре мы попали на эмоциональный доклад молоденького Б. А. Бабаяна. Уже действовала предвзятость, и нам не понравилось. Да и после бесед с В. Лаутом — машина с фиксированной запятой? Коряво двухадресная?

ЭВМ М-500 должна была иметь в эквиваленте такую же производительность, что и машина В. Мельникова.

Мы не знали тайных механизмов, но роль В. М. Бахарева в этой переориентации была очевидной. Формально сыграло роль наличие в комплексе малой машины М-100, предназначеннной для развитого обмена при сопряжении со многими объектами управления, а также аппаратный контроль. М-100 программировалась в той же системе команд и могла решать задачи М-500 со значительно меньшей производительностью. Неформальной причиной многие считали то, что Всееволод Сергеевич Бурцев был научным руководителем Виктора Максимовича Бахарева при подготовке кандидатской диссертации.

Использование в системе управления стабильного набора алгоритмов оправдывало фиксированную запятую, а наличие некоторых "специальных" команд предполагало повышение эффективности программирования "специальных" задач. Хотя скажу наперед, что вскоре после приемки комплекса "на вооружение" была разработана его модификация 5Э51 с плавающей запятой.

Однако следует признать уникальное решение новых тогда проблем, связанных с мультипрограммированием, приоритетным решением задач по направлениям и объектам и др. Эти гибкие, многоприоритетные связи комплекса в совокупности со взаимодействием с системой единого времени, а также встроенные средства обеспечения надежности превращали комплекс в действительно передовой при выполнении функций управления в реальном времени такой сложной многоканальной системой, какой является система ПРО.

А что же тот проект, к которому мы привыкли и даже полюбили? Была череда совещаний на высоком уровне. Помню посещение института озабоченным академиком С. А. Лебедевым... Наконец, наука и производство узнали прекрасную "интеллигентную" машину БЭСМ-6, выполненную на передовом уровне и прослужившую стране около трех десятков лет.

Все упомянутые проекты воплощали в себе мощный архитектурный бросок. Все они поддерживали мультипрограммный и многоприоритетные режимы в контуре управления. Везде использовались индексные регистры-модификаторы, обеспечивающие неизменность объектного кода для повторной входимости. Активно использовалось СОЗУ для локальных данных. Были созданы развитые системы прерывания. В БЭСМ-6 был реализован кэш "через", при котором в СОЗУ с помощью применения ассоциативной памяти оседают часто используемые данные. Все модели выдвинули на практический уровень успешно решенную проблему трансляции.

В 1965 г. я защитил кандидатскую, значительно раньше прервав бессмысленное пребывание в аспирантуре института. Освобождение от "шкурных" проблем совпало с надвигающимися проблемами испытания комплекса 5Э92б. 31 декабря "Партии и Правительству" должно было быть доложено...

Бурно обсуждалась методика испытаний. В свете согласованных действий Виктор Максимович Бахарев в начале октября, пуская клубы дыма в потолок,ставил задачу моему начальнику лаборатории Арнольду Яновичу Харкевичу и мне: "Берем алгоритмы системы (называлась первая полигонная система, упомянутая маршалом Малиновским), программно реализованные на М-40, и переводим в программы М-500. Вот и вся контрольная задача".

Я обладал небольшим опытом программирования, но достаточным, чтобы понять, что влив... "Я постараюсь", — вот все что я мог с грустью обещать.

...Самолет стремительно приближался к полосе, где-то в стороне из земли торчало хвостовое оперение, но меня привлекли белые пятна. "Это солончаки", — пояснил А. Харкевич. Пока он с кем-то общался, организуя наше прибытие, я быстро нагнулся и сунул палец в соль: да, та самая, 10 коп. пачка.

Ни до, ни после я не видел такой мертвей земли — словно другая планета. Вертикально выходящие на поверхность вследствие грандиозных катаклизмов, искрошенные в необъятную степь каменные пласты мгновенно стирали обувь. Лишь ранней весной она буйно цвела тюльпанами, чтобы вскоре стать выжженной, оправдывая двухчасовой обеденный перерыв.

Низкие стандартные 4- или 5-этажные дома над каменисто-песчаным берегом Балхаша вселяли уныние. Но поистине "героический труд советских

людей" восхищал городской растительностью. Значительное множество неприхотливых деревьев и кустов — то ли лох, то ли акация — были посажены в выдолбленные лунки, соединенные канавками. Центральная улица и вовсе была бульваром. Где-то в одном месте включался поливочный водопровод, и вода растекалась, орошая весь город.

Говорили, что все работающие там, кроме казахов, получали 15 % надбавки. Не знаю... Но надо сказать, что кто-то и там неплохо устраивался. Восхищали усадьбы командира и главного инженера, с привезенной самолетами почвой (я не видел, — так говорили), с теннисными кортами. Все приезжие обязательно отоваривались сайгачиной и судаком — объектами охоты и рыббалки живущих там людей. (Как они живут сегодня?)

Организации имели свои гостевые домики. В таком домике ИТМ и ВТ нас поселили.

...Задачей Арнольда Яновича было обеспечение, а моей — конкретная работа. Перед нами вывалили гору томов с текстами программ, и вся нелепость затеи стала ясна. Мы пришибленно сидели, тихо переговариваясь, как на похоронах.

Вырнуло одно обстоятельство. Острое желание вырваться побуждало многих сотрудников полигона знакомиться с приезжими, помогать и становиться полезными. Кто знает, какая-никакая связь могла перерости в востребованность. Ничем не стоило пренебрегать.

Нам помог В. Белянов, впоследствии действительно занявший небольшую начальственную должность в институте, но, конечно, не с нашей помощью. Он выделил программы замкнутого контура управления — функционального контроля, заключающегося в имитации поражения цели противоракетой, причем вывод и наведение проводились с учетом случайных возмущений. Это могло стать замечательной контрольной задачей с "генеральскими" эффектами и оценками работы ЭВМ по значению "промаха".

...Пользуясь руководством по программированию на М-40 и постигая "на ходу" программирование на М-500, ничего не понимая в сути алгоритмов, я скрупулезно воспроизводил программы, повторяя все операции на кодовом уровне.

("Что это он!" услышал я за спиной тихое презрительное восклицание В. Бурцева, увидевшего, как я "копаюсь" за непривычным пультом.)

Молодой тогда инженер Г. Р., впоследствии ставший директором ИТМ и ВТ Геннадием Георгиевичем Рябовым, с помощью таймера выполнил имитацию сетки частот для моделирования реального масштаба времени, и в эту оболочку я должен был вставить свою задачу.

И конечно, как знает каждый программист, не летела, ни черта, моя противоракета. А. Харкевич нервничал, стараясь сдерживаться, звоня, порой, среди ночи, хотя только что покинул ИТМ... Испытания приближались, решено было использовать

резервную, до конца не отлаженную, задачу, не имитирующую столь эффективно и критично замкнутый контур управления.

И конечно, как знает каждый программист, ошибка бывает ерундовой и потому неуловимой. Полетела! И как раз за несколько дней до испытаний, когда А. Харкевич входил в зал. Нестерпимо болела голова, и зафиксировать исправления в ту ночь я уже не мог...

Для веса моя задача была дополнена той самой резервной, и получилась прекрасная контрольная задача (теперь говорят, — тест) для пятисуточного прогона.

Но еще одному важному изменению она была подвергнута: в соответствии с аппаратным контролем в программу были введены контрольные точки, и она была организована так, чтобы обеспечить возможность возобновления правильного счета и восстановления данных в случае обнаружения сбоя. Программу обработки ситуации Б. А. Бабаян буквально диктовал В. Лобанову, энергично курсируя за нашими спинами в тесной комнате. Впоследствии и Б. Б., и В. Л. использовали полученные результаты в своих диссертациях: первый в докторской, второй в кандидатской.

Испытания прошли успешно, подтвердив все пункты технического задания.

...Тогда было принято для контроля и большего эффекта соединять разряд какого-нибудь регистра с динамиком. Случайным образом получалась кафофоническая фантазия, сопровождающая работу ЭВМ. Я настолько привык к "мелодии" своей задачи, что надолго запомнил ее до последней нотки.

В сентябре следующего года мы с Ю. Гайдуковым, офицером нашего отдела, немного старше меня, были направлены на полигон, где новые комплексы уже устанавливали. При установке контрольной задачи искалась информация, и программа засоряла неправильно. Запуская ее несколько раз, я уловил место, где "музыка" начинала фальшивить. Будучи настроен игриво, но отнюдь не от большого ума, я решил попытать счастья с машиной, выполняющей почти четверть миллиона команд в секунду. Дважды примерившись, третий раз я нажал клавишу "останова". "Ищи!" — сказал я Ю. Г., откинувшись. Случайно взяв правильное направление, он уже в седьмой команде нашелискажение. Цель командировки была достигнута минут за десять. Конечно, это был случай, достойный пера барона Мюнхгаузена, но что за мемуары без хвастовства и преувеличения своей роли в истории!

...Вскоре я ночами, через лес сопровождал своих подчиненных программисток (среди них — однокурсницу Нину Ларшину (Печёнову)) на один из первых объектов в районе Кубинки — мощную, ныне демонтированную радиолокационную станцию, где в чреве антенны- "шалаша" (фазированной решетки) был установлен мощный вычислительный комплекс на базе восьми комплексов

5Э92б с уймой неиспользованного машинного времени. Мы моделировали управляемый параллельный вычислительный процесс, доказывая высокую эффективность многопроцессорных вычислительных систем.

Эльбрус — не только горная вершина

Где-то году в семидесятом начались интенсивные работы над многопроцессорным вычислительным комплексом "Эльбрус".

...Я всегда мечтал делать не "*про это*", а "*это*", поэтому, когда Всеволод Сергеевич Бурцев как-то проговорился, что можно бы было мне подключиться к творческому коллективу, я воспыпал. Присутствующий при этом А. Я. Харкевич сразу принял обсуждать технику моего прикомандирования. Всеволод Сергеевич указал на то, что надо виться целиком, всеми помыслами. "Вот А., — назвал он одного из талантливых помощников, — артист, а значит, думает еще о чем-то. Мне это не нравится". "А на партсобрания ему можно будетходить?" — пошутил Арнольд Янович. "Это я с Пенчуковым договорюсь", — ответил Вс. Б.

Существовала практика активного участия сотрудников института в разработке, но неофициального: военные организации разработкой не занимаются. А здесь — такие требования... Пока обсуждался вопрос, под каким соусом меня воткнуть в ИТМ, интерес ко мне пропал, и очередная моя попытка вырваться в высшие сферы научно-производственной деятельности провалилась.

Ходило много слухов. То, что прототипом является ЭВМ крупной американской фирмы, было известно. Однажды, где-то уже накануне испытаний "Эльбруса-1", была организована экскурсия в вычислительный центр тогдашнего министерства

нефти и газа на Софийской набережной, где эксплуатировалась эта машина — *Burroughs-6700*. Поразило тогда то, что, несмотря на работающих за пультом операторов-программистов, "экскурсовод" сдергивал крышки — задние стенки шкафов, демонстрируя нутро. В "Эльбрусе" дверца шкафа нащипована аппаратурой: включается вентилятор, возмущаясь нарушением температурного режима, и т. д. На вопрос о частоте сбоев был ответ, что не знают, что это такое. Не может быть. Но покрашен был "Эльбрус" точно как прототип.

Ходил и вообще нелепый слух о том, что президент одного сопредельного государства, отводящий у нас душу от сухого закона, продал доступ к секретам той самой фирмы — ее дочернего филиала...

Это была болтовня завистников: ведь никто из разработчиков не был облечен таким доверием партии и правительства... Да и сколько таких попыток копирования провалилось, и не только из-за предопределенного конструктивного различия, но и из-за объективного различия доступных технологий, отсутствия полной информации, а больше всего — из-за известного программистам закона: готовую программу невозможно переделать для новой задачи, проще сделать заново. Однако помню тесную комнатку ИТМ и ВТ и Б. Бабаяна в ней, густо обмотанных узкими лентами распечаток...

Так что, если, возможно, изначально и существовала задумка о копировании, она могла проявиться лишь на уровне общности некоторых идей (как одинаковой окраски). Все же основное делается "с чистого листа". Ведь комплекс-то многопроцессорный.

...А то, что коллектив почувствовал свое исключительное положение, — правда. Личные судьбы людей оказались в зависимости от поддержки ИТМ. Каждая работа в области суперЭВМ должна была пройти то или иное обсуждение и добиться нужной резолюции. ВАК никогда бы не пропустил (мужской род — традиция) диссертационную работу без соответствующего отзыва. В этих условиях появилось даже заискивание перед единственным в стране коллективом, призванным разрабатывать самую передовую технику.

Обсуждение работ, приходящих в ИТМ на отзыв, начиналось и заканчивалось "на уровне дирекции" примерно так: "Он "Эльбрус" не ругает?" "Нет, хвалит, хвалит!" "Ну, тогда даем".

"На уровне дирекции", а директором был сам Всеволод Сергеевич Бурцев, успешно решился и вопрос, быть ли Борису Арташесовичу Бабаяну моим оппонентом по докторской диссертации.

Доходило до смешного. Однажды позвонил Б. Бабаян и попросил меня быть экспертом по пришедшей на повторную защиту диссертации человека из Таганрога — В. Бакенрота, который весьма основательно подготовился. Когда я задал ему вопрос, он как фокусник извлек из портфеля мою книжку и помахал ею.



В. С. Бурцев

Защита прошла нормально, и, в нарушение регламента, члены совета отправились в кабинет директора на совещание. Я поплелся за ними. "Нам это нужно?" — спросил Всеволод Сергеевич. "Нет, не нужно", — поспешил ответить Б. Бабаян. "Ну, тогда рубим". Все единодушно согласились и потянулись к выходу. "А может... — остановился Вс. Б., — парень-то вроде неплохой". "Пусть, пусть", — согласились все...

Достоинства, а главное, — недостатки проекта обсуждались почти что тайно.

Дело в том, что, несомненно, правильным было взято направление на аппаратную поддержку машинно-независимого ассемблера. Это развязывало руки при разработке единого семейства программно совместимых вычислительных систем на фоне обоснованного развития архитектуры.

Однако, что касается организации управляющего структурированного вычислительного процесса, тем более — параллельного, то здесь накладные расходы были столь высоки, что ставили под сомнение возможность работы комплекса в жестком временном режиме. Чего стоило воплощение стекового принципа выполнения процедур! Ведь каждый процедурный переход сопровождался прерыванием и запуском ОС, по которому формировалась новая область активации и т. д. "Операционка" оказалась явно перегружена! "Там работает одна ОС, — возмущался разработчик, — я не знаю, сколько у меня чистого времени на задачу".

Я помню научную конференцию в стенах института М. А. Карцева, где, например, был доклад о том, как для режима управления избавиться от процедурного механизма "Эльбруса", а средства его аппаратной поддержки использовать для динамического распределения оперативной памяти.

Я сам руководил диссертационной работой, и не яставил задачу, в которой решалась проблема: как на уровне разработки структурировать программу, а затем свести объектный код к единственной процедуре.

Препятствием по эффективному применению комплекса было и слабое освещение рекомендуемых пользователю приемов организации параллельного вычислительного процесса. По-видимому, не было ясных представлений ни у разработчика, ни у популяризаторов проекта. Как пользоваться семафорами, вообще осталось неясным. Мне во многом помог доступ к технической документации на этапе проектирования. Приходится студентам на примерах долго объяснять, можно ли закрывать семафор дважды, почему существуют две процедуры открытия семафора, какие и как вообще решаются задачи синхронизации параллельных процессов...

Воспитанный на алгоритмах ПРО, я разделял уверенность своих учителей в том, что вычислительная система высокой производительности должна состоять из универсальных процессоров. Уже сложилось представление о том, что все "экзотические"

архитектуры — векторные, векторно-конвейерные, матричные, с программируемой архитектурой и др. — являются, по определению авторов ПС-2000—2100, "интеллектуальным интерфейсом". Проще говоря, спецпроцессорами, предназначенными для эффективного решения отдельных частных задач. Под эффективностью здесь понимается коэффициент полезной загрузки отдельного процессорного элемента системы.

В "живой" программе слишком мало бывает векторных операций, преобладает "логика" и обработка скаляров. Это и оказалось причиной того, что в проекте "Эльбрус" обработка векторов-массивов возлагалась на аппаратно поддержанные циклы. В то же время структура ВС предполагает включение в ее состав "иностранных" процессоров разного назначения. Так, уже к этапу испытаний в состав МВК входили процессоры архитектуры БЭСМ-6 (разработчик М. В. Тяпкин). В дальнейшем предполагалось включение модульного конвейерного процессора МКП (главный конструктор А. А. Соколов) для первичной обработки радиолокационной информации. Несомненно, включение процессоров разного типа под управлением единого ядра ОС отражает правильную ориентацию на универсальность системы.

Несомненно, положительным моментом явилось то, что была продолжена "традиция" включения в состав вычислительного комплекса специальных многоканальных процессоров — процессоров передачи данных (ППД), разработанных В. И. Перецковым. Процессоры ведали удаленным обменом с пользователями и объектами управления. Это было прогрессивным веянием, если учесть, что о сетевых технологиях в то время знали мало.

Кстати, именно такие возможности разветвленного обмена позволили поставить задачу создания единого Моделирующего центра в составе ЦНИИ-45, обрабатывающего всю информацию территориальной системы обороны. Мне даже довелось быть в некоторой комиссии, обосновавшей его создание. Центр должен был выполнять функции отображения, функционального контроля, оценки эффективности, управления испытаниями, резервирования и др. Здание этого несостоявшегося центра — единственное, что сейчас осталось от института...

В 1980 г. проходили испытания МВК "Эльбрус-1".

Разработка МВК не проходила так уж вне всякой конкуренции. Несомненно, существовали фон и альтернатива, и военные до конца должны были контролировать свой выбор. Испытания должны были окончательно прояснить правильность пути...

Обязательным "пунктом" испытаний было сравнение с лучшими моделями ЕС ЭВМ. Сравнительная оценка производительности предполагалась относительно ЕС 1066, выполненной на той же элементной базе и ориентировано обеспечивающей более миллиона операций в секунду. Преимущества

процессора "Эльбрус" должны были оказаться за счет аппаратной поддержки языка высокого уровня — языка Ассемблера. Основным критерием было сравнительное решение одних и тех же задач.

...Я не удивлюсь, если когда-то выяснится, что разработка ЕС ЭВМ была "хорошо спланированной акцией зарубежных спецслужб" (читай — ЦРУ) и, вообще, "происками империализма". Вся серия, словно ноги лошади уздечкой, была схвачена машинно-ориентированным языком пользователя. Во имя программной совместимости разработчик был ограничен форматом и структурой команды, не позволяющими выполнить резкий архитектурный маневр. Смешно, открывая материалы по *IBM*-390, видеть архитектуру *IBM*-360. Непонятно, например, как при программной преемственности эффективно использовать память предикатов. Все-таки количество должно перерастать в качество! Как это видно, например, при переходе к *EPIC*-архитектуре в развитии проекта "Эльбрус".

Военные не поддерживали ЭВМ этой серии, внедряя лишь отдельные, в том числе внешние, устройства.

Я считаю, что на основе БЭСМ-6 можно было создать прекрасную отечественную серию программно-совместимых ЭВМ. Ведь операционная система фирмы *IBM* — это чудо XX века — все равно воспроизводилась с идеи. На основе БЭСМ-6 можно было бы создать и машинно-независимый ассемблер, и операционную систему на базе мировых идей. Следует признать, что одноадресная система команд БЭСМ-6 в большей степени адекватна обработке стека. А распараллеливание на стеке реализуется просто, являясь основной операцией оптимизатора-компоновщика "длинных" командных слов, в сущности, являющихся основой процессоров *EPIC*-архитектуры — архитектуры с явным параллелизмом команд. Следовательно, можно считать, что выход на архитектуру с многофункциональным АЛУ (основная особенность современных "супер") был бы обеспечен даже с машинно-ориентированного ассемблера. Таким образом, БЭСМ-6 вполне могла бы служить основой развивающегося отечественного семейства.

А впрочем, такое распараллеливание можно проводить и с ассемблера ЕС ЭВМ, если жестко связывать некоторые регистры с исполнительными устройствами АЛУ.

В то же время целые "военные отрасли", например, противосамолетная оборона (ПСО), признали БЭСМ-6 основным базовым вычислительным средством, что даже потребовало такой модификации, как АС-6 (главный конструктор А. А. Соколов). Надо было аккуратно переориентировать их на "Эльбрус", сохранив большой наработанный объем программ.

...Однажды выдающийся академик (тот, что инициировал разработку ВС "Электроника ССБИС") в телепередаче беседовал у камина с Б. Бабаяном

по случаю его юбилея. Академик восторженно перечислил проекты, в которых участвовал Б. Б. Среди них он назвал и БЭСМ-6. Я ожидал возражений, поправки, но этого не последовало...

Поэтому, как говорилось выше, в состав "Эльбруса" были включены процессоры архитектуры БЭСМ-6. Главным конструктором их был М. В. Тяпкин.

...Прямо с совещания, проводимого председателем подкомиссии В. Бахаревым, я был вызван к заместителю председателя Государственной комиссии В. Бурцеву. Я стал против его стола рядом с "интеллигентно" стоящим М. Тяпкиным. "Научи его...", — грубо сказал Вс. Б., и мне стало неловко... Я предложил М. Т. сделать программу, имитирующую стандартную смесь операций, используя лишь "быстрые" регистры сверхоперативной памяти. Это позволило бы представить "чистое" быстродействие процессора без обращения к общей ОП. Затем я помог собрать и обработать имеющиеся данные о решении задач на исследуемых процессорах, но в составе "Эльбруса".

Дня через два мы докладывали, стоя на том же месте. По-видимому, результаты испытаний показались В. Бурцеву слишком "хорошими". Он возбудился, подскочив на стуле, но рядом сидящий Виктор Максимович сделал успокаивающий жест, и пар был спущен...

При испытаниях также использовалась контрольная задача, являющаяся основой пятисуточного прогона комплекса для оценки его надежности.

..."Где Сашка?! Сашка!" — кричали из зала. Ведь время восстановления крупной тяжестью ложится в знаменатель формулы коэффициента готовности. И несся по коридору Сашка — Александр Кирилович Ким, сходу вбравливаясь в неисправный шкаф.

Насчет контрольной задачи как-то вскользь Всеволод Сергеевич сказал: "Ты тогда сделал, — сделай...". Я промолчал. Теперь я уже был весьма остыненный, а работа серьезная, — тогда-то было сложно, а на "Эльбрус"!.. Вон, есть поможе, что нетерпеливо стучат копытами... Да и времени оставалось мало. Следовало бы воспроизвести многоканальный режим обслуживания группы целей группой перехватчиков. Но здесь уж вслепую не переведешь программу с другой машины. Надо хорошо знать алгоритм, что как раз и соответствует программированию на "Эльбрус" — на ассемблере, являющимся языком высокого уровня.

Контрольную задачу — "обтекание твердого тела" — предложил академик Анатолий Алексеевич Дородницын, директор ВЦ АН СССР, председатель Государственной комиссии. Мы с исполнителем Валерием — сыном Г. С. Марченко, способным и инициативным офицером, получили от секретаря "на Вавилова, 40" листок, исписанный и разрисованный академиком... Задача используется до сих пор.

Как я упомянул ранее, В. Бахарев был председателем подкомиссии. Создавая рабочие группы,

он их председателями назначил своих людей — помощников. Так я стал председателем рабочей группы по оценке общих характеристик. Конечно, не секрет, что "рыбу" очередного протокола предлагал разработчик. Однако, имея начальное приближение, работа шла быстро.

Удивляет отсутствие до сих пор четкой, формализованной концепции и методики испытаний надежности многопроцессорных вычислительных систем (ВС). Тем не менее, эти вопросы решались успешно. Но впоследствии никто не взял на себя труд выполнить обобщение важного опыта, начало которому положили испытания "Эльбрус-1". Я использую этот опыт в учебном процессе. Возникает острое желание кратко осветить вопрос на этих, казалось бы, не подходящих для этого, страницах.

Помехоустойчивые вычисления и надежность

Под надежностью ВС будем понимать вероятность решения поставленной перед ней задачи. Надежность ВС в составе сложной системы управления определяется:

- вероятностью пребывания в исправном состоянии в момент начала цикла управления;
- вероятностью пребывания в исправном состоянии в течение всего цикла управления;
- помехоустойчивостью, т. е. способностью с допустимыми потерями временных, точностных и аппаратурных ресурсов на требуемом качественном уровне завершить цикл управления при возникновении неисправностей.

Построим **дерево логических возможностей** (рис. 3) для нахождения всех вероятностных составляющих вычислительного процесса в ВС.

1. Одной из определяющих характеристик надежности является *коэффициент готовности* K_r

$$K_r = \frac{T_0}{T_0 + T_{\text{восст}}},$$

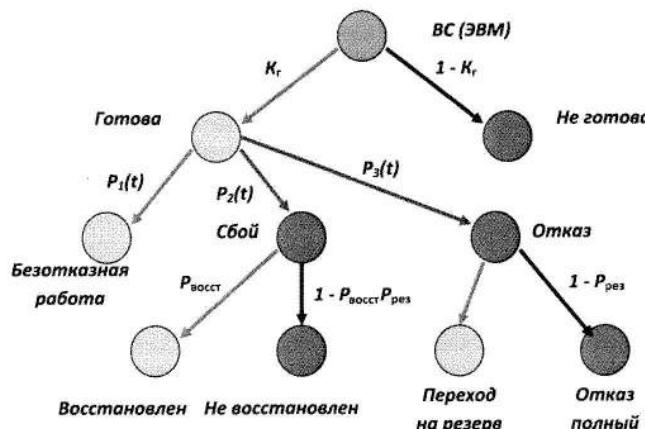


Рис. 3. Дерево логических возможностей

где $T_{\text{восст}}$ — среднее время восстановления (в том числе ремонта) после отказа. То есть к началу цикла управления с вероятностью K_r ВС приступает к решению своей задачи.

2. Если ВС приступила к решению задачи, то возможны три варианта:

- в течение всего времени t решения задачи (или t — цикл управления) ВС работала *безотказно*, т. е. без каких-либо осложнений задача решена в предположении, что программы составлены правильно;
- произошел *сбой* (не усложняя проблемы, учитывая обычную быстротечность процессов, считаем, что сбой — единственный);
- произошел *отказ*.

Сбои приводят (по классификации разработчиков МВК "Эльбрус") к *синхронным* и *асинхронным* авариям. При синхронной аварии ее вызывают преимущественно сбои в ЦП, может быть установлена и повторена команда, при исполнении которой авария произошла. При многочисленных передачах информации внутри ВС используются коды, исправляющие ошибки. Значит, в этом случае сбои также приводят к синхронным авариям.

При асинхронной аварии вычислительный процесс нарушается необратимо. При должном уровне аппаратного контроля современных ВС синхронные аварии считаются "невидимыми" пользователю — команды перезапускаются аппаратным контролем.

Напомним модель надежности на основе закона Пуассона (автор столкнулся с ситуацией, когда все знают формулы, но не знают, откуда они берутся).

Пусть λ_1 — частота сбоев (число сбоев в единицу времени), найденная как одна из характеристик данной ЭВМ; λ_2 — частота отказов; $\lambda_1 + \lambda_2 = \lambda$. Тогда λt — число сбоев и отказов за интересующее нас время t — цикл управления.

Разобьем отрезок t на множество n элементарных отрезков. Можно считать вероятность сбоя или отказа на таком элементарном отрезке равной $\lambda t/n$. Вероятность бессбоевой и безотказной работы на элементарном отрезке равна $1 - \lambda t/n$. Вероятность того, что на всех элементарных отрезках не произойдет сбоя или отказа, равна степени n этого выражения, а далее найдем предел (рис. 4).

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (1 - (1 - \frac{\lambda t}{n}))^n = e^{-\lambda t} = p_1(t).$$

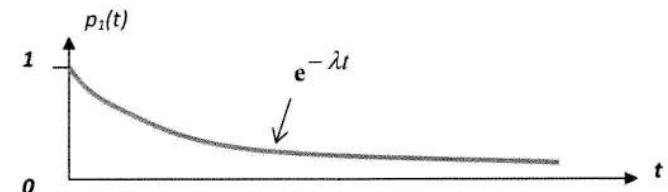


Рис. 4. Закон Пуассона

Тогда $p_2(t) + p_3(t) = 1 - e^{-\lambda t}$, и, разделив пропорционально частотам событий, получим

$$p_2(t) = \frac{\lambda_1}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t})$$

$$p_3(t) = \frac{\lambda_2}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t}).$$

Запишем полную вероятность успешного решения задачи (надежность), сложив произведения вероятностей по всем путям в дереве логических возможностей, ведущим к событиям с благоприятным исходом (см. рис. 3):

$$\begin{aligned} P &= K_r P_1(t) + K_r P_2(t)P_{\text{восст}} + K_r P_3(t)P_{\text{рез}} = \\ &= K_r (P_1(t) + P_2(t)P_{\text{восст}} + P_3(t)P_{\text{рез}}). \end{aligned}$$

Здесь присутствуют величины, которые полностью характеризуют организацию помехозащищенного вычислительного процесса.

Защита от сбоев. Самым надежным и испытанным приемом защиты от последствий сбоев является двойной просчет. Он характерен для ЭВМ, не обладающих аппаратным контролем. В случае несовпадения результатов двойного просчета задача считается третий раз.

Практически (в АСУ) времени для этого нет. Используют методы программного (алгоритмического) контроля. Например, пусть выполняется интегрирование уравнения движения летательного аппарата с необходимой точностью. После получения очередных значений координат осуществляется приближенная линейная экстраполяция для получения тех же координат на основе предыдущих положений объекта. Тогда точно полученные координаты должны попасть в определенную δ-окрестность координат, полученных приближенно. Так проводится оценка достоверности результатов, т. е. программно-алгоритмический контроль основан на способности предсказания ограниченной области, которой должны принадлежать результаты счета.

Как правило, использование сигнала аппаратного контроля заключается в следующем. Программа делится на сегменты некоторого рекомендуемого объема (по времени выполнения и по числу команд программы), разделенные *контрольными точками*. Выход на контрольную точку сопровождается запоминанием или дублированием всей необходимой информации для того, чтобы следующий сегмент мог при необходимости перезапуститься (проводить *малый рестарт*), если во время его выполнения произойдет сбой. Используют при этом и расслоение памяти, при котором запоминаются необходимые данные для рестарта в других модулях памяти, т. е. предусматривается возможность отказов модулей памяти. Рестарт с предыдущей (т. е. ближайшей) контрольной точки выполняется только в случае

сбоя и, в целом, требует затрат значительно меньших, чем двойной просчет и программно-алгоритмический контроль.

Резервирование. Применяется во всех ответственных случаях специального использования ВС. В дополнение к одной, основной, ЭВМ используют одну и более резервных. Резервные, как правило, не связаны с внешними объектами или объектами управления. С ними связана основная ЭВМ, а они могут дублировать ее работу, реализуя двойной просчет с анализом на совпадение или участвуя в *мажоритарной схеме контроля*, когда общее число ЭВМ больше двух и когда с помощью мажоритарного устройства на выходе всех ЭВМ проводится "голосование": результаты счета считаются правильными, если получены большинством ЭВМ.

Иногда резервируют не отдельно ЭВМ, а весь комплекс — ЭВМ плюс внешние устройства памяти, связи и обмена. Такой комплекс называют *линейкой*.

Различают *горячий* и *холодный резерв*.

В горячем резерве ЭВМ работает в режиме дублирования или решения вспомогательных задач и в любой момент готова взять функции основной. В холодном резерве машина отключена.

Повышение характеристик надежности управляющего ВК можно видеть на примере роста коэффициента готовности ВК. Пусть для одной ЭВМ $K_r = 0,9$.

Тогда использование двух (одна резервная) одинаковых ЭВМ обеспечивает

$$K_r^{(2)} = 1 - (1 - K_r)^2 = 0,99 \text{ ("две девятки")};$$

Использование трех (две резервные) одинаковых ЭВМ обеспечивает

$$K_r^{(3)} = 1 - (1 - K_r)^3 = 0,999 \text{ ("три девятки").}$$

Если в системе несколько ЭВМ, то каждая из них может иметь одну или более резервных. Это — *распределенный резерв*.

Но возможен *скользящий резерв*, когда несколько ЭВМ являются резервными, и каждая из них способна заменить каждую из основных. Число резервных ЭВМ в этом случае согласуется с *λ-характеристикой* ЭВМ и числом основных ЭВМ и приводит к более надежным и более дешевым комплексам. Скользящий резерв реализован в МВК "Эльбрус" с помощью избыточного числа процессоров.

Особенности обеспечения надежности ВС

Выше мы предположили, что для ЭВМ все скажанное бесспорно и во многом очевидно. Переход к многопроцессорным ВС требует дополнительных разъяснений.

С одной стороны, большой объем оборудования при недостатках элементной базы приводит к рез-

кому возрастанию сбоев и отказов в устройствах и модулях. С другой стороны, структурная и функциональная избыточность, виртуализация ресурсов, управление распределением работ, аппаратный контроль предназначены для выполнения устойчивого вычислительного процесса.

В этих условиях подвергаются сомнению сами определения сбоя и отказа. Эти определения принимаются *по согласованию между разработчиком ВС и системщиком*, т. е. с учетом требований тех задач, которые должна решать ВС в составе, например, системы управления.

Вышел из строя один из 10 процессоров ВС — отказ ли это ВС? Ответ зависит от конкретной системы, решаемых задач, временного режима их решения, от требований к производительности, принимаемых мер по обеспечению устойчивого вычислительного процесса и т. д. Произошел сбой процессора, при котором сработал малый рестарт, перезапустивший весь процесс или процесс с контрольной точки. Потери времени на этот рестарт не приведут к необратимому нарушению работы всей системы? (Т. е. это — действительно сбой или отказ?) Тем более — сбои в работе ОС или та категория сбоев, которая приводит к перезапуску ВС — к *большому рестарту*: загрузке ОС и работе с начала. В "Эльбрусе-2" большой рестарт выполняется более чем за три секунды. К чему это отнести — к сбою или отказу? Это зависит от системы, в которой используется ВС.

Таким образом, в проблемно-ориентированных ВС проблема сбоев и отказов решается комплексно в соответствии с применением ВС.

Использование в ВС большого числа однотипных устройств с учетом идеи виртуальных ресурсов вносит особенности и в понятие резервирования. Реализуется *структурное резервирование* (развивает идеи скользящего резервирования), на основе которого при отказах проводится *реконфигурация системы*: продолжение ее функционирования при изменившемся числе устройств одной специализации. В этом смысле говорят о "живучести" системы.

В соответствии с вышеизложенным, в МВК "Эльбрус-2" одним из механизмов, обеспечивающих "живучесть" комплекса, является *система автоматической реконфигурации и перезапуска при сбоях и отказах (САР)*. Она включает в себя специальную аппаратуру, распределенную по модулям МВК, системные шины, программные средства ОС.

Аппаратно выполняются следующие действия:

1) обнаружение аварии в модуле, определение ее типа, сохранение диагностической информации и приостановка работы аварийного модуля;

2) передача информации об аварии *по специальнym шинам* (а мы думали, что связь между модулями ВС — только через коммутатор!) в другие модули;

3) обработка сигналов аварии, приходящих от других модулей, и исключение аварийного модуля из конфигурации;

4) системная реакция на аварию — либо запуск специальных процедур ОС (малый рестарт), либо перезапуск комплекса (большой рестарт).

Программно выполняются следующие действия:

1) сбор и обработка диагностической информации аварийного модуля;

2) попытка вернуть его в рабочую конфигурацию в предположении, что авария — в результате сбоя;

3) сохранение в системном журнале информации об аварии.

Таким образом, в САР предусмотрены различные реакции на разные типы аварий.

Возникновение асинхронной аварии *на процессе пользователя* ведет к автоматическому исключению неисправного модуля из конфигурации и к запуску процедуры ОС, обрабатывающей аварийную ситуацию и определяющей дальнейшее течение аварийного процесса — аварийное завершение или перезапуск (малый рестарт). Остальные процессы "не чувствуют" аварийной работы. Исключение составляет случай, когда в конфигурации представлен лишь один модуль некоторого типа. Возникновение в нем аварии приводит к перезапуску всего комплекса (к большому рестарту).

Возникновение асинхронной аварии *на процессе ОС* всегда завершается большим рестартом.

Оценка надежностных характеристик ВС при испытаниях

1. Согласуют контрольную задачу (КЗ) или комплекс КЗ, с помощью которых будут проводить испытание ВС. В основу КЗ берут те алгоритмы или их аналоги, которые как можно ближе соответствуют назначению ВС в составе системы управления. Хороших показателей испытаний добиваются тогда, когда в состав КЗ включают модели управляемых объектов и, таким образом, строят замкнутый контур управления объектом. Модели объектов могут учитывать случайные возмущения, и, следовательно, управление становится реальным. Такие КЗ наглядны, результативны, бесспорны, поскольку опираются на принцип "удача—неудача".

2. Согласуют определение основных событий и состояний. Например:

- малый рестарт считать обнаруженным сбоем с восстановлением;
- "неудачный" цикл управления считать сбоем без восстановления;
- большой рестарт считать отказом, где его время — время восстановления;
- выход из конфигурации числа процессоров, снижающих более чем на 20 % производительность ВС (2 процессора из 10 в МВК "Эльбрус-2") считать отказом;
- реконфигурацию, не снижающую более чем на 20 % производительность, считать отказом с переходом на резерв;

- аналогичные соглашения принимаются и на счет памяти, внешней памяти, ПВВ и ППД, обеспечивающих выполнение КЗ.

3. Объявляют *прогон* — циклическое непрерывное решение КЗ (комплекса КЗ) в течение значительного времени (например, пяти суток), достаточного для набора статистики.

4. Набирают статистику по ВС в целом и по группам устройств. Обычно разграничивают *центральную часть* и *периферию*. Непосредственно снимают те показатели, о которых говорилось выше:

- среднее время T_0 безотказной работы;
 - среднее время $T_{восст}$ восстановления;
 - частоту λ_1 сбоев; из них — число "восстановленных" для определения $P_{восст}$;
 - частоту λ_2 отказов, из них — число приведших к успешной реконфигурации для нахождения $P_{рез}$.
- По приведенным выше формулам мы можем получить необходимые показатели надежности.

Кто еще?

Выше как-то выпал из рассмотрения один долго разрабатываемый проект ИТМ и ВТ, поддерживаемый военными. Это — модульный конвейерный процессор (МКП). Его главным конструктором был А. А. Соколов, один из разработчиков БЭСМ-6 и главный конструктор ее модификации для применения в управляющих системах — АС-6. Основная идея МКП заключалась в возможности подключения процессоров различной специализации. Я должен добавить, что отдел, в котором я тогда работал, сопровождал разработку МКП, предполагая ее применение в составе МВК "Эльбрус" в качестве спецпроцессора обработки радиолокационной информации.

Помню некоторые характеристики: умножение выполнялось на шестнадцати уровнях конвейера, деление — на тридцати двух.

У МКП было несколько счетчиков команд, и на едином поле памяти в процессоре выполнялись до четырех потоков команд.

Проект, по мнению В. С. Бурцева, был закрыт необоснованно.

Начальник подразделения, где я работал, член Государственной комиссии и, кстати, один из разработчиков транслятора на М-500 — Валентин Васильевич Пивоваров — был "своим" человеком в ИТМ, но он стимулировал и более "широкий фронт работ" в обосновании архитектур высокопроизводительных вычислительных систем.

Первые такие работы по архитектуре *data flow* я с соразработчиками публиковал в "желтой прессе" — в журнале "Вопросы кибернетики", редактируемом В. А. Мельниковым и Ю. Г. Дадаевым. С Ю. Д. мы ранее вместе работали в отделе В. М. Бахарева, и, конечно, это он "проталкивал" наши статьи.

Благодаря Ю. Дадаеву мы были в курсе дел по очередному копированию, попытке вновь "догнать

и перегнать", — по разработке ЭВМ "Электроника ССБИС". Сначала это было тайной, связанной с именем известного академика, но вскоре выяснилось, что копируется первая, быстро устаревшая модель С. Крея. Жаль, что это делал В. Мельников, автор лучшей советской машины БЭСМ-6.

Некоторые изменения заключались в том, что, например, в буфере команд были представлены не четыре программы, а шестнадцать. Вместо двенадцати конвейерных исполнительных устройств использовали шестнадцать и др. Привлекательность векторно-конвейерного принципа обработки данных, на который возлагались надежды в достижении высокой производительности, в сочетании с механизмом "зажелания" векторов, вызвали многочисленность работ по "векторизации" задач, т. е. по максимальному сведению известных методов вычислений к алгоритмам обработки массивов — векторов...

Еще в 1978 г. в газете "Известия" появилась статья, восторженно известившая о том, что создана "двухсотмиллионная" машина ПС-2000. Ее создание (ИПУ АН СССР) связано с именами И. В. Прангишивили, С. Я. Виленкина, И. Л. Медведева и др. Машина была довольно ладная и демонстрировала отечественные достижения в области микроэлектроники. Она использовала микропроцессоры с производительностью в три миллиона операций в секунду. Действительно, на фоне тех представлений машина была мала. "Найдите, где здесь ПС-2000?" — задал загадку В. В. Игнатушенко, показывая забытый разной аппаратурой зал. Затем была выпущена модификация ПС-2100. Однако эти машины были векторными и могли, по задумке авторов, составлять лишь спецпроцессор — "интеллектуальный терминал".

Сам Владислав Валентинович Игнатушенко стал идеологом многопроцессорных вычислительных систем с общим решающим полем. Машины с таким частично реализованным принципом были выпущены: ПС-3000, ПС-3100. По выражению В. И., задача заключалась в разработке хорошей машины на плохих элементах.

Коллектив разработчиков ЕС ЭВМ оказался в пленах своих архитектурных ограничений, и робкие заявки относительно матричных ВС оказались несостоятельными.

Много предложений по архитектуре параллельных вычислительных систем пропагандировалось в разное время. Были предложения, которые некоторое время даже рассматривались военными, например, ереванский проект многопроцессорной вычислительной системы. Предполагалась более низкая ее стоимость.

Некоторое время рассматривался проект одного харьковчанина. Он считал, что все на свете алгоритмы можно свести к матричным преобразованиям, и предлагал специальную матричную (не в общепринятом смысле) архитектуру. Осталось в памяти

ика
и с
ни
яла
ов,

то,
не
ад-
ис-
стъ
ин-
ке-
и с
ю-
. е.
лов
—

ья,
ух-
ие
ин-
др.
гла
кт-
ро-
се-
ий
—
би-
на
или
ав-
ый

ко-
ть-
и с
ли
ию
ей

т в
же-
е-

ть в
ко-
той
ее

яго
то-
им,
те-
ти

тие

его описание обобщенной матричной обработки, примечательное использованием двойной индексации слева и справа внизу, а также слева и справа сверху. Это могло бы войти в книгу рекордов Гиннеса. С "мехматовским" образованием я дальше второй страницы отчета продвинуться не смог.

Но многие проекты были либо "бумажными", либо теоретическими моделями, либо не преодолевали экспериментальный уровень. "Предлагают, — пусть сделают!" — жестоко комментировали деятели ИТМ, зная, что деньги на разработку дадут только им.

И все эти матричные, векторно-конвейерные, динамические, с перестраиваемой структурой, потоковые проекты порождали интересные доклады на представительных конференциях и школах, которые "итээмовцами" посещались весьма неохотно. ... Все считали себя единственными правыми и перспективными. Я тоже...

Занимаясь теорией распараллеливания, я участвовал в поиске эффективных архитектур. Под влиянием настойчивой пропаганды принципа *data flow* — управления потоком данных в так называемом "Японском вызове", опубликованном у нас в 1980 г., я предложил что-то среднее между последовательным анализом команд и "чистой" потоковой их обработкой. Рассказал как-то Б. Бабаяну. Он согласился, что система "работать должна" и предложил рассказать "ребятам" на семинаре. Когда кто-то что-то переспросил, Ю. Х. Сахин пояснил: "Ну, это — как в "Эльбрусе".

Прошло много времени, и однажды, чтобы пресечь мои пополнования в защиту принципа *data flow*, а главное, "в пику" очередному проекту В. С. Бурцева, Ю. Сахин сказал: "Мы подготовим письмо в Президиум РАН, чтобы запретили даже использование этих слов". Жаль!

Впрочем, скоро я стал понимать, что во избежание подавляющих накладных расходов на организацию параллельных вычислений поиск эффективных архитектур, заключающих в себе функции распараллеливания, надо искать на пути реализации универсального и простого принципа "одна программа — много потоков данных" (*SPMD*-технология). Этот принцип интуитивно привлекает даже математиков, смутно ориентирующихся на применение многопроцессорных вычислительных систем или вычислительных сетей. Создавая или модифицируя методы вычислений, они строят их так, чтобы можно было запустить на всех исполнительных устройствах одну и ту же программу, обрабатывающую различные данные, возможно, по разным ветвям. При этом предполагается синхронизация (без обращения к операционной системе!) использования общих данных.

Я попытался свести в один пакет все параллельные алгоритмы решения оптимизационных задач высокой сложности, которые довелось разработать в процессе исследования, а также преподавания,

принципов организации вычислений в вычислительных системах и сетях. Размер пакета внушителен и служит основой многочисленных и безрезультатных предложений по разработке и применению. Таким образом, с чего начинал в университете (под руководством замечательного молодого старшего преподавателя В. М. Гурьянова), к тому с неизбежностью пришлось вернуться вновь!

Считаю, что аппаратная поддержка такого принципа реальна и проста, что показывает экспериментальное программирование. Эти выводы и разработки я собрал в книге "*Grid-вычисления*", которую публикую в издательстве *LAP Lambert Academic Publishing*.

Теперь трудно определить место былой концепции суперЭВМ: мощные персональные компьютеры зарубежного производства и рабочие станции, объединенные в сети, вытеснили ее в значительной степени. Выше я говорил, что под руководством А. С. Шаракшанэ участвовал в проекте одной системы материального обеспечения ПВО. Идея "не тянула" на суперЭВМ, и было решено использовать несколько компьютеров средней мощности ЕС ЭВМ. Я отвечал за организацию вычислительного процесса.

Прошли годы. Проект реализовали другие. Придя однажды на заседание Ученого совета, я увидел среди плакатов соискателя свою схему и насторожился. Но выяснилось: да, схема моя, но реализована она на персональных компьютерах, связанных в локальную сеть.

... Вообще считаю, что надо больше экспериментально программировать конкретные задачи. Предлагаешь (предполагаешь) архитектуру — программируй, исследуй эффективность, реальную полезную загрузку оборудования, универсальность, информационную плотность объектного кода, возможную модификацию методов вычислений и т. д. Правильно следовать по цепочке: метод распараллеливания — метод вычислений — параллельная архитектура — программа — эффективность...

Сегодня мировую актуальность обрела проблема виртуальных параллельно-распределенных вычислений в компьютерных сетях и даже в сети Интернет. Вы формулируете заявку — ей автоматически выделяются необходимые ресурсы, и вам сообщается результат решения. Крупные фирмы уже разрабатывают необходимые средства поддержки.

Но ведь значительно раньше, до этого бума, имеющего *Grid*-технологией, я опубликовал в Приложении к журналу большую статью о параллельных и сетевых методах решения ряда оптимизационных задач. Это составляет часть того пакета, о котором я говорил выше. Как упоминалось, основой решения этих задач является *SPMD*-технология, на принципы практической реализации которой мне также удалось выйти самостоятельно. Когда в 1986 г. я опубликовал статью об архитектуре, реализующей эту технологию, я назвал ее монопрограммной,

локально-асинхронной вычислительной системой. Спустя несколько лет мои аспиранты обнаружили в сети Интернет эту идею под названием *SPMD*-технология. Что ж, я подстроился и стал использовать это название, надеясь на более широкое понимание.

И теперь, слушая доклад об идее *Grid*-вычислений, мой бывший аспирант доцент Б. Желенков шепнул: "Но ведь это эффективно можно сделать только на основе *SPMD*-технологии!" Он как раз и занимался ее практической реализацией. Почему получается так, что наши идеи завоевывают наше признание только тогда, когда возвращаются "оттуда"? Все тот же принцип "нет пророка в Отечестве своем"?

С сожалением следует отметить снижение в стране интереса к научной работе, прежде всего, из-за низкой оплаты труда. Мой аспирант В. Л. занялся интересной частной проблемой — распределенным решением, по разработанному мною параллельному алгоритму, задачи линейного программирования на вычислительном комплексе, сформированном на основе произвольно выделенных рабочих станций локальной вычислительной сети, т. е., говоря современным языком, частной проблемой *Grid*-вычислений. Уже получив интересные результаты, которые осталось приложить, обобщить и оформить, В. Л. так ничего и не сделал, а я потерял на то надежду. Ведь каждый аспирант вынужден где-то работать, а хорошее место требует большой нагрузки. "Кому какое дело теперь до этих трех букв — к. т. н. (кандидат технических наук), если я хорошо работаю", — сказал он мне в оправдание.

Важной идеей в рамках той же *Grid*-технологии можно считать идею "встречного" движения информации в сети для минимизации среднего времени выполнения запроса к базе данных. В частности, это касается интегрированных баз данных с циркулирующей между серверами информацией — для существенного улучшения характеристик систем "клиент—сервер". Теоретические результаты уже опубликованы.

И все же следует предположить, что концентрация больших вычислительных мощностей суперЭВМ в составе сети Интернет для выполнения заявок на счет представляется перспективной.

...Прошло время, и назревала "перестройка". Как-то в 1985 г. новый директор ИТМ и ВТ Г. Рябов (тот самый, что участвовал в разработке контрольной задачи) предложил: "А., а не пора ли тебе перейти в ИТМ?" Я подпрыгнул от радости, и на другой день помчался к нему на прием. "Иди к ребятам Б. Бабаяна и разговаривай о своем месте". Я не смог сразу попасть к Б. Б. и направился к тогда его "правой руке" А. Плоткину, с которым ранее работал. "Уходи отсюда! Уходи!" — закричал он и даже высунулся за дверь посмотреть, куда я пойду. Я понял, что Г. Р. хочет внедрить своего человека в коллектив Б. Б., а те ни за что не согласятся. Стало обидно, но при таких обстоятельствах я и сам бы не пошел...

К сожалению, внутренняя борьба, ставшая традиционной, раздирала коллектив института, призванного разрабатывать передовую отечественную технику, в который я неоднократно пытался устроиться. Эта борьба породила множество институтов и отдельных коллективов. Хорошо это или плохо?

Вскоре после этого эпизода Всеволод Сергеевич Бурцев, директор уже нового института, пригласил к себе нас с Валерием Владимировичем Шиловым — основных разработчиков архитектуры *data flow* — доложить о том "бумажном" проекте, по которому мы публикуемся до сих пор. Проект ему не понравился: он основывался на компромиссе параллельных и последовательных вычислений, до которого следовало "созреть". Ведь идеальная схема *data flow* заменяет одно "узкое место" другим, делая многочисленные попытки реализации не практическими. Однако В. Бурцев предложил работать у него. Я понял, что его, в частности, интересует модификация программного обеспечения МВК "Эльбрус-2", способная вывести комплекс на мировой рынок. И вновь я обрадовался. Однако его непосредственная "правая рука", убежденная в нежелательности моего прихода, нарисовала мне столь неприглядные перспективы оплаты труда, что я отказался.

...Уже накануне обвальных реформ, в 1991 г., когда надежда на прогрессивную их направленность готова была вызвать творческий научный подъем, я дал предварительное согласие на участие в разработке микропроцессорных систем при ИПУ — Институте проблем управления. Инициатива исходила от предприимчивого ученого Эмина Мусаевича Мамедли. Через несколько лет, на похоронах Ю. Г. Дадаева, я спросил его, как продвигаются организационные дела. Он горько пошутил, обобщенно представляя возражения гипотетического ответственного чиновника: "Ты что хочешь, чтобы вместо командировок в США я ездил к тебе на Профсоюзную, 65 (адрес ИПУ)?"

Нейрокомпьютеры

В упомянутом "Японском вызове" утверждалось, что только внедрение средств искусственного интеллекта, в частности нейросетевых технологий, позволит достичь сверхвысокой производительности вычислительных средств.

В самом конце 80-х годов в рамках одной из Генштабовских НИР была создана группа ученых, призванных исследовать возможность применения нейронных сетей в системах вооружения.

Инициатором широкого фронта работ в теоретических и практических направлениях создания нейрокомпьютеров стал Александр Иванович Галушкин. В вышедшей в 2010 г. его книге "Нейронные сети: основы теории" подведен итог многолетних поисков в этой области.

и
-
ю
г
-
я
?
ч
л
—
и
-
у
-
з
-
о
w
-
и.
-
я
",
к.
-
и
-
.,
г
-
4,
-
3-
-
2-
-
1-
-
9-
-
5-
-
0-
ы
иа

Прошло много лет, и я попросил Александра Ивановича о поддержке в публикации логических нейронных сетей. Тогда, вспомнив былое, он сказал: "А мы бы тогда сделали!" Сейчас он горячо пропагандирует идею создания "эксфлопного" суперкомпьютера на основе воплощения эквивалентной высокой производительности нейросетевых методов вычислений. Предполагается на процессорных ядрах, выполняющих 10^8 оп/с, создать систему, эквивалентную производительности 10^{18} оп/с.

Мое участие в тех работах ограничивалось вопросами архитектуры. Однако личное впечатление от соприкосновения с изучаемой проблемой можно выразить словами: "Если мне когда-то доведется этим заниматься, то следует делать не так".

Главной особенностью "классических" нейронных сетей является то, что сигналы на входе (на рецепторном слое) формируются на основе числовых данных. Это затрудняет совместный анализ в рамках одной системы принятия решений объектов разной природы, типов, размерности и т. д. Практика показала, что, следуя такому пути, можно строить спецпроцессоры, решающие частные задачи. Известны банковские программы, использующие нейросети. В ПРО таким спецпроцессорам место найти трудно.

В конце 90-х годов проректор по информатизации МИИТ Г. С. Загорский (потом, из некролога, я узнал, что он был специалистом в области энергетики, а не информационных технологий) поставил задачу организации курса "Нейроинформатика" на кафедре "Вычислительные системы и сети". Тогда и пришлось вернуться к данной проблеме.

Предложенные мною логические нейронные сети основаны на логическом описании систем принятия решений. Возбуждение нейронов рецепторного слоя формируется на основе достоверности высказываний о принадлежности данных. Это открывает самые широкие возможности применения.

Действительно, не самими данными оперирует мозг, да еще — численными. В основе работы мозга лежат математическая логика и теория вероятностей, в совокупности образующие математическую логику событий.

В период, когда МИИТ устанавливал научные связи по созданию инновационных технологий с передовыми техническими университетами Франции, состоялся обмен делегациями, был составлен протокол о намерениях, определились контакты по интересам — для совместных работ...

В тот период один французский ученый спросил, что я думаю насчет применения векторной ВС в качестве нейрокомпьютера? Моя внучка, студентка кафедры и переводчица, пояснила, что на множестве процессорных элементов придется воспроизвести структуру нейронной сети — в соответствии с потоком данных. А это очень трудно эффективно реализовать с помощью векторных команд. Я добавил, что векторная система может быть эфек-

тивной при обработке однослойной нейросети, где такая обработка сводится к многократному расчету скалярных произведений векторов. А поскольку логические нейронные сети сводятся к однослойным, то из векторной ВС можно получить вполне хороший супернейрокомпьютер, реализующий режим распознавания (рабочий режим). При этом следует обязательно отразить в составе команд такого процессора процедуру "сборки массива" способом "пирамиды" для счета скалярного произведения.

В соответствии с наметившимися контактами, не теряя времени, я направил во Францию проект статьи, стараясь популярно, для неподготовленного человека, изложить суть систем принятия решений на логических нейронных сетях.

Следует отметить главное: обработка нейронной сети, представленной таблично, весьма примитивна. Она действительно может выполняться в ВС, в состав которой, в качестве "интеллектуального терминала", входит векторный процессор — нейрокомпьютер.

На отправленный материал ответа не последовало.

Что ж, мы и сами забываем о том, что только вчера были Великой Державой, и нам было дано то, что недоступно другим...

Вот и сказке конец...

Нельзя ограничиваться только технической стороной дела. Ведь весь опыт развития, а главное, использования суперЭВМ показал значительную, просто подавляющую дистанцию между "пиковой" производительностью и производительностью реальной.

Например, копирование в 80-х годах С. Крея ("Электроника ССБИС") при тех замечательных "теоретических" характеристиках, достижимых при гипотетически полной загрузке оборудования, на деле вылилось в конфиденциальную оценку Ю. Г. Дадаева:



Ю. Г. Дадаев

— Старик, это, конечно, секрет, но на реальных задачах получается примерно четыре миллиона операций (в секунду), а с векторными операциями — миллионов восемнадцать.

Только с конкретными задачами, нуждающимися в разработке новых параллельных методов решения (предложенные при обучении на мехмате методы вычислений ориентированы на вычислителя, крутящего ручку арифмометра!), следует связывать реальную производительность.

В те же годы обсуждался проект "Эльбрус-3".

Накануне М.С. Горбачёв посетил один из подмосковных объектов ПРО, где ему были "залиты полные баки" техническим оптимизмом по части предстоящих задач. Это воплотилось в лозунг партии и правительства: "Даешь суперЭВМ с десяти-миллиардной производительностью!" (В выступлении М. Г. почему-то возник некий подмосковный коллектив, способный решить эту задачу.)

Подобный лозунг теперь встречал каждого входящего в вестибюль ИТМ и ВТ. Проект достижения этих требований под руководством Б. А. Бабаяна оказался прост, как одуванчик:

1) при такте 10 нс семь конвейерных исполнительных устройств одного процессора способны "давать" 700 млн оп/с.

2) ставим 16 таких процессоров — вот вам аж 11,2 миллиарда! (Что более чем на 10 % и т. д...)

Вот яркий пример достижения "пиковой" производительности!

Коллектив, в котором я работал, был достаточно опытен и критически относился к подобным заявлениям. Основным аргументом было то, что на реальных задачах такой идеальной загрузки устройств быть не может. Даже тест такой трудно придумать.

Помню, на одном совещании возникла некоторая "торговля". Прозвучало предложение Б. Бабаяна: "Ну давайте считать, что два устройства из семи в каждом такте загрузить-то можно!"



Б. Б. Бабаян

В данном проекте реализовалось так называемое "длинное командное слово" (*VLIW*), или, иначе, предполагаемая архитектура объявлялась как архитектура с "управлением каждым тактом машины". Короче, это означало, что в длинном командном слове, поступающем на обработку в такте, в соответствующих позициях указывалось, к началу выполнения какой операции должно приступить исполнительное устройство.

Этим проект отличался от проекта "Эльбрус-2", где на основе безадресной системы команд исполнительные устройства процессора загружались автоматически.

В рамках одной из научных тем (но не по заказу разработчика), используя опыт исследования 5Э73, тоже обладавшей "длинной" командой, содержащей всего лишь три позиции, я занялся оптимизатором-компоновщиком длинных командных слов для процессора "Эльбрус-3" как последним этапом работы транслятора. Я убедился, какая "дырявая" программа получалась в этой *VLIW*-архитектуре!

Мало того, что в одном такте мало кого можно загрузить. Связность данных, выражаясь в последовательном получении и использовании промежуточных результатов, отсутствие "пищи" для распараллеливания приводят к образованию большого числа "*NOP*ов" — *no operation*, пропусков тактов.

Загрузка оборудования при решении конкретной задачи отображает внутренние свойства алгоритма и мало зависит от архитектуры вычислительной системы. Однако "разоблачать" алгоритм, явно задавая "дырявую" программу, не следует, ибо программа должна быть компактной, что опять-таки благотворно влияет на скорость ее выполнения.

По-видимому, эти соображения привели к использованию идеологии *EPIC*-архитектуры — архитектуры "с явным параллелизмом команд", по сути использующей "упакованные" длинные командные слова". Все последующие разработки под руководством Б. Б. ориентировались на эту архитектуру.

Сказанное выше еще раз убеждает меня в правильности того, что я говорю студентам: "Не покупайтесь на высокую "пиковую" производительность, исследуйте реальную производительность *на ваших задачах*".

То же самое можно сказать о многих случаях, когда предлагаются и простые, и сложные структуры вычислительных средств, в том числе современные микропроцессорные. Если эти предложения никак не соотносятся с решаемыми задачами, они бесперспективны. Ведь только решаемые задачи определяют то, что им требуется. Они диктуют возможности и способы распараллеливания, систему команд, приемы синхронизации, обмен и взаимодействие и даже надежность. Обобщение этих требований обуславливает техническую и программную (возможно, микропрограммную) реализацию в конкретной разработке.

за-
че,
их-
ны".
ном
от-
вы-
ис-
-2",
юл-
ав-
казу
Э73,
яжа-
иза-
лов
пом-
вия"
ре!
жно
по-
зже-
рас-
дого
юв.
рет-
лго-
ель-
ивно
тро-
гаки
я.
ис-
—
, по
ко-
под
рхи-
прав-
оку-
ель-
ость
аях,
гурь-
ные
якак
бес-
оп-
воз-
гему
тмо-
треч-
имм-
цию
ке-
ние

Здесь уместно сказать об универсальности исполнительных устройств процессора.

Сложилась некоторая традиция, когда повышение производительности процессора связывают с использованием исполнительных устройств разной специализации. Например, арифметико-логическое устройство одного процессора "Эльбрус-3" (и его развития) состояло из двух устройств сложения, двух — умножения, одного — деления и двух логических. Это налагает еще более жесткие требования к распараллеливанию. Ну нет в живых алгоритмах того, чтобы при этих ограничениях эффективно загружать оборудование! Вот если устройства универсальны, то больше надежды.

Например, решим проблему оптимального ветвления с использованием памяти предикатов при решении задач сортировки или поиска. Можно плотно загружать устройства, правда, организуя спекулятивные вычисления, но какие? — необходимые только для сравнений и пересылки данных. А другие-то устройства стоят! А если бы они все были универсальны, то все бы и работали...

Важен еще один аспект, о котором я упоминал раньше: удельный вес участия операционной системы в ходе вычислительного процесса.

Только на основе глубокого вскрытия механизмов распараллеливания можно "загнать" значительные накладные расходы на уровень системы команд, значительно снизив число прерываний.

Я упоминал о том, что в начале 80-х годов интенсивно исследовался так называемый "Японский вызов", составным элементом которого был принцип *data flow*, причисленный к "не-фон-Неймановским" архитектурам. Исследования быстро показали, что попытка его идеального воплощения приводит к замене "шила на мыло", к замене одного "узкого горла" — счетчика команд — другим таким же "горлом" — интенсивным адресуемым обменом.

Однако в науке и технике ни одна идея не проходит бесследно. Несомненно, должно быть ей место на основе компромисса. Ведь изначально-то она хороша!

Вот посмотрите: чтобы программа могла выполняться, ее необходимо переписать с внешнего устройства, например с жесткого диска, в оперативную, прямо адресуемую память. На диске даже тип данных — файл, обрабатываемый последовательно со своего начала. А что, если одновременно с последовательным "закачиванием" программного кода в оперативную память проводить взаимную коммутацию исполнительных устройств, в том числе устройств взаимодействия с памятью данных, для выполнения этой программы?

Получается, что исходная программа является лишь программой коммутации. Она выполняется традиционно, с использованием счетчика команд. Исполнительные же устройства, составляющие решающее поле, асинхронно выполняют сообщенные им операции, как только в текстах этих опе-

раций появляются все необходимые данные. Даже условные операторы реализуются без условных переходов. И все — само собой, без всякой операции и какой-либо экзотики!

Однако, как говорилось ранее, В. С. Бурцеву эта идея не понравилась. В то же время, как потом выяснилось, он, после долгих исследований архитектуры *Connection Machine*, искал там же...

...В интервью (СуперЭВМ в России. История и перспективы) Вс. Б. довольно подробно говорит о настойчивых исследованиях в области построения суперЭВМ на основе оптической элементной базы. Он упоминает о том, что проект был успешно защищен в 1994 г.

"Мы определили возможности использования оптики в суперЭВМ — это системы связи и коммутации. На основе оптических принципов разработали чрезвычайно интересную архитектуру — она предусматривает новую организацию вычислительного процесса, исключение человека из распределения вычислительных ресурсов, структурную надежность".

Не знаю, о том же или о другом проекте я буду говорить ниже...

В начале нового тысячелетия, от имени заинтересованных членов коллектива Б. Бабаяна меня попросили о сотрудничестве в выполнении некоторой научной работы, более сподручной для меня. Я представил некий план-проспект, где, конечно же, рекомендовал те разделы, которые были созвучны моим исследованиям. Предложения я должен был обсудить с Ю. Х. Сахинным.

Незадолго до этого обсуждения я был свидетелем некоторого действия. Ответственный сотрудник фирмы, самого высокого ранга, лично таскал откуда-то со двора многочисленные тома и складывал в конце т-образного стола Ю. С. По радостно-хищному выражению лица я догадался о предстоящей интересной работе по "раздолбаю" всего представленного. Я тогда ничего не спросил.

Теперь же, во время обсуждения, Ю. С. с негодованием обнаружил в представленном мною тексте такие слова, как *data flow*, потоковая обработка. Вот тогда-то он и произнес те слова, которые я упоминал ранее:

— Мы напишем письмо в Президиум РАН, чтобы даже слова эти запретили!

Говоря это, он почему-то указал рукой в конец стола, где ранее лежали те самые тома. Я связал это с традиционной, застарелой борьбой с В. Бурцевым. Может, я ошибаюсь...

Необходимо отметить современное понимание проблемы построения суперЭВМ, что хорошо осветил Всеволод Сергеевич. Это следует воспринимать так: одни делают хорошие микропроцессоры, другие комплексируют их в хорошие вычислительные системы. Тут и унификация, и стандартизация, и надежность. Такое разделение труда полностью определилось сегодня. Однако исходной и

выходной посылкой должна быть эффективность вычислительного процесса.

Ведь "отец суперЭВМ" С. Крей прошел именно этот путь, закончив его разработкой мультипроцессорной системы на "чужом", *Sun*-овском микропроцессоре!

Отмечу еще: сами задачи, сами методы вычислений, модели управления, вся интуитивная деятельность математиков, прикидывающих, как это будет выполняться, диктуют оптимальную архитектуру. Надо только прислушаться.

Понимание этого привело к глубокому убеждению, на уровне веры, что *SPMD*-архитектура способна эффективно удовлетворять самые разнообразные запросы пользователей. Это распараллеливание по информации, самым естественным образом реализуемое в математике, управлении, моделировании, обработке изображений, в сетевых технологиях — везде. Системы на таких принципах универсальны, собираются на процессорах одного типа, микропрограммная система команд (*RISC*-архитектура) исключает операционную систему, просто — на уровне этих же команд — реализуется синхронизация при использовании общих данных. Система легко "врезается" в любую операционную систему и может быть применена даже как приставка к персональному компьютеру. А разве не привлекателен сам принцип работы, когда пишется или транслируется единственная программа, которая запускается на всех процессорах, асинхронно, возможно по разным ветвям, работает по разным данным и синхронизируется по общим данным!?

Итак, после всех революционных преобразований в стране, превративших ее в Территорию, вряд ли уже способную перенести очередную революцию, единственным коллективом, реально стоящим на позициях разработки суперЭВМ, следовало считать коллектив под руководством Б. А. Бабаяна.

По-видимому, правильный курс был выбран — курс поиска зарубежного покровителя. Я не знаю всех подробностей взаимоотношений Центра *SPARC*-технологий с фирмой *Sun-Microsystems*, хозяином этих технологий. В. Бурцев упоминает о том в своем интервью.

Я помню, как в середине 90-х годов в МИИТ разнеслась весть о том, что Б. А. Бабаян сделает доклад. Я не присутствовал, ибо о содержании догадывался. Затем аналогичный доклад-продолжение сделал Ю. Х. Сахин. Я говорил преподавателям кафедры: "Пойдите, это интересно". Но никто не пошел. Присутствовали нерадивые студенты, которые не знали, что занятия перенесены.

Конечно, попытка заинтересовать МПС была правильной, но вопреки традиции. В МПС всегда ориентировались на ЕС ЭВМ. Даже до последнего времени потребности в сконцентрированной высокой производительности удовлетворялись с помощью *IBM-390*, а связи с фирмой *IBM* нерушимы.

Однако Центр как-то держался на заказах побочного характера, по-разному анонсируя (цивилизованному миру) свою основную разработку с вариантами названий: "Эльбрус-3М", "Эльбрус-2000", "E2k".

Существовало сложившееся в борьбе странное совмещение: весь коллектив *SPARC*-центра входил в состав ИМВС РАН — Института микропроцессорных вычислительных систем под руководством того же Б. А. Бабаяна, по пути "скушав" аналогичный институт В. С. Бурцева.

Я — весьма посредственный наблюдатель их деятельности, так как был всего лишь членом докторской диссертационного ученого совета. Был непосредственной заинтересованности уже не существовало...

В феврале 1999 г. в журнале *Microprocessor Report* вышла статья Кита Дифендорффа с названием в переводе "Русские идут". Журнал публикует информацию только о промышленных разработках и новых разработках, близких к реализации. Статья была переведена, снабжена предисловием и распространена в коллективе Б. Бабаяна и "близких" людей. Достался экземпляр и мне.

Известный разработчик микропроцессоров рассматривает роль проекта "Эльбрус" в связи с другими передовыми проектами.

В разделе "Объявленная производительность впечатляет" автор дипломатично говорит: "Заявления Бабаяна по E2k показались бы невероятными, если бы не доверие, которое вызывает команда Эльбрус".

Далее анализируются несомненно удачные решения, даже размножение конвейера по предварительной команде условного перехода. Действительно, впечатляют меры по одновременному выполнению большого числа операций (вспомним разницу между пиковой и реальной производительностью). Отмечается правильность решения о двоичной компиляции на популярные микропроцессоры — чтобы пробиться на мировой рынок.

Однако вторая часть статьи (редакторы перевода выполнили ее в другом цвете) вселяет уныние безжалостной пророческой реальностью.

Как говорят на партсобрании, разрешите привести выдержки без комментариев.

"Существует все же небольшая причина подозревать, что команда Эльбруса преувеличивает возможности своего процессора, но не более чем какая-либо другая компетентная команда разработчиков за год до запуска своего изделия в производство".

"Было бы поистине стыдно, если талант разработчиков Эльбруса, технология E2k и компиляторы были бы потеряны из-за отсутствия каких-то нескольких десятков миллионов долларов. Но шансы на то, что предмет гордости и восхищения Эльбруса будет воплощен в кремнии, увы, весьма небольшие. Развал Российской экономики не оставил особых надежд Эльбрусу найти финансирование

их по-
вили-
с ва-
2000",
анное
ходил
юцес-
ством
огич-
ль их
еном
непо-
шест-

Report
ием в
т ин-
гах и
татья
и рас-
зких"

в рас-
дру-

ность
ления
, если
брус".
е ре-
вари-
стви-
у вы-
мним
води-
ния о
опро-
юк.
евода
е без-

при-
одоз-
г воз-
; чем
изра-
про-

изра-
тторы
о не-
лансы
брока
боль-
ставил
вание

ижение

на родине для начала атаки на *Intel*. А инвесторы в США не имеют особого желания финансировать кого-либо, кто по своей наивности собирается конкурировать с *Intel*. (Бедные русские, смелые в неведении своем.)"

"Хотя хорошая архитектура может быть преимуществом, она не сможет в долгосрочной перспективе скомпенсировать отставание в кристальной технологии. Это предполагает, что команда Эльбрус должна пытаться найти партнеров среди крупных производителей полупроводников, таких как *AMD*, *IBM*, даже *Intel*... Однако эти компании уже выбрали свои дороги и неохотно согласились бы на изменение курса..., не говоря уже о синдроме *NIH* (*Not Invented Here* — не я придумал) ...наиболее слабым местом компаний, кроме недостатка ресурсов, является недостаток опыта в реализации чипа с многими миллионами транзисторов на современной КМОП-технологии".

"В крайнем случае, компания могла бы лицензировать технологию существующим производителям *RISC*, таким как *Compaq*, *IBM* или *Sun*, а затемтих угласнуть в Российском закате".

"Быть может, это совпадение, а может быть и нет, что *E2k* имеет удивительное сходство с *IA-64*, и что один из руководителей *HP Peter Rosenbladt* был в Москве на встрече с Бабаяном 19 августа 1991 г., в то время, когда основанный на *EPIC* технологии суперкомпьютер Эльбрус-3 уже был изготовлен (и танки грохотали по Российской столице во время, теперь уже печально знаменитого, путча)".

"...*E2k* является напоминанием того, ...что компьютерная архитектура не является исключительной монополией Запада... *E2k* также демонстрирует, что еще не все хорошие идеи в компьютерной архитектуре были использованы в микропроцессорах".

Вот оно, наконец, то самое вызывающее боль упоминание о тихом угасании в российском закате. Насколько пророческими оказались эти слова! Ведь поглотила могучая фирма *Intel* лучшую творческую верхушку коллектива Б. Бабаяна. Поглотила, скопее всего, чтобы разжевать и выплюнуть, усвоив пригодную собственность и продемонстрировав ту самую "утечку мозгов" молодых и перспективных, так выхолащающую Россию...

Последними судорогами коллектива при участии так же борющихся, "выживающих" военных была разработка вычислительного комплекса "Эльбрус-90микро" — долга конца 80-х годов. Заинтересованность в этом проекте оказалась значительно более широкой. Ведь на самом верху тоже полезно показать, что Россия существует! Вот она — пошла! Разработчики получили награды, звания заслуженных конструкторов и другие ласки.

Не без сомнения приняв к сведению успех, я решил приобщить к новой разработке студентов, полагая, что конструкторы также заинтересованы в широкой рекламе, в обучении их технике.

Я обратился к Ю. Сахину с предложением организовать учебный процесс или хотя бы экскурсию. Он ответил немедленно:

— А., знаешь, что это за штука? Это вот что, — он указал на компьютер на своем столе, *Sun*-овскую рабочую станцию *SPARC*-архитектуры, — в крепком корпусе, чтобы бросать можно было...

Вскоре в юбилейном номере известного журнала по информационным технологиям вышла статья, фактически признающая эту версию. Но более глубокую подспудную историю сообщает В. С. Бурцев, подчеркивая, что коллектив Б. Бабаяна не справился с разработкой собственного микропроцессора.

Да, исторический опыт показывает — и "горячая", и "холодная" война одинаковы тем, что побежденный должен стать на колени. Но поучили — и хватит. Сколько можно так стоять?! Так ведь можно и не наверстать... Люди уходят, кто научит молодых? Ведь целые телеканалы работают на деградацию потомства...

Я вспомнил давнее массовое юношеское стремление в армию. Вспомнил увлечение работой в молодости, вспомнил мощный пласт высокого интеллекта — разрушенную военную науку, в сфере которой я вырос...

Военная наука, охватывающая предмет исследований крупно, системно, принципиально, перспективно, занимала ту нишу, важность которой видится только сейчас, на расстоянии. Лишь она была той реальной действенной силой, что инициировала и поддерживала развитие суперЭВМ страны. И не только это. В "пролете" оказались целые направления: нет задач оценки риска и эффективности, обеспечения надежности, проведения испытаний. Нет обоснований задач технического развития. И это задачи не только военной, но, главное, хозяйственной области.

* * *

Накануне известной весенней "рокировки" 2012 г. Аналитический центр при Правительстве РФ в авральном порядке решил провести экспертизу проектов в составе "Президентской программы модернизации экономики России".

Не касаясь действительно значимых, основных отраслей экономики, проекты, по-видимому, были сформированы на основе имеющихся предложений, вселяющих надежду хотя бы на частичный успех.

Мне, как эксперту на общественных началах, достался снабженный дорожной картой проект "Создание системы подготовки высококвалифицированных кадров в области суперкомпьютерных технологий и специализированного программного обеспечения". В основе этого проекта лежит предположение (в результате выполнения другого проекта) о покрытии России Научно-образовательны-

ми центрами суперкомпьютерных технологий — НОЦ СКТ. Оказалось, что работы уже успешно ведутся с начала 2010 г.!

Среди рисков, отрицательно сказывающихся на выполнении проекта, на которые следовало указать (согласно смыслу, а не форме), я отметил следующие.

1. Недостаточное финансирование вследствие хронического отсутствия бюджетных средств в связи с низкой экономической эффективностью и несовершенством налоговой системы. (Прошу извинить за резкость, но сколько можно держать население за лохов, размазав тринадцатипроцентный подоходный налог по малоимущим? Необходимо ввести нормальный прогрессивный налог. Самым большим преступлением должно стать сокрытие доходов, уклонение от налогов.)

2. Невнятно сформулирована цель покрытия России Центрами СКТ. В 60—80-е годы цель создания суперкомпьютерных технологий обусловливалась необходимостью создания сложных управляющих систем, работающих в реальном масштабе времени, и другими задачами, требующими высокопроизводительных вычислений. Какие задачи современной российской экономики требуют немедленного, первоочередного покрытия страны сетью Центров СКТ? (Превращение программы развития информационных технологий в действенный локомотив научно-производственного развития России (как это делается в Китае в отношении *Grid*-технологий) имеет важнейшее значение во всех сферах: от международного авторитета до социального возрождения.)

3. Важному государственному проекту необходимо придать законный вид: он должен иметь Заказчика (от лица Правительства или Президента) и Ответственного исполнителя. Должно быть разработано техническое задание (ТЗ) на основе технических требований, определен кадровый состав исполнителей. Выполнение проекта должно заканчиваться испытанием по всем пунктам ТЗ. Тогда на законном основании возможно финансирование и контроль исполнения.

4. Российский приоритет и преимущества в СКТ могут быть обеспечены лишь на пути математической и программной поддержки режимов высокопроизводительных вычислений. Конкретно это выражается в разработке пакета прикладных программ (ППП), который должен ориентироваться на конкретный суперкомпьютер. Никогда ранее, ни в одном из ответственных проектов суперкомпьютеров прошлого пункт ТЗ о разработке ППП не был закрыт. Дело в том, что методы вычислений популярных сложных задач разрабатывались в то время, когда математик-вычислитель крутил ручку арифмометра. Параллельные и распределенные вычисления требуют и новых вычислительных методов, которые сейчас только начинают предлагаться. Средства, выделяемые на мате-

матическое обеспечение в рамках данного проекта, ничтожны.

5. Невозможно установить, какие конкретно суперкомпьютеры предполагается использовать. Разработка и применение суперкомпьютеров обусловлены требованиями высокопроизводительных вычислений. Только с этой точки зрения представляет интерес обучение суперкомпьютерным технологиям. (Ясность понимания этого в СССР сложилась в 60—70-х годах при обосновании и разработке сложнейших систем реального времени. В рамках проекта "Эльбрус" сложилась концепция суперкомпьютера.) Это обучение должно быть конкретно и отвечать на вопрос: как на основе высокой пиковой производительности суперкомпьютера, достижимой на специальных тестах, получить высокую реальную производительность при решении конкретных задач. Исследования должны быть связаны с применением конкретных суперкомпьютеров и с разработкой новых оптимальных алгоритмов решения задач ППП, обеспечивающих это решение за минимальное время.

6. Современная концепция суперкомпьютеров строится на возможности реализации на одной установке параллельных и распределенных вычислений. В этом случае говорят о суперкомпьютерах кластерного типа. Однако иногда, не отказываясь от этого понятия, на деле разработчик идет по пути достижения высокой пиковой производительности, объединяя большое число процессоров в одной установке и ориентируясь только на распределенные вычисления. Например, СКИФ, установленный в МИИТ, можно было бы назвать "сетью в коробке". Возможности достижения на нем высокопроизводительных вычислений весьма ограничены. Невозможно его использовать в системах реального времени.

Ограничиваться лишь сбором в малом объеме огромного числа микропроцессоров, не обеспечивая их быстрым обменом, позволяющим многократно снижать время решения задач управления в реальном масштабе времени, и называть эту установку суперкомпьютером недопустимо.

7. Людям, что могли бы решить актуальные задачи высокопроизводительных вычислений, но не могут уже физически, далеко за 70. На фоне утраты жизненных ориентиров молодежи и в условиях творимых образовательных реформ нарушилась основная связь преемственности "учитель—ученик".

8. Появляются зарубежные издательства, которые ищут российских авторов, оказавшихся невостребованными, и делают на этом бизнес (достаточно зайти в центральный книжный магазин и посмотреть, что там представлено из отечественных книг в области информационных технологий).

9. Общественная значимость современного ученого и, тем более, преподавателя вуза России, определяется его материальным положением, обусловленным востребованностью. Она столь низка,

что не является ориентиром для молодежи. Не работает аспирантура.

10. Следует ясно понять, что в стране нет и в ближайшее планируемое время не будет суперкомпьютеров. Нет — в смысле обеспечения высокопроизводительных вычислений, остро возникших в 60—70-е годы и практически решаемых тогда в рамках проекта "Эльбрус". Сегодня этот проект чуть теплится. Еще в то время наметилось серьезное отставание в разработке отечественной элементно-конструкторской базы.

Закупка зарубежных суперкомпьютеров необходима для создания Центров Grid-технологий. К таким Центрам должны подключаться сложные управляющие системы оборонного назначения (в том числе реального времени — для создания скрытого виртуального пространства их вычислительных средств), объекты аграрно-промышленного комплекса, промышленные и бизнес-объекты, транспорт, энергетика и др.

11. Чтобы поступить в технический вуз, в том числе на специальность ИТ, необходимо сдать ЕГЭ по физике. В связи со столь ограниченным контингентом абитуриентов приходится брать всех подряд вне какого-либо конкурса. Это приводит в отчаяние руководителей вузов и к коррупционным подозрениям. Впрочем, что делать с принятыми студентами, становится ясно, когда бюджет вуза и оплата труда преподавателей ставятся в зависимость от числа студентов: снижать "планку" требований, не исключать за неуспеваемость, ставить завышенные оценки.

Коммерциализация образования вне комплексного экономического и социального решения задач его востребованности ведет к его разрушению, к общественной деградации.

12. Проект не предоставляет перспектив в области личного благополучия молодого человека: создания семьи, собственного дома. Молодые специалисты стремятся устроиться в "фирмы": торговые комплексы, банки, сферу обслуживания, иностранные компании и т. д. Востребованы установка, ремонт и обслуживание компьютеров иностранного производства, не выше уровня рабочих станций, а также иностранных серверов. Актуальны проектирование и разработка локальных компьютерных сетей — также на базе зарубежных комплектующих, организация и ведение баз данных, web-программирование "торговых площадок" в сети Интернет и т. п.

Эпилог

Да, раздумья о судьбе советских суперЭВМ порождают один и тот же круг мыслей...

...Если бы ту былую мощь на фоне пустых прилавков и "колбасных электричек", да повернуть (организованно!) на благо народа!..

...Только образ мышления комсомольского актива позволил, вместо укрепления власти, обязательно предшествующего любым реформам, ввергнуть страну с рабским прошлым в пучину псевдodemократии — в пожар в бардаке во время наводнения. Вот и результат: страна разворована, народ унижен. Может, более правы китайцы, строящие светлое капиталистическое будущее под руководством коммунистической партии с отложенным репрессивным аппаратом?

Хочется привести слова героев моей книги:

"— А ты что ж, дядя, хотел бы вернуться к дутому оптимизму?

— Нет, браток, — и внушительный палец метнулся ввысь, — я хочу лишь сказать, что демократия не объявляется, демократия воспитывается, воспитывается долго и жестоко! Ты можешь представить себе немца, англичанина, француза, которому по полгода не платят зарплату? А? Вот то-то!" (А. Б. Барский. Логические нейронные сети, стр. 346.)

...Продолжает лице мерно вспоминать А. Д. Сахарова, но умышленно забываете, что он был апологетом теории конвергенции: встречного движения, взаимопроникновения и объединения лучшего из двух социальных систем, а уж никак не "дикого капитализма"...

...Ненависть к прошлому режиму в мстительном наслаждении затмила глаза. Отринутой оказалась простая правда о том, что К. Маркс (хоть и сын раввина) не придумал классовую борьбу, а всего лишь описал ее. Что основополагающей является формула "товар— деньги— товар", а не бизнес-спекулянтская "деньги— товар— деньги"...

В МИИТ я веду курс "Вычислительные системы". Однако чувствую: актуальность его все падает и падает, порождая мое желание отойти от этой проблемы. Вместе с тем, с непреложным развитием экономики, автоматизированных систем управления, компьютерных сетей становится ясно, что никакие решения, принятые при построении суперЭВМ, не должны пропасть даром. Это, прежде всего, относится к методам распараллеливания, имеющим самое разнообразное применение. Сугубо компьютерные технологии становятся в широком смысле технологиями информационными...

И все же привлекателен путь, пройденный Д. А. Поспеловым — от логических схем ЭВМ через параллельные системы и теорию управления — до искусственного интеллекта. Он оставил прекрасную, малозамеченную книгу "Моделирование рассуждений". Я все более уверяюсь в том, что направление "Логические нейронные сети в системах управления и принятия решений", в котором удалось получить новые результаты, и по которому я тоже веду обучение, является достойным развитием тех методов параллельной обработки информации, которыми довелось заниматься всю сознательную жизнь. Это — "бесформульное" решение и сложнейших математических задач, и трудно формали-

зумемых задач управления и экономики, и разнообразных задач распознавания для принятия решений, и даже применение в сфере искусства и бизнеса.

* * *

P.S. В июле 2005 г., с участием ветеранов, торжественно и грустно, по-русски разгульно, спровался юбилей: 45-летие 45 ЦНИИ МО — того самого института, в стенах которого я встречал описываемые события. Ответственный сотрудник ОАО "Intel AO", бывший мой начальник, начальник одного из управлений института А. В. Кузьмич неофициально, узкому кругу лиц, продемонстрировал маленькую коробочку, в какой хранят драгоценности и награды. В мягкой подушечке утопал маленький кристалл — микропроцессор.

— Что это, — неужели?..
— Да, это "Эльбрус", тот самый *E2k*...
На коробочке была надпись *Intel — Elbrus*.
Так успех ли это Отечества?..

Список литературы

1. СуперЭВМ в России. История и перспективы. Рассказывает академик РАН В. С. Бурцев // Электроника: НТБ. 2000. № 4. С. 5—9.
2. Поспелов Д. А. Становление информатики в России // Очерки истории информатики в России. Новосибирск: Научно-издательский центр ОИГМ, 1998.
3. Норенков И. П. Краткая история вычислительной техники // Информационные технологии. 2005. № 9. Приложение.
4. Малиновский Б. Н. История вычислительной техники в лицах. Киев: Фирма «Кит», 1995.
5. Барский А. Б. Нейронные сети логического вывода. Курс лекций. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011.
6. Барский А. Б. Grid-вычисления. Организация, методы, планирование. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

БАРСКИЙ Аркадий Бенционович, доктор технических наук, профессор кафедры "Вычислительные системы и сети" Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ). По окончании механико-математического факультета Саратовского государственного университета был направлен в создаваемый профессором Н. П. Бусленко Институт моделирования, испытания и оценки эффективности сложных систем (ЦНИИ-45 МО). Участвовал в испытаниях первых моделей МВК "Эльбрус" академика В. С. Бурцева. Решил ряд задач распараллеливания и диспетчирования вычислений. Предложил практическое решение для архитектур "data flow" и SPMD. Автор логических нейронных сетей для систем распознавания, управления и принятия решений. Занимается проблемами Grid-вычислений. Список трудов содержит около 200 наименований.

Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии"
107076, Москва, Стромынский пер., 4

Телефон редакции журнала (499) 269-5510

Художественный редактор Т. Н. Погорелова. Технический редактор Е. В. Конова.
Корректор Е. В. Комиссарова.

Сдано в набор 05.07.2012. Подписано в печать 15.08.2012. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 3,92. Заказ IP912.

Журнал зарегистрирован в Государственном комитете Российской Федерации по печати.
Свидетельство о регистрации № 018866 от 27.05.99.
Оригинал-макет ООО "Адвансед солюшнз". Отпечатано в ООО "Адвансед солюшнз".
105120, г. Москва, ул. Нижняя Сыромятническая, д. 5/7, стр. 2, офис 2.