



АИТИ

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ИТ

4



СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ИТ

АИТИ



ВИРТУАЛЬНЫЙ
КОМПЬЮТЕРНЫЙ
МУЗЕЙ

Страницы истории ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ИТ

Том 4



ВИРТУАЛЬНЫЙ
КОМПЬЮТЕРНЫЙ
МУЗЕЙ



альпина
ПАБЛИШЕР

Москва
2018

Айти

УДК 004:001
ББК 32.973
С83

С83 Страницы истории отечественных ИТ / Сост. Э.М. Пройдаков. — М.: Альпина Паблишер, 2018.
Т. 4. — 2018. — 224 с.

ISBN 978-5-9614-6460-3

Четвертый том продолжает серию «Страницы истории отечественных ИТ», издающуюся с 2014 года и посвященную истории отечественной информатики и вычислительной техники. Все статьи сборника написаны либо рассказаны главными действующими лицами описываемых событий.

В очередном томе сборника размещены материалы, посвященные 50-летию ЭВМ БЭСМ-6, затронуты вопросы роли ЕС ЭВМ в истории отечественной вычислительной техники, рассказывается о малоизвестном проекте — компиляторе языка Фортран для машины БЭСМ-6. Вниманию читателей также представлены история становления и развития бортового цифрового вычислительного комплекса «Аргон», биография академика Владимира Сергеевича Семенихина, главного идеолога и организатора создания территориально распределенных катастрофоустойчивых автоматизированных систем управления, история создания самого крупного в СССР гражданского вычислительного центра — ГВЦ Госплана СССР, оказавшего очень большое влияние на процессы автоматизации решения задач планирования экономики того времени.

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

УДК 004:001
ББК 32.973

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

ISBN 978-5-9614-6460-3

© Компания АйТи, Виртуальный компьютерный музей, 2018

Содержание

Предисловие Тагира Яппарова.....	5
Предисловие Эдуарда Пройдакова.....	7
Раздел 1. Люди	11
А. Н. Томилин: «...И увидеть шестерку во сне».....	13
Э. М. Пройдаков НИИЭВМ. Минская школа программирования. Елена Ильинична Дашинская. Путь программиста.....	35
И. М. Лисовский Всеволод Сергеевич Бурцев – любимый ученик академика С. А. Лебедева.....	49
Э. М. Пройдаков Владимир Сергеевич Семенихин.....	80
Раздел 2. Системы	87
Э. М. Пройдаков История разработки компилятора Фортран-Дубна.....	89
Раздел 3. Машины	101
В. А. Михайлов, В. И. Штейнберг История становления и развития комплекса бортовых цифровых вычислительных машин (БЦВМ) «Аргон».....	103
Х.-Г. Юнгникель Аспекты технологического пути ЕС ЭВМ на фоне развития технологий IT и общей архитектурной гонки в социалистических странах: анализ с позиций 2017 года.....	136
Ю. С. Ломов ЕС ЭВМ сквозь призму отечественной и мировой вычислительной техники.....	164
Раздел 4. Организации	203
В. А. Китов, Н. И. Кротов Вычислительный центр для решения задач планирования экономики страны.....	205

ВЫРАЖАЕМ БЛАГОДАРНОСТЬ ЗА УЧАСТИЕ В ПОДГОТОВКЕ КНИГИ:

председателю Совета директоров
группы компаний АйТи
Тагиру Галеевичу Яппарову,
генеральному директору Управляющей
компании АйТи
Игорю Родомировичу Касимову,
директору Виртуального компьютерно-
го музея
Эдуарду Михайловичу Пройдакову,
директору Службы маркетинга группы
компаний АйТи
Дмитрию Леонидовичу Ведеву,
руководителю пресс-службы группы
компаний АйТи
Сергею Николаевичу Севрюкову,
главному научному сотруднику
Института системного программирова-
ния РАН, профессору кафедры автома-
тизации систем вычислительных
комплексов факультета вычислитель-
ной математики и кибернетики (ВМиК)
МГУ им. М.В. Ломоносова, заслуженно-
му деятелю науки РФ
Александру Николаевичу Томилину,

ветерану компании ИВА (Минск)
Елене Ильиничне Дащинской,
доценту, заместителю заведующего
кафедрой информатики по научной
работе РЭУ им. Г.В. Плеханова, кандида-
ту технических наук
Владимиру Анатольевичу Китову,
генеральному директору АНО
«Экономическая летопись»
Николаю Ивановичу Кротову,
заместителю генерального директора
ЗАО «НТЦ “Модуль”», доктору техниче-
ских наук
Виктору Алексеевичу Михайлову,
главному конструктору ОАО «НИИ
“Аргон”», главному конструктору
комплекса БЦВМ «Аргон», кандидату
технических наук, старшему научному
сотруднику, члену-корреспонденту
МАИ, профессору МИЭМ НИУ ВШЭ
Виталию Иосифовичу Штейнбергу,
главному конструктору ЕС ЭВМ от ГДР
с 1981 по 1990 г.
Хансу-Георгу Юнгникелю.

ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ!

Судьба многих проектов и начинаний — и в бизнесе, и в жизни, и в творчестве — часто оказывается не такой, как она задумывалась авторами. Иногда бывает так, что проект, планировавшийся в строго определенных «координатах», по мере своего развития «перешагивает» рамки, которые были отмерены изначально, и начинает развиваться по своим законам, охватывает все больше тем, открывает неизвестные факты и события, вовлекает в свою орбиту все новых людей.

Что-то похожее произошло и с изданием книг серии «Страницы истории отечественных ИТ», которое группа компаний АйТи совместно с Виртуальным компьютерным музеем реализует начиная с 2014 г. Первоначальная наша идея — выпустить книгу, в которой рассказывалось бы о замечательных примерах создания отечественной вычислительной техники и автоматизированных систем управления, — уже при первом «подходе к теме» открыла для нас огромный пласт истории нашей науки и техники, о которой сегодняшнему поколению известно очень и очень немного. В непростой истории отечественных ИТ было много настоящих технологических прорывов и уникальных достижений, были и неудачи и ошибочные решения. Так бывает практически всегда, когда создается что-то новое, закладываются основы развития на долгие годы вперед. И именно в такие периоды на авансцену истории удивительным образом выходят уникальные люди — инженеры, ученые, организаторы науки и производства, которые способны достойно ответить на вызов времени. Этим людям и их творениям и посвящается наш проект, который из книги сначала стал двухтомником, потом трехтомником, а вот теперь вы держите в руках уже четвертый том серии «Страницы истории отечественных ИТ»!

Мир технологий XXI века стремительно развивается: цифровая экономика, мобильность, блокчейн, искусственный интеллект, Интернет вещей, — эти фантастические изобретения все больше и больше входят в жизнь каждого человека,



Страницы истории отечественных ИТ

позволяют реализовать немислимые ранее планы, меняют модели ведения бизнеса и подходы к государственному управлению. В условиях этой технологической «гонки», на мой взгляд, ценность знания и критического анализа истории и опыта создания собственной ИТ-индустрии, которую осуществляли СССР и страны СЭВ, только возрастает. Я уверен, что четвертый том «Страниц истории отечественных ИТ», который предлагает обзор широкого круга замечательных проектов и технологических решений, привлечет внимание всех тех, кто живо интересуется историей нашей науки и техники, а также работает во все расширяющейся сфере цифровой экономики.

Тагир Яппаров,
председатель Совета директоров
группы компаний АйТи

ОПЫТ ВЕТЕРАНОВ ГРЯДУЩИМ ПОКОЛЕНИЯМ

Время безжалостно уносит участников разработок первых отечественных ЭВМ. Образно говоря, волны памяти смывают с берегов океана истории детали прошлого, известные и понятные участникам и очевидцам; эти детали и факты сглаживаются и исчезают, к сожалению, чаще всего бесследно, нередко уступая место легендам, домыслам и непониманию происходившего со стороны потомков. Все чаще в распоряжении историков остаются только архивные документы, книги и немногие уцелевшие артефакты тех времен. Серия книг «Страницы истории отечественных ИТ» — это одна из вполне состоявшихся попыток сохранить память ветеранов и передать ее новому поколению. Все статьи сборника написаны либо рассказаны главными действующими лицами описываемых событий. Это не пересказ прочитанного в литературных источниках, а та самая изустная история. Разумеется, ее следует дополнять изучением архивных документов, но часто и сами архивы за эти годы уже бесследно исчезли.

В четвертом томе сборника освещаются две главные темы: 50-летие ЭВМ БЭСМ-6 и вопрос о роли ЕС ЭВМ в истории отечественной вычислительной техники.

Теме 50-летнего юбилея посвящены три статьи. Первая из них — интервью с ветераном ИТМиВТ, участником разработки БЭСМ-6, профессором Александром Николаевичем Томилиным — рассказывает о людях, создававших эту выдающуюся машину, о том времени и коллективе ИТМиВТ.

Главному конструктору БЭСМ-6 академику В. С. Бурцеву и разработкам ИТМиВТ посвящена статья «Всеволод Сергеевич Бурцев — любимый ученик академика С. А. Лебедева». Сергей Алексеевич Лебедев сумел собрать в ИТМиВТ замечательный коллектив разработчиков — он был для них безусловным авторитетом и цементирующей силой. По Гумилёву, это было время наивысшей пассионарности коллектива. Неудивительно, что после смерти С. А. Лебедева коллектив начал делиться по интересам отдельных руководителей, отпочковываться в другие институты и в итоге в нем,



как и во всей отрасли, начался застой. Нужны лидеры и достойная коллектива задача, чтобы там начался новый подъем. Очень хотелось бы.

Если история разработки машин рассматривается во многих публикациях, то история отечественного программного обеспечения в большинстве случаев малоизвестна. В статье «История разработки компилятора Фортран-Дубна» рассказывается как раз об одном таком малоизвестном проекте — компиляторе языка Фортран для машины БЭСМ-6. Статья, как и другие публикации сборника, уникальна тем, что об истории «Фортрана-Дубна» рассказал один из ведущих участников этой работы — Владислав Павлович Шириков.

Второй блок статей посвящен до сих пор вызывающему ожесточенные споры вопросу: была ли разработка ЕС ЭВМ просто копированием известного семейства IBM System/360? Не было ли это тупиковым решением? Может быть, если бы не было тогда принято решение разрабатывать ЕС ЭВМ, развитие вычислительной техники в СССР стало бы много более успешным? Своим взглядом на эти вопросы поделился Ханс-Георг Юнгникель, главный конструктор ЕС ЭВМ от ГДР с 1981 по 1990 г. Он попытался рассматривать историю ЕС ЭВМ системно, с точки зрения нынешнего дня. Это интересно еще и тем, как выделась и видится история ЕС ЭВМ со стороны. Хотя Ханс-Георг сам был активным участником процесса создания ряда моделей данного семейства ЭВМ, все же из-за рубежа процессы, происходившие в СССР, воспринимались несколько иначе, чем внутри страны.

Статья «Елена Ильинична Дащинская. Путь программиста» рассказывает устами непосредственной участницы о неизвестных страницах истории работ по созданию ПО для ЭВМ семейства «Минск», адаптации и сопровождению операционных систем для ЕС ЭВМ.

Главный конструктор старших моделей ЕС ЭВМ Юрий Сергеевич Ломов в своей обстоятельной статье оценивает результаты проекта ЕС ЭВМ с позиций комплексного, целостного анализа, чтобы дать действительную и полную картину этого уникального проекта, поскольку основной особенностью проекта ЕС ЭВМ явилась его глобальность. Уверен, что эти две статьи ответят если не на все вопросы, которые могут возникнуть у читателя, то, по крайней мере, на многие из них.

Остальные статьи не связаны общей темой, но представляют исторический интерес. Особенно хочется обратить ваше внимание на статью «История становления и развития бортового цифрового вычислительного комплекса «Аргон»». В СССР разрабатывались сотни бортовых ЭВМ для военной техники, космоса, т.е. способных с высокой надежностью работать в жестких условиях эксплуатации. Машины «Аргон»

многие десятилетия безотказно работали в системах управления на орбитальных станциях, в грузовых космических кораблях «Прогресс» и других авиационных и мобильных объектах.

Есть люди, которые, как говорится, были широко известны в узких кругах. Таким весьма авторитетным и влиятельным человеком в военных ИТ был академик Владимир Сергеевич Семенихин — главный идеолог и организатор создания территориально распределенных катастрофоустойчивых автоматизированных систем управления. Информация о работах его института до сих пор весьма скудна. Мы публикуем его краткую биографию, которая все же дает представление о масштабе личности этого ученого и руководителя.

Наконец, в разделе «Организации» приведена история самого крупного в СССР гражданского вычислительного центра — ГВЦ Госплана СССР, оказавшего очень большое влияние на процессы автоматизации решения задач планирования национальной социалистической экономики того времени.

Вот таким получился этот том «Страниц истории отечественных ИТ». Он дополняет ранее изданные тома, и в целом они охватывают очень большой пласт отечественной компьютерной истории, но, безусловно, совсем не исчерпывают ее. Тем не менее надеемся, что он окажется полезен нашим читателям.

*Эдуард Пройдаков,
директор Виртуального
компьютерного музея*

Раздел 1

Люди

А. Н. Томилин:

«...И увидеть шестерку во сне»

В интервью, проведенном директором Виртуального компьютерного музея **Эдуардом Пройдаковым**, об истории БЭСМ-6, о ее создателях и Институте точной механики и вычислительной техники (ИТМиВТ) рассказывает ветеран российских ИТ профессор **Александр Николаевич Томилин**.



Эдуард Пройдаков: В мае 2017 года исполнилось 50 лет БЭСМ-6. Как считать? По сдаче машины комиссии?

Александр Николаевич Томилин: Рождение машины считается со дня сдачи ее Государственной комиссии. Хотя по давним правилам производства крупных изделий, не только вычислительной техники, если головной образец готовится к государственным испытаниям, то первым заказчикам уже посылаются сделанные образцы, проверенные на тестах, а после государственных испытаний (ГИ) будут сделаны в них необходимые изменения по замечаниям Государственной комиссии. Это делается для того, чтобы производство к моменту сдачи машины было уже раскручено.

Э.П.: У нас в ИНЭУМе было не так. Делались сначала три опытных экземпляра. Один передавался заводу, один у разработчиков в лаборатории, один еще куда-то. Но потом, после приемки, давали заводу еще год, потому что они должны были изготовить тестовую аппаратуру.

А.Т.: Нет, здесь уже все было готово, и тесты все были. Была уже и операционная система, были трансляторы. Это была первая машина, которая сдавалась полностью со всем программным обеспечением. Но считается, что машина отправляется в жизнь, начиная с ГИ, которые дают ей добро.



Михаил Романович Шура-Бура

У БЭСМ-6 были основательные государственные испытания. Председателем комиссии был Президент Академии наук СССР академик Мстислав Всеволодович Келдыш. Он очень основательно вел это дело, так что большое ему спасибо. А команда испытателей подобралась самая что ни на есть придирчивая. Это Михаил Романович Шура-Бура, Николай Николаевич Говорун, многие другие математики, программисты, и они в дополнение к тем контрольным задачам, что были утверждены на испытания, писали свои контрольные задачи и как члены комиссии просили их запускать на выполнение. Кажется, было такое положение в программе испытаний.

Э.П.: Расскажите, как был устроен ИТМиВТ в годы, когда создавалась БЭСМ-6.

А.Т.: Институт состоял из лабораторий, а те — из подлабораторий или отделов. Лаборатория № 1 универсальных вычислительных машин, когда директором института еще был академик Михаил Алексеевич Лаврентьев, была создана под С. А. Лебедева, но потом, когда Лебедев стал директором, Лаборатория № 1 была передана Владимиру Андреевичу Мельникову, а Лабораторию № 2 возглавлял Всеволод Сергеевич Бурцев. Оба они были основными и любимыми учениками Лебедева. Не умаляя достоинства других учеников Лебедева, ведь из МЭИ работать в ИТМиВТ пришло семь человек, наиболее продвинувшими в работе оказались двое — В. А. Мельников и В. С. Бурцев. Лаборатория № 2 — это создание аппаратуры и программного обеспечения машин, использовавшихся в системах противоракетной и противовоздушной обороны.

Наша лаборатория называлась «Лаборатория № 5». Ею руководил Лев Николаевич Королёв, он ее называл «прислуга за все». Одна из подлабораторий Лаборатории № 5 занималась программным обеспечением машин, создаваемых Лабораторией № 1. В ней было два сектора, один возглавлял Виктор Петрович Иванников, другой был мой. Мы занимались программным обеспечением БЭСМ-6 и других машин.

У Владимира Андреевича Мельникова в лаборатории было несколько отделов. Один из отделов там возглавлял Андрей Андреевич Соколов, были и другие руководители отделов.



Николай Николаевич Говорун

Но по своему влиянию, по своей значимости для всех, по степени исключительного уважения лидером был Андрей Андреевич. Я могу сказать, что, когда ко мне обращались и меня спрашивали: кто у вас там самый-самый в ИТМиВТ,— я отвечал, что Сергей Алексеевич Лебедев, конечно, вне обсуждений. И, нисколько не обижая и не умаляя достоинства и значимости Мельникова, Бурцева, Королёва, я могу сказать, что это, конечно, два Андрея: Андрей Андреевич Соколов и Андрей Михайлович Степанов. Но в области инженерии — Соколов. Ему было подвластно все. Вопросы электрики, вопросы электроники, вопросы архитектуры — все что угодно.

Э.П.: Андрей Степанов тоже у Мельникова был?

А.Т.: Нет, Андрей Михайлович Степанов вначале работал в Лаборатории № 2 у Бурцева, там тоже были свои подразделения и тоже своя программистская деятельность. Андрей занимался моделированием вычислительных машин, разработкой и внедрением программного обеспечения, и не только этим. Он вообще был человеком исключительной талантливости во всем. Например, на полигоне в Сары-Шагане, когда проходили пуски и были какие-то непонятности в фиксируемых данных о прохождении по времени всяких сигналов, генералы заслушивались его объяснениями и он даже получил звание «штатного толкователя». Это человек, который был на перепутье между музыкой и программированием и даже математикой в целом. Он вместе с пианистом Петровым претендовал на лидерство в музыке, в исполнительстве. Но он все-таки пошел по математической линии. Он занимался многими делами, в том числе искусственным интеллектом, потоковыми машинами. На конференции в МГУ — огромная была конференция, которая проходила под руководством Л. Н. Королёва («Методы и средства обработки», МСО-2003, МСО-2005), — Андрею Михайловичу было предоставлено 20 минут, как обычно на секции, и он



Сергей Алексеевич Лебедев



В центре В.С. Бурцев, слева В.И. Рыжов, зам. директора ИТМиВТ по науке, справа А.С. Крылов, директор КБ ИТМиВТ, 1973 г.

рассказывал про «уравнение вихря», когда результаты, получаемые при выполнении операций на исполнительных устройствах, поступали на вход ассоциативной памяти, которая фактически одновременно была и устройством управления, обеспечивающего подбор пар операндов и операции над ними и передачу подобранного на исполнительные устройства. Андрей непрерывно рассказывал про это 1 час 10 минут, и за это время все были очарованы «уравнением вихря». Ни ведущий, ни докладчики, доклады которых должны были идти следом за докладом Андрея, никто ни слова не проронил, настолько он был прекрасным докладчиком. Он был прима-артистом театра-студии МГУ, параллельно с занятием искусственным интеллектом исполнял в студии Розовского главные роли, он и известный актер Лебедев, чередуясь, исполняли роль Холстомера в «Истории лошади». Андрей снимался даже в кинофильмах. Это совершенный талант.

Талантливый человек талантлив во всем. Андрей Соколов точно такой же. Известна история о том, как ему не удалось получить ученую степень; наверное, он к ней и не очень стремился, было всегда много работы, он был фактический лидер, признанный во всем Советском Союзе. Но на давление со стороны руководства и товарищей все-таки поддавался. Сдавать кандидатский экзамен ему по специальности — это было бы просто смешно. Никто бы не взялся такой экзамен проводить. Но с экзаменом по философии вышли затруднения. Он этот экзамен проваливал два раза. Он отвечал на экзамене на вопросы так, как понимал сущность этих вопросов, а не так, как хотели экзаменаторы... и он бросил это дело. И вот он дважды лауреат Государственной премии, руководитель работ, в том числе создания суперсистемы на базе модульно-



Лев Николаевич Королёв

конвейерного процессора (МКП). Эта супермашина создавалась параллельно с супермашиной «Электроника СС БИС», разрабатываемой под руководством Владимира Андреевича Мельникова, Юрия Ивановича Митропольского и Виктора Петровича Иванникова. Эти машины были к 1990 году практически подготовлены, но наступил 1991 год — и финансирование их разработки, изготовления и внедрения было прекращено, осуществилась и ликвидация министерств электронной и радиопромышленности. Машина МКП делалась в ИТМиВТ, в Министерстве радиопромышленности. А машина «Электроника СС БИС» делалась в Министерстве электронной промышленности (МЭП) на заводе в прибалтийском Калининграде. Все это было прекращено, но повезло больше модульному конвейерному процессору. Прошло

государственное испытание МКП с частотой 100 мегагерц и производительностью порядка миллиарда операций в секунду.

В начале жизни БЭСМ-6 на широком печатающем устройстве АЦПУ-128 большими буквами «от имени» БЭСМ-6 в ИПМ АН СССР было напечатано:

«Я ваш успех! Я чемпион!
Даю в секунду миллион.
Но буду рад, когда мой брат
Подарит людям миллиард».

И вот этот миллиард операций в секунду был достигнут, а руководил этим достижением Главный конструктор Андрей Андреевич Соколов, не будучи ни доктором, ни кандидатом наук. Такое положение просто не могло существовать. Может быть, раньше сдачи МКП специальным Решением Правительства ему была присуждена без защиты степень доктора технических наук. Положили ему на стол диплом, я присутствовал, и сказали: Андрей Андреевич, иначе неприлично. Вот такие были кадры у нас. Конечно, по гамбургскому счету в том же ИТМиВТ были сотрудники, которые не были формально докторами наук, но были не ниже их по уровню знаний и достижений. Например, у нас в Институте системного программирования есть замечательный программист, заведующий отделом трансляторов и систем программирования Сергей Суренович Гайсарян. Этот человек, формально не являющийся доктором наук, известен всему отечественному миру программирования и почитаем на высшем уровне. Другой замечательный человек, который разработал устройство управления БЭСМ-6 и устройство управления АС-6, — Владимир Иванович Смирнов. Ему 86 лет, сейчас он выполняет разработку нового арифметического устройства по собственной инициативе. Он работал вместе с А. Соколовым над созданием БЭСМ-6 и АС-6, а сейчас в составе нашего института ведет такую наработку, и время от времени мы заслушиваем его продвижение. Он был одним из первых, да не просто одним из первых — его Сергей Алексеевич считал первым, кто должен пройти по ученой стезе, в том числе и формально — через присвоение степеней, званий и так далее. Но некогда было, он был полностью занят реальными работами, так и не случилось это дело, не имеет ни той ни другой степени до сих пор. Но кто может сказать, что он



Виктор Петрович Иванников

не доктор наук? Так что машину БЭСМ-6 сдавали очень заинтересованные в деле люди, очень порядочные люди, исключительно собранные. Сергей Алексеевич не собирал их специально, откуда-то вытаскивая. Жизнь их толкала в лучшее место отражения своих сил и возможностей — в Институт точной механики и вычислительной техники. Вокруг Лебедева собирались настоящие пионеры вычислительной техники. Они были действительно людьми, которые давали всем пример, особенно такой человек, как Соколов. Когда я пришел в ИТМиВТ в 1956 году, окончив мехмат, узнал, что Соколов был одним из той тройки, кто пытался штурмовать рекорд в прыжках в высоту, 2 метра. Это были Степанов (не Андрей Михайлович), Кашкаров и Андрей Соколов. Степанову удалось первому преодолеть эту высоту, может, это и был мировой рекорд, не помню.

Э.П.: Смотрите, пятую, вторую, первую мы знаем, а третья и четвертая лаборатории — это что?

А.Т.: Лаборатория № 3 возглавлялась Всеволодом Вианоровичем Бардижем. Это лаборатория магнитных элементов. Память на магнитных элементах. Я это уже застал. Когда я пришел в институт, то первые мои работы были на машине БЭСМ-1. Она стояла в здании ИТМиВТ и имела память на магнитных сердечниках объемом 1 килослово, потом стало 2 килослова. Но само устройство памяти делала не лаборатория Бардижа, а Лаборатория № 1, в первую очередь Алексей Сергеевич Федоров. Там и Валерий Назарович Лаут участвовал, а Лаборатория № 3 занималась разработкой подходящих для памяти магнитных сердечников, совершенствованием этого вида памяти.

Интересны истории с этими сердечниками, связанные с пребыванием в Советском Союзе американских делегаций и с пребыванием Владимира Андреевича Мельникова в Англии. Принимающие гостей хозяева хвалились перед гостями своими достижениями. Так, у нас к приходу американцев были выложены самые лучшие сердечники. Американцы ходили, смотрели и как бы случайно руку прижимали к сердечникам. К потной руке сердечники прилипали... Потом американцы написали, какие замечательные сердечники у русских, фантастические параметры... Мельников в Англии, по-моему, делал то же самое... Даже такие курьезные моменты были в развитии вычислительной техники.

А дальше была Лаборатория № 4 полупроводниковых элементов. Она возглавлялась Петром Петровичем Головистиковым и занималась вопросами использования диодов и триодов в схемах машины.

История создания БЭСМ-6 началась с того, что в институте был создан «Макет вычислительной машины». Этот «макет» из нескольких стоек имел внешний вид,

сохранившийся и в машине БЭСМ-6, но тогда такого слова еще не было. В «макете» были те же элементы (блоки), которые затем стали использоваться в БЭСМ-6. Эта машина была сделана по заказу военных с отдельными блоками команд и чисел, с прямоадресуемыми регистрами, даже помню их номера — с 20 по 27. В машинах IBM, а потом и у нас в ЕС ЭВМ их стали называть «регистры общего назначения».

Основная роль в создании блоков машины, насколько я помню, была Андрея Андреевича Соколова и Владимира Яковлевича Алексева. Блок состоял из печатной платы, и на эту плату монтировались диоды, триоды и резисторы. Все это было уже где-то приблизительно в 1964 году. Но потом в таком виде эта машина нигде не работала, на ней шли тесты, я даже писал так называемый «случайный» тест. Пускалась некая случайная последовательность команд, которая разбавлялась случайным образом пустыми командами. Второй раз тест пропускаться на этой же самой последовательности команд, но она по-другому случайно разбавлялась пустыми командами. То есть создавался разный временной режим прохождения команд в этих последовательностях. Результаты выполнения последовательностей команд сравнивались. И некие хитрые сбои находились таким способом.

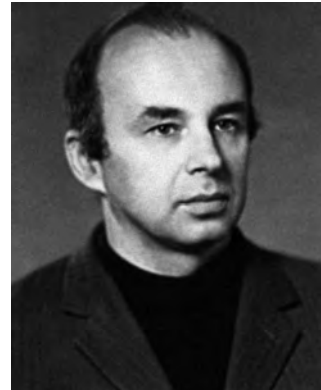
Мне помнится, что этому «макету» уже было присвоено название «5Э92Б» — машины серии 5Э предназначались для использования в системах противоракетной и противовоздушной обороны. Использование понятия «помнится» здесь существенно, поскольку диктуется опытом не всегда «корректных» воспоминаний... Название «5Э92Б» было присвоено затем машине, параллельно создававшейся в Лаборатории № 2 под руководством В. С. Бурцева. До этого в Лаборатории были созданы машины М40, М50, после этого — машины 5Э65, 5Э26 и другие. Одна из таких машин работает в системе С300.

Э.П.: Я видел ее там, в вагончике. Сфотографировать мне не дали, к сожалению.

А.Т.: А Первая лаборатория, которая, собственно, этот «макет» и делала, занялась созданием машины на общей памяти для команд и чисел — машину назвали «БЭСМ-6».

Э.П.: А чего так? Гарвардская архитектура — она же надежнее?

А.Т.: Вот так было решено. В моем моделировании структуры машины отдельная память команд и чисел не исследовалась. Программное моделирование выполнял и Сергей Алексеевич, используя методы теории массового обслуживания. Задавал



Андрей Андреевич Соколов



Создатели БЭСМ-6: А.А. Соколов (пятый слева), С.А. Лебедев (второй справа)

потоки входных данных — команд и операндов. А я занимался потактовым моделированием прохождения информации через все регистры машины.

Э.П.: Интересно, как решения по машине принимались? Вы говорите, решили.

А.Т.: Когда моделирование было, решения принимались так; обсуждалось желаемое изменение модели структуры машины, после чего Сергей Алексеевич и я вносили изменения в программы моделирования, и ночью я шел запускать

эти программы на инструментальной машине БЭСМ-2 в Вычислительном центре АН СССР. Утром я высыпался, приходил в институт, происходило обсуждение результатов моделирования, и цикл действий повторялся вновь. Там были Мельников, Соколов, Лаут, Тяпкин и другие инженеры-разработчики. В какой-то момент мне сказали: хватит. Пусть это и будет БЭСМ-6. Откуда шестерка в названии? Я не могу точно вспомнить, но, наверное, это 6-я степень 10, то есть миллион (операций в секунду), в 6-й степени. То есть это миллион.

Следует сказать, что после БЭСМ-6 в Лаборатории № 1 был подготовлен проект многопроцессорной машины БЭСМ-10, который так и не реализовался из-за сопротивления со стороны Министерства радиопромышленности. С проектом БЭСМ-10 в институте соперничала разработка многопроцессорной машины «Эльбрус». Она задумывалась в 1970-х годах, даже была попытка в конце 70-х выйти на ее испытания.

Э.П.: Это бурцевская?

А.Т.: Да, 10-процессорная, по-моему. Были и 4-процессорные. Там были затруднения, связанные с элементной базой, и в результате в производство машина «Эльбрус-2» пошла в начале 1980-х годов. Были выпущены десятки экземпляров. Сложно сказать, сколько.

Э.П.: У меня приятель в НИИ «Каскад» сидел на ее наладке. И все время жаловался, что процессоры совместно не работают, рассыпаются.

А.Т.: Я уже говорил о затруднениях в разработке, затем это было преодолено. В машине было много новых архитектурных решений.

Э.П.: Интересно, какие отношения у Лебедева были с министерством?

А.Т.: Созданная в ИТМиВТ машина БЭСМ-2 выпускалась на заводе имени Володарского в Ульяновске. Было выпущено несколько десятков машин, поступивших во многие основные вычислительные центры страны. В машине использовались более совершенные, чем в БЭСМ-1, электронные блоки с пальчиковыми лампами. Такие же блоки использовались в конструкции практически параллельно создававшейся в институте вместе с СКБ-245 машины М-20 с системой команд, разработанной С. А. Лебедевым и М. Р. Шурой-Бурой, и быстродействием 29 тысяч операций в секунду.

С. А. Лебедев приезжал в Ульяновск на испытания БЭСМ-2 и просидел на испытаниях неделю, может быть, даже больше и... ничего не делал. Ну как ничего не делал... Играл в шахматы с окружающими. Операционных систем тогда еще не было. Ставились перфокарты, содержащие программы контрольных задач, которые одна за другой выполнялись. Сергей Алексеевич сидел и только иногда обращался: «Саша, а чего ты задержал запуск следующей задачи?» Он сидел, поджав ногу под себя, как он обычно сидел, играл в шахматы и делал мне иногда замечания. Неужели для этого здесь находится больше недели Главный конструктор машины и директор института? А ситуация была очень простая: за М-20 планировалась Ленинская премия. Лебедеву представили в министерстве список награждаемых, где были сотрудники разных ведомств, но не было самих разработчиков машины, кроме С. А. Лебедева как главы разработки. Лебедев говорил: «Ребята, это ваши игры, вы там делайте что хотите, но мои основные инженеры-разработчики должны быть в премируемом коллективе». В министерстве с этим не соглашались, была напряженная ситуация, Лебедев уехал в Ульяновск. Без Главного конструктора машины премию дать не могли — так и не получила машина М-20 Ленинскую премию. А ведь она вместе с американской машиной «Норк» претендовала на звание самой быстродействующей машины мира.

Советско-американское соперничество в вычислительном деле проявилось и потом. Машины БЭСМ-6 и CDC 6600 отмечались как самые основные машины мира периода холодной войны. Сейчас они уже почти три года стоят спина к спине в Музее науки в Лондоне. Машина БЭСМ-6 была перевезена в Англию 25 лет назад и находилась в запаснике музея.

Э.П.: В смысле в музее они выставили?

А.Т.: Машины БЭСМ-6 и CDC6600 помещены в Музее науки в рамках выставки «Информационный век». По ситуации похоже, что этот «Век» становится бессрочным... Использование БЭСМ-6 внесло существенный вклад в достижение паритета, а значит,

и в обеспечение мирной жизни. Известны же были и не мирные планы в отношении нашей страны.

Э.П.: Подчинение Института точной механики и вычислительной техники было Академии наук?

А.Т.: Вначале, когда я пришел в институт, было подчинение Академии наук, и потом формально он значился «Институт Академии наук», такая вывеска была перед дверью института, также и сейчас сохраняется, «АН СССР». Но потом по планам работ и по финансированию ИТМиВТ был передан Министерству радиопромышленности, в котором получил название «почтовый ящик А3162». Институт был одновременно ИТМиВТ Академии наук и почтовый ящик А3162 — это называется «двойное подчинение».

Э.П.: А дальше интересно, институт подавал свои заявки на разработки или ему их спускали? Как это происходило?

А.Т.: Думаю, что первого было больше, чем второго. Поскольку институту определили разработку машин для систем противоракетной обороны, то, наверное, были обсуждения, что и как делать. Наверное, институту не говорили: сделай такую-то машину. В упомянутом «макете» тоже было много творчества и решений института. Тот же комплекс А-6 — если бы не инициативность, ничего бы не было.

Есть сведения, что в министерстве Сергей Алексеевич просил средства на разработку БЭСМ-6. Я присутствовал на одном заседании, по-моему, под руководством замминистра Горшкова, где был Сергей Алексеевич, и там тоже была поднята тема будущей разработки машины БЭСМ-6. Сергею Алексеевичу говорил сам Горшков: Сергей Алексеевич, занимайтесь военной тематикой, точнее машинами для обеспечения противоракетной и воздушной обороны. А системы для всего Союза уже намечены, это называется «Единая система ЭВМ», с участием социалистических стран, весь Советский Союз будет завален этими машинами. На этом заседании был только такой разговор, я это слышал. Лебедеву предложили разработку высшей модели Ряда (тогда еще имелся термин «ряд машин»). Подключайтесь, сделайте высшую модель. Видимо, разговор повторился, потому что говорят, что до этого был разговор, где С. А. Лебедеву предложили сделать старшую модель Ряда, на что он ответил: будем делать машину из ряда вон выходящую. Понимай как хочешь. Но это уже легенда. Да, сопротивлялись, и есть сведения, что Лебедев нашел деньги для создания машины из военных заказов. И машина БЭСМ-6 была создана, потом уже министерство сказало, что это наша основная разработка, хотя все это было достигнуто при его сопротивлении.

Э.П.: Они признали потому, что Ряд в это время не успевал сделать такую машину?

А.Т.: Да, потому, что машина производилась уже в 1960-х годах, а Ряд пошел только в начале 1970-х. Многомашинный комплекс АС-6 тоже был инициативно разработан. Поэтому, скорее всего, преобладала больше инициативная работа, которая потом не сразу, но поддерживалась.

ИТМиВТ сразу после приемки БЭСМ-6 было дано задание для поддержки осуществления Лунной программы разработать аппаратуру приема-передачи данных с использованием каналов связи так, чтобы на ее обслуживание уходило не больше 20% процессорного времени БЭСМ-6, а остальное время оставалось бы для выполнения рабочих программ обработки информации.

Соответствующие возможности в аппаратуре были сделаны по каналам связи.

Э.П.: То есть это предполагалось со спутника на Землю?

А.Т.: Да... Но, поскольку контакт с Центром управления полетами был установлен, стало ясно, что даже с одним потоком данных БЭСМ-6, в то время самая быстрая машина, не справляется, и приходилось поток данных прореживать с помощью специального устройства. И тогда поняли, что надо делать конвейер машин. То есть приходящая информация должна обрабатываться поэтапно, каждый этап своей машиной. И, естественно, при этом никаких передач данных не должно быть, все должно находиться в общедоступной памяти. Это не общая память, как сейчас понимают общую память для многопроцессорной машины, это общедоступная память для многих машин комплекса. Многомашинный комплекс АС-6 работал в режиме параллельной обработки поступающих наборов данных на разных стадиях этой обработки.

Так, периферийная машина обеспечивала прием данных из высокоскоростных потоков телеметрии в общедоступную память АС-6. На следующем этапе центральный процессор находил изменения в порции принятых данных по сравнению с их предшествовавшим приемом и передавал эстафету обработки измененных данных БЭСМ-6, где на следующем этапе происходила так называемая «научная» обработка их и формировались выходные данные обработки в буквенно-цифровом виде для выдачи на экраны Центра управления полетами. На последнем этапе периферийная машина обеспечивала реальную выдачу результатов обработки принятой информации на экраны. Со сдвигом на один этап обработки выдавались на экраны результаты обработки следующей порции поступающей информации и так далее. Работа этого конвейера машин обеспечивала обработку информации «от борта до экрана» за 4–6 секунд... Эксплуатация комплекса АС-6 началась в 1973 году, центральный процессор

АС-6 включился в работу комплекса в 1975 году. Приходившая телеметрическая информация в полете «Союз» — «Аполлон» в этом году обрабатывалась на центральном процессоре еще без операционной системы программой, созданной совместным трудом системного и прикладного программиста и называвшейся «Телеметрия Иванникова–Шехматова».

Э.П.: Я был в НИИ «Природа», там телеметрией все было завалено, необработанной со спутника, потому что телеметрия шла навалом, и только потом догадались посылать кадры только с изменениями.

А.Т.: В АС-6 обрабатывалось все, что приходило. Радиотехническая станция на борту космического корабля, на борту станции посылала 20 600 измерений в секунду. Много или мало — сказать сложно.

Э.П.: А по архитектуре меня всегда удивлял немножко тот факт, что БЭСМ-6 — молотилка чисел, а с текстом на ней работать сложновато.

А.Т.: Да, специальных средств в БЭСМ-6 для текста не было. Машина выполняла логические операции, операции сдвига — во многих случаях они годились для обработки текстов... В центральном процессоре АС-6 были введены операции с полями байтов, с полями битов. Для каких-то целей это было нужно...

Комплексы БЭСМ-6 — АС-6 и были поставлены в центры управления космическими полетами, в Институт прикладной математики АН СССР.

В разном составе оборудование было в разных местах, в том числе на полигоне в Капустинном Яру.

Э.П.: Можно ли сказать, что набор команд БЭСМ-6 постепенно менялся? Дорабатывался? Были такие изменения?

А.Т.: Фактически нет. Таких изменений не было. Очень интересно, что в центральном процессоре был задуман еще и блок десятичных операций. Он не использовался, и тогда Андрей Андреевич Соколов сказал замечательную фразу: «Машина не должна превышать разумного уровня сложности». Это совершенно гениальная фраза гениального конструктора, как и другие его фразы, например афоризм «Сбои надо уважать». Создание упомянутого «случайного» теста — его идея.

Э.П.: А потом это назвали «прыгающая лягушка»? Или это уже другое?

А.Т.: Это другое. Здесь автоматически подбирается ситуация, проявляющая редко встречающиеся сбои. Это важный момент.

Э.П.: Постановления шли совместные с ЦК? Или только Совмина?

А.Т.: Я видел в документах по комплексам БЭСМ-6 — АС-6 подписи М. В. Келдыша, министров. Все это совместно делалось.

Э.П.: Мы не договорили про пятую лабораторию. Подлаборатория 5.1 — Королёв, а кто там еще был?

А.Т.: Были еще две подлаборатории. Одна из них возглавлялась Борисом Арташесовичем Бабаяном (будущим известным конструктором вычислительных машин) и занималась программным обеспечением машин Лаборатории № 2 («бурцевских» машин). А лаборатория Геннадия Георгиевича Рябова (будущего директора ИТМиВТ) занималась САПром. Под его руководством был сделан знаменитый «Пульс», обеспечивавший моделирование схемотехники.

Э.П.: Развод плат, отладка?

А.Т.: Разводка, да. В свое время Гена и я по ночам ходили на машину БЭСМ-2 в Вычислительном центре Академии наук и брали пополам ночное машинное время. Если у одного возникали затруднения в «счете» задачи, за пульт машины садился другой... Гена отлаживал волновые алгоритмы своего моделирования схемотехники, а я занимался моделированием БЭСМ-6.

Э.П.: То есть с Л. Теплицким (заместителем директора по производству на заводе САМ) они должны были пересекаться тогда?

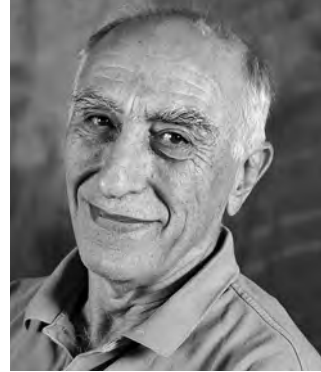
А.Т.: Думаю, что, когда стал работать «Пульс», они стали пересекаться. Много шло тогда и в производство на Загорский электромеханический завод, потому что там «бурцевские» машины делались. Вот такие подлаборатории были в составе лаборатории Королёва. Все три их руководителя получили звание члена-корреспондента Академии наук. Позднее это звание, а затем и звание академика получил Виктор Петрович Иванников.

Лев Николаевич в 1975 году полностью ушел из института, став заведующим кафедрой автоматизации систем вычислительных комплексов в МГУ. Он и до этого (с 1970 года) руководил ею, как все, на полставки (я работал и работаю на его кафедре).

Иванников так до конца жизни и остался полставочником, будучи заведующим кафедрой системного программирования.

Э.П.: По тем временам еще хотелось несколько вещей понять. Как считаете, что мешало продвигаться? Что замедляло работу? Все-таки я сейчас смотрю, мы могли бы двигаться гораздо быстрее. Не успевали созреть?

А.Т.: Ничто не мешало, мы ни на что никогда не жаловались. Только все не успевали, сроки переносились. Все от людей зависело.



Борис Арташесович Бабаян

Э.П.: Может, организация работы? Меньше было людей, чем нужно?

А.Т.: Нет, в ИТМиВТ все было подбито, как надо. И после этого в отделении 6 Мельникова в НИИ «Дельта» и в Институте проблем кибернетики Академии наук все наработанное, благоприобретенное под руководством Лебедева было сохранено. Потому мы и говорим, что жили в «золотом веке» отечественной вычислительной техники. Ничто не мешало. Какие-то средства не давали, может быть, но об этом мы не очень знали. Я говорил, что узнал слово «финансирование» только в 48 лет. Я был потрясен, узнав, что приобретение оборудования определялось в деньгах. Я думал, что институт имеет отношение к деньгам только в качестве заработной платы, выдаваемой в окошечке...

Э.П.: Жалобы не приходилось писать?

А.Т.: Ничего этого не было, никаких особых конфликтов. Говорилось, что создание ЕС ЭВМ наносит вред отечественной вычислительной технике... Идея и реализация ряда машин с разной производительностью, но с одной системой команд и интерфейсов устройств положительна — отрицательный аспект был в направлении на решение этой задачи почти всех отраслевых средств...

Э.П.: ИТМиВТ — закрытая организация, как вы с зарубежными странами общались? Кроме Китая, как я знаю, куда Тяпкин ездил ЭВМ налаживать?

А.Т.: У нас никакого общения с зарубежными странами не было, только в информационном плане. Наш ОНТИ выпускал специальный сборник с обзором всего, что там сделано. Когда машины поставили в ГДР, то, конечно, они с нами работали. Помню, на заседании сидит Майер, руководитель всех этих работ с их стороны. Спрашивает: «Можно ли уже говорить об АС-6?» Хорошая фраза была.

Э.П.: АС-6 тоже им поставили?

А.Т.: Нет, работы по АС-6 только начинались, а он уже знал. Как не знать!

С Дубной, где разрабатывалась мониторная система, мы хорошо контактировали, а там обучались нашей технике специалисты из ГДР. У нас специального общения с зарубежными специалистами не было.

Внутри СССР вспоминается знаменитый период, после которого, по существу, и родились БЭСМ-6 и другие машины. Это четыре замечательных семинара команды Виктора Михайловича Глушкова и команды Сергея Алексеевича Лебедева. Они проходили в хороших местах в Закарпатье. Совместный семинар, совершенно неформальный, человек на 15–17, очень полезен был. Очень интересно друг с другом говорили. Как говорится, смешались в кучу кони, люди, рисовали все, и на всех все это очень действовало. От Украинской ССР на этих встречах и В. М. Глушков все время был, и З. Л. Рабинович, и многие другие.

Э.П.: Теперь более сложный вопрос. Все-таки времени прошло очень много и, наверное, за это время изменилось восприятие компьютера, поэтому интересно припомнить, как Вы тогда его воспринимали и как это происходило, в развитии. Например, считалось, что президент ИВМ сказал: «12 компьютеров, и все пересчитаем». Какие у Вас были ощущения в то время?

А.Т.: Первая машина, которая мне была предоставлена для работы, была БЭСМ. Я восхитился результатами человеческого мышления. Я посчитал, что это самое что ни на есть ОНО. Все потом ощущалось как его развитие. Потом понял, что основу вычислительного дела заложил Чарльз Бэббидж — управление вычислениями с помощью потоков команд. Отсюда все пошло дальше. Для меня это стало естественным. Все объекты, с которыми я знакомился в использовании и даже участвовал в разработке в том или ином виде, продолжали это. Интересно, что к появившимся персоналкам отношение было напряженным. Что это, мол, такое? Тут так старались, все делали, а тут что-то раз-два и со стола на стол переносят. Это что? Как? Появилась своего рода ревность. Протестный внутренний момент. Потом смотрю, что другие уже освоили работу с этими персональными машинами. Я позднее к этому пришел. Мне как-то было беспокойно. Мы делали вот так, так и должно быть.

Э.П.: Но потом же еще дальше пошло. Пошли ноутбуки, планшеты, смартфоны.

А.Т.: Потом я уже привык к этому. Свыкся, когда сам освоил. А пока я сам не осваивал, ревновал к этому. Сделали хорошие машины, надо ими пользоваться. К сожалению, в 50-х годах при обучении на мехмате МГУ такая возможность нам не предоставлялась. К вычислениям нас, конечно, привлекали. Мы считали на электромеханических счетных машинах, получали решения уравнений. Потом по полученным результатам вычерчивали кривые на миллиметровой бумаге, иногда на нескольких метрах. Вот такие у нас были задания. А вот про вычислительные машины нам ничего не говорили, хотя они уже работали (БЭСМ, «Стрела»).

Э.П.: ВМК появился уже позже?

А.Т.: ВМК появился в 1970 году. Мехмат поделился группами всех курсов. У нас в Институте работает Александр Сергеевич Косачев, один из первых студентов, окончивший ВМК в 1971 году. Он был моим первым студентом. В последний год студенчества он выполнил знаковую работу — создал программу ведения архива баллистической информации о полетах космических аппаратов, ставшую известной во всех центрах управления как «Архив Косачева». В 1970 году на ВМК образовался программистский поток из трех кафедр. Одну из них, кафедру автоматизации систем вычислительных комплексов (АСВК), возглавил Лев Николаевич Королёв (его привлек

Андрей Николаевич Тихонов). В нее входили еще три человека: сотрудники ИТМиВТ Геннадий Георгиевич Рябов и я, ученик Тихонова Виктор Константинович Власов. Власов работал на полной ставке, а мы — на полставки. Кафедру системного программирования возглавил Михаил Романович Шура-Бура, продолжавший работу в ИПМ как самый главный по программированию — возглавлял отдел. Замечательная рать программистов была у него. Он перестал заведовать кафедрой по формальной причине достижения возраста 70 лет (позже возрастной ценз для заведующих кафедрами был отменен). Конечно, нашелся хороший кандидат на эту должность — Виктор Петрович Иванников.

Э.П.: Вы упомянули, что Степанов занимался искусственным интеллектом.

А.Т.: Он как музыкант искал возможность отразить в программах сочинения музыки законы музыкальных стилей. Он разработал программу, генерирующую музыкальные произведения «строгостилея» (как фуги Баха). Полученные произведения проигрывались через разработанную им ранее программу воспроизведения музыки. Эта программа передавала во времени последовательность нулей и единиц на разряд определенного регистра машины (эксперименты проводились на упомянутом «макете» вычислительной машины в ИТМиВТ), соединенного проводом с динамиком, на котором и возникало звучание этой последовательности. Последовательность записанных специальным образом в памяти машины нот музыкального произведения отображалась программой в указанной последовательности нулей и единиц так, что происходило звучание музыкальных фрагментов через динамик. Тактовая частота машины 10 мегагерц существенно способствовала высокому качеству звучания. Когда шесть таких последовательностей параллельно передавались на разряды регистров машины и возникало звучание от шести динамиков с переключением органых регистров, приходившие в машинный зал музыканты со слезами на глазах говорили, что такое звучание не может дать ни один орган мира...

Сочиненные программой Андрея Михайловича музыкальные произведения в записи на магнитофоне звучали в консерватории перед комиссией выдающихся музыкантов, и кто-то из них сказал, что за такие сочинения он своим студентам поставил бы высокие оценки.

К сожалению, все это потом исчезло, потому что были важнейшие неотложные работы.

Э.П.: А можно было разными стилями?

А.Т.: Позднее Андрей Михайлович проводил такие исследования... А. М. Степанов стал заниматься моделированием «бурцевских» машин, а позднее вместе с Всеволодом

Сергеевичем Бурцевым — разработкой машины, управляемой потоком данных, и ее программного обеспечения.

Э.П.: Это они когда сделали? Когда Бурцев уже ушел?

А.Т.: Сначала он ушел из ИТМиВТ в Институт вычислительной математики, там ему Гурием Ивановичем Марчуком была предложена лаборатория. «Под “Эльбрусом” стоит моя подпись, я должен предоставить Всеволоду Сергеевичу возможность работать», — сказал Гурий Иванович. Тогда была идея создания так называемой «световой» машины на базе оптического оборудования для памяти, коммутаций, арифметики. Трудности этой проблемы не позволили достичь желаемого результата. Но потом была сделана машина, управляемая потоками данных, на обычной элементной базе. Была реальная установка. Кто-то помогал, я не помню, кто. И Андрей Степанов там играл одну из основных ролей.



Гурий Иванович Марчук

Э.П.: А сейчас модный термин «искусственный интеллект».

Были ведь какие-то зачатки таких работ типа системы машинного перевода как раз в ИТМиВТ в 1956 году.

А.Т.: Даже раньше. В 1956 году эта система, базирующаяся на разработанных Львом Николаевичем Королёвым алгоритмах, уже работала. Моя первая работа в ИТМиВТ заключалась в том, чтобы сжать двоичный код программ комплекса машинного перевода, чтобы они с магнитной ленты не 8 минут последовательно считывались в оперативную память объемом всего 1 килослово для перевода каждой фразы, а хотя бы несколько быстрее и «разжимались» перед выполнением «задаром», поскольку арифметико-логическое устройство работало быстро и простаивало... Мне удалось сжать программы на магнитной ленте на 20%, что практически на эти же 20% ускорило их выполнение. Комплекс программ был очень большим, содержал в себе группу программ анализа английской фразы и группу программ синтеза русской фразы. Следует отметить, что качество перевода было очень высоким. В то время алфавитной печати еще не было и буквы переведенного текста заменялись на печати числами. Буквы А, Б, В и так далее печатались как 16, 17, 18... Шла печать цифровая, потом расшифровывалась.

Э.П.: Фантастика. Еще вопрос по структуре института. Какая была численность сотрудников в ваших отделах?

А.Т.: Примерно по 11–12 человек в каждом.

Э.П.: Получается, что численность института была не очень большая.

А.Т.: Думаю, что численность была порядка 400 человек.

Э.П.: Темы у института сугубо компьютерные были? Или были еще какие-то другие?

А.Т.: Посторонних тем не было. Машины делались по линии первой лаборатории, машины делались по линии второй лаборатории. Остальное все в помощь им.

Э.П.: Кооперация с заводами какая-то была?

А.Т.: В начале разработок машин в ИТМиВТ конструкции, как я понимаю, делали сами. Так, для охлаждения придумали короба, по которым вентилятор гнал воздух в застекленные стойки машины для создания комфортной для машины температуры 15–18 градусов. С заводом САМ в Москве и с заводом ЗЭМЗ в Загорске кооперация вначале была в процессах наладки и внедрения, а затем и в процессах разработки. Когда в более позднее время в Министерстве электронной промышленности делалась «Электроника СС БИС», то с самого начала разработки объединялась деятельность нескольких организаций. Что-то делалось на «Светлане» в Ленинграде, что-то делалось в Волгограде, что-то на заводе «Микрон» в Москве, что-то на заводе «Интеграл» в Минске. В общем, с миру по нитке собиралось все.

Э.П.: По программному обеспечению с кем контактировали?

А.Т.: По линии трансляторов, конечно, с Вычислительным центром Академии наук — это Владимир Михайлович Курочкин, Александра Ивановна Срагович. С ними из ИТМиВТ активно контактировал Дмитрий Борисович Подшивалов, мой однокурсник. По линии транслятора с Фортрана, а затем мониторной системы «Дубна» контактировали, конечно, с Лабораторией вычислительной техники и автоматизации Объединенного института ядерных исследований в Дубне. Мониторная система поддерживала исполнение программ, написанных на разных языках, и обеспечивала управление заданиями вне операционной системы. Кроме этого в лаборатории была сделана еще одна операционная система («Дубна») для БЭСМ-6. Эти работы выполнялись коллективом под руководством Николая Николаевича Говоруна. Это были Владислав Павлович Шириков, Игорь Николаевич Силин, Раиса Федорова и другие. Вот такая кооперация у нас была.

Э.П.: Еще вопрос у меня остался по моделированию, которое Ваша лаборатория делала. Я так понял, что это чисто имитационное моделирование было? То есть там симулятор был, система команд или, Вы говорите, по тактам. Что там было?

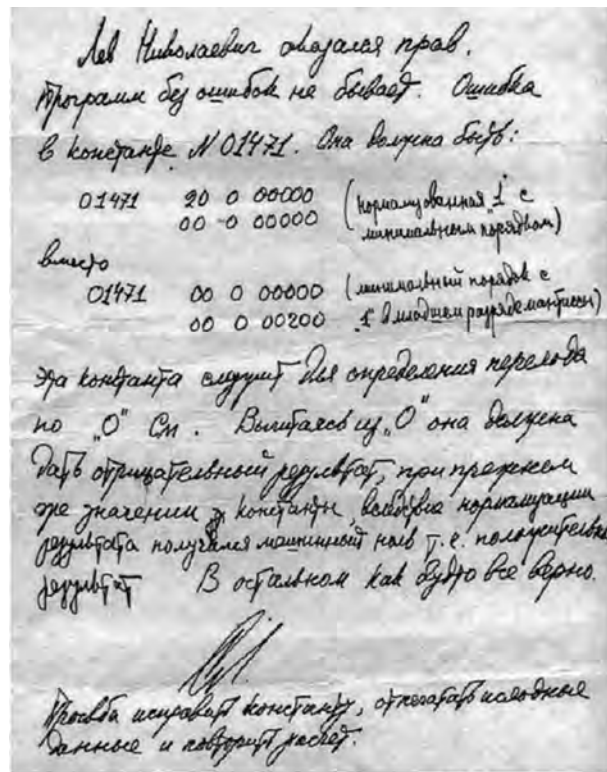
А.Т.: Было потактное моделирование прохождения команд и операндов через все устройства и регистры машины. Тактовая частота машины была 10 мегагерц, то есть тактовые импульсы шли в аппаратуру машины каждые 100 наносекунд. Подавались две серии тактовых импульсов, сдвинутые друг от друга на полтакта (на одни схемы

машины подавалась одна серия тактовых импульсов, на другие схемы — другая). Таким образом, минимальное время, за которое в машине могло что-либо произойти, было 50 наносекунд. В моделировании это учитывалось. Моделировалась динамика выполнения представленных в кодах команд и данных БЭСМ-6 программ решения системы линейных алгебраических уравнений, системы дифференциальных уравнений, перестановки ферзей на шахматной доске... В такте моделирования ядро комплекса программ моделирования получало от программных блоков моделирования работы устройств (памяти, устройства управления, арифметико-логического устройства), передачи данных между регистрами информацию о возникших в этом такте событиях и запускало программные блоки реакции на эти события в следующем такте моделирования, получало от них информацию о возникших событиях в такте и т.д. Таким образом, в модели выполнялись программы вычислений точно так же, как им предстоит выполняться в будущем на реальных машинах БЭСМ-6. Сергей Алексеевич называл это «натурным имитационным моделированием».

А Сергей Алексеевич выполнял имитационное моделирование с заданием потоков команд и данных. Использовал методы теории массового обслуживания.

Э.П.: Сейчас для этого специализированные языки есть.

А.Т.: Да. Как уже отмечалось, я ночью пускал обе программы моделирования: свою программу и программу Сергея Алексеевича. Мне было велено не вносить изменения в «академическую» программу... Лев Николаевич Королёв все время спрашивал академика: «Сергей Алексеевич, когда Вы сделаете ошибку в программе?» На это Лебедев отвечал: «Это вы, программисты, делаете ошибки, а потом до ушей радуется, когда их находите...



Записка С.А. Лебедева, направленная А.Н. Томилину во время разработки программной модели БЭСМ-6

А я буду работать точно, ошибок не сделаю...» Когда ошибка наконец нашлась, Сергей Алексеевич сделал на своей программе знаменитую надпись: «Лев Николаевич оказался прав, программ без ошибок не бывает»...

Э.П.: Моделировали число регистров и что еще?

А.Т.: Моделировались число и характер использования регистров («активные» (кэш), пассивные регистры), различная логика взаимодействия устройств, задержки на устройствах. Так при 4 регистрах «буфера записываемых результатов» (кэша данных) с «омоложением» повышение производительности работы машины на «формульных» задачах составило 20%, при 8 регистрах — 30%, при 16 регистрах — 37%. Исходя из реальных возможностей размещения аппаратуры в машине был выбран объем кэша данных: 8 регистров.

Э.П.: На порядок, наверное, должно быть замедление?

А.Т.: Больше. Моделировалась машина с миллионом операций в секунду. Я пропускать за ночь через модель набор программ в десятки тысяч выполняемых команд.

Э.П.: Ночь с 10 вечера до 6 утра?

А.Т.: Нет, с часу ночи до 8 утра. Как и другие, работавшие на машине, иногда подвигал часы назад, чтобы дольше поработать. Конфликты с инженерами, приходившими утром для проведения профилактики машины, конечно, были.



А.Н. Томилин, В.И. Смирнов, В.Ф. Тюрин, 2017 г.

Э.П.: Моделирование только для БЭСМ-6?

А.Т.: Начинали моделирование мы с Сергеем Алексеевичем не по поводу БЭСМ-6, а вообще искали способы решения проблемы моделирования структур вычислительных машин. Наносили результаты моделирования по оси времени на миллиметровке для ручного контроля правильности работы программ моделирования. Уже отмечалось, что моделирование работы «бурцевских» машин выполнял Андрей Степанов.

Э.П.: Тоже используя эти программы?

А.Т.: Он сам писал программы для этого.

Э.П.: А тесты отдельный народ писал? На ком это лежало?

А.Т.: Например, пультовые тесты для БЭСМ-6 писали разработчики, в том числе я. Интересно было увидеть копии программ этих тестов 60-х годов на эксплуатационном столе машины в Сосновом Бору, где в форме «разработал — проверил» в обеих позициях были наши фамилии и подписи, например: «Разработал Томилин — проверил Соколов» и наоборот. На пульте БЭСМ-6 находилось семь кнопочных регистров. Это были первые семь ячеек памяти с адресами с 1 по 7, и на них можно было набирать любые программы максимально из 14 команд (слово БЭСМ-6 содержало две команды). Несколько таких коротких программ-тестов на этих адресах были зафиксированы (запаяны) в отдельной аппаратуре и могли запускаться по указаниям с пульта. Конечно, были и большие тесты работы устройств, которые писались инженерами.

Важным было использование пультовых регистров для организации «человеко-машинного» взаимодействия. Операционная система опрашивала содержание этих регистров по таймеру — 250 раз в секунду. Нажатие (отжатие) клавиши оператором передавалось в работающую программу, ожидающую этого, для изменения ее поведения. Организация такого взаимодействия была успешно использована на старте космического корабля «Союз-19» в начале выполнения полета по программе «Союз» — «Аполлон» 15 июля 1975 года с 15 часов 20 минут. Я в момент старта находился за пультом, на котором отображалось определяемое так называемой «канальной» программой на периферийной машине комплекса АС-6 качество измерений углов видимости «Союза» и дальностей до него с наблюдательно-измерительных пунктов. Измерения были очень хорошие, о чем я по громкой связи сообщал на БЭСМ-6 операторам программного комплекса баллистических расчетов траектории подъема и орбиты «Союза». Хороших измерений нужно было не так много для точного решения этой задачи, и операторы нажатием клавиш пультовых регистров направляли выполнение программ комплекса по самому оптимальному по времени в этом случае пути. Только поднялся «Союз» на орбиту, а все (зоны видимости корабля, возможные

спуски его с орбиты и другие) было посчитано и передано в Хьюстон в США в американский Центр управления полетом, который одновременно получал эти же измерения с наших пунктов. Результаты обработки полученных данных совпали с результатами, полученными у нас, но были получены на 20 минут позже...

Э.П.: Качество с локаторов что ли?

А.Т.: С локаторов. Американцы спросили: «Какие же у вас машины, что вы нас на 20 минут опередили?» Это был эффект успеха человеко-машинного взаимодействия.

Э.П.: В развитии компьютеров был страшный момент, когда случился наплыв персоналок и они начали теснить мэйнфреймы. Возник некоторый испуг, наверное?

А.Т.: Юрий Павлович Рогов, замечательный программист из Вычислительного центра Академии наук, текст песни под это подстроил. Звучит так:

Вот и осень, закончился август,
От забот побелели виски.
Но я знаю, что я не избавлюсь
От какой-то неясной тоски

По годам, когда были большие
Электронные счетные М,
А мы были совсем молодые
И наивные были совсем.

Но списали последних мэйнфреймов.
Оживили дремавших ТР,
Озадачили преданных френдов,
Чтоб нетворк к интернет подцепить.

Вот и все! Мы в сетях ворлд-вайт-веба.
Вот и все! Мы в транспьютерной мгле.
Но как хочется звездного неба
И увидеть шестерку во сне.

Э.П.: Спасибо за беседу.

Э. М. Пройдаков

НИИЭВМ. Минская школа программирования. Елена Ильинична Дашинская. Путь программиста

Эдуард Пройдаков: Елена Ильинична, Вы начинали с машины «Минск» или сразу попали на ЕС ЭВМ?

Елена Ильинична Дашинская: Я начинала в 1962 году на четвертом курсе в ВЦ Белгосуниверситета с ламповой машины «Урал-1», которую выпускал Пензенский завод. Программы и данные в двоичном коде вводились через перфоратор с зачерненной фотопленкой. На пульте управления были зона лампочек-индикаторов, отображающих двоичный код, зона управления с кнопками и тумблерами для ввода команд оператора и числовая клавиатура. По кнопкам, например, выполнялись команды «Начальный пуск», «Пуск», «Останов», «Однотактный режим» (выполнить текущую команду в регистре). Тумблеры и индикаторы вкпе с однотактным режимом использовались для отладки программы. Выводить результаты программы можно было на ТБПМ (типовой быстропечатающий механизм), который мог печатать цифры и арифметические знаки.



Э.П.: Это устройство узкой печати?

Е.Д.: Да, на эту узкую печать мы с однокурсником Николаем Гончаровым выводили метрами координаты точек, рассчитанных по методу Зейделя, а затем вручную заносили их на миллиметровку для получения графика. Это был спецкурс «Математический практикум и техника работы на вычислительных машинах».

В 1963 году я пришла на дипломную практику в СКБ Минского завода счетных машин имени Орджоникидзе, в отдел, которым руководил Геннадий Константинович Столяров. Я попала лабораторию Макса Соломоновича Марголина, второй лабораторией руководил Марк Ефимович Неменман.



ЭВМ «Урал-1» в вычислительном центре Белгосуниверситета. Минск, 1962 г.

Э.П.: Марк Неменман в Москве прославился как главный борец за букву «ё» в кодировке, которая тогда разрабатывалась для советских ПК.

Е.Д.: Да, мы ему на 50-летие написали:

«Если ты букву ё не поставил на место,
то считай, что напрасно истратил запал».

Так вот, нас взяли на дипломную практику человек семь из БГУ и вначале всех определили на освоение «Минска-2», который уже поставлялся пользователям, но параллельно шла работа над «Минском-23». Руководителем моей дипломной работы «Программы обмена информацией между НМЛ и МОЗУ ЦВМ “Минск-22”» была ведущий инженер Дора Вениаминовна Шмерлис. Программы писались для «Минска-22», но задача стояла смоделировать на его накопителе на магнитной ленте (НМЛ) (лента предварительно размечается на зоны по 2048 слов) будущий НМЛ «Минска-23»

с переменной длиной зон и затем провести сравнительные оценки. Система символического кодирования (ССК) еще не была разработана, и программа писалась в восьмеричном коде и компилировалась вручную.

«Минск-23» был первой машиной с байтовой архитектурой и переменной длиной слов и команд. В его оперативной памяти (магнитное оперативное запоминающее устройство — МОЗУ, емкость 40 Кбайт) была предусмотрена область в несколько килобайт, защищенная от доступа непривилегированных программ, в которой хранились части управляющих программ. Одними из первых в этой области поселились система обработки прерываний (СОП, разработчик М. Г. Скоромник), система обработки сбоев (СОС, разработчик В. Г. Шевелев) и связь оператор–машина (СОМ, разработчик Е. И. Дашинская). Позднее в этих нескольких килобайтах поместился еще и резидент монитора пакетной обработки (разработчик А. Г. Лях). Программа СОМ использовала для связи электрическую пишущую машинку — впервые в этом семействе в составе пульта оператора. С ее внедрением стало возможным выводить текстовые сообщения программ вместо высвечивания двоичных кодов на индикаторах пульта управления, как это было ранее, и вводить команды оператора.

В 1964 году были разработаны язык ССК для «Минска-23» и кросс-транслятор для него, который, выполняясь на «Минске-22», обрабатывал программы, написанные на языке для «Минска-23»; а затем разработали и родной транслятор ССК для «Минска-23» с макробibliothекми (Э. В. Ковалевич, А. Г. Лях, З. А. Марук). Текст

- 48 -

Программа:						Шифр задачи:	
						Магнитная лента №	
						Перфокарта № 11	
	Адрес адресов	Прямая	Кол. оп	Исходно	A ₁	A ₂	Пояснения
35	0600	-	10 00	0050	0051		Подготовка к чтению допускаемой части программы или всей программы.
	1		30 00	0603	0000		
36	2		10 00	0044	0054		
	3		21 01	0203	0001		
37	4		13 00	0046	0000		
	5		13 00	0042	0000		
38	6		66 00	0233	0056		
	7		21 01	0625	0001		
39	0610		66 00	0152	0053		Формирование ко- манды чтения програ- ммы к. 0002
	1		20 00	0204	0052		
40	2		13 00	0053	0000		
	3		06 00	0205	0624		
41	4		65 00	0233	0051		
	5		30 00	0616	0052		
42	6		20 00	0052	0204		
	7		30 00	0620	0053		
43	0620		62 00	0205	0000		Чтение
	1		13 00	0045	0000		
44	2		06 00	0210	0625		
	3		10 00	0212	0002		
45	4		00 00	0000	0000		
	5		00 00	0000	0000		
46	6		30 00	0624	0000		
	7		30 02	0630	0061		
47	0630		20 00	0213	0625		Подготовка к фик- сированию считывающей, считывающей контрольной сум- мы на отапов или кор- рекцированию (Nij)
	1		20 02	0624	0201		
48	2		05 00	0061	0062		
	3		34 00	0634	0636		
49	4		00 00	0000	0000		
	5		00 00	0000	0000		
50	6		11 00	0051	0048		Корректировка разны-
	7		66 00	0303	0061		

Страница программы для ЭВМ «Минск-22», написанной в машинных кодах, — до появления символического кодирования. Минск, 1963 г.

исходной программы на ССК вводился через пишущую машинку автономного устройства подготовки данных (УПД) и выводился на перфокарты/перфоленту. Транслятор выводил листинг на перфоленту, а код программы — на перфокарты/перфоленту. Далее лента с листингом использовалась для ввода в телетайп, и на выходе получалась распечатка на стандартной однострочной телеграфной ленте. Затем лаборанты разрезали эту ленту на строки и наклеивали полоски строк на листы специально разработанного бланка. Позднее для распечаток использовалось появившееся алфавитно-цифровое печатающее устройство (АЦПУ).

Почему-то «Минск-23» в большую серию не пошел — их сделали всего штук двадцать. Весной 1966 года я в составе большой группы минских специалистов участвовала в наладке и запуске «Минска-23» на Новочеркасском электровозостроительном заводе, насколько помнится, это был опытный образец (государственные испытания были в сентябре). Две машины в 1969 году были проданы в Будапешт фабрике телефонной аппаратуры имени Белоянниса. Я и моя коллега Анна Георгиевна Лях вместе с инженерами с завода ездили туда на наладку и обучение пользователей. Для наладки и поиска неисправностей приходилось работать на уровне кода и с тестовыми программами, и с программами операционной системы — система обработки сбоев, сборщик-загрузчик, монитор пакетной обработки, библиотекарь, сортировка и другие. Например, на библиотекарке была обнаружена редчайшая аппаратная ошибка в НМЛ. Наладка шла трудно, я отработала там три месяца, а коллеги пробыли почти десять. Машины сдали, программистов обучили и помогли им спроектировать и начать разработку программы по расчету зарплаты. А в 1975 году я снова была в Будапеште уже в связи с ЕС ЭВМ, встречалась с венгерскими коллегами. Они рассказали, что обе машины «Минск-23» у них работают и даже приносят доход за счет оказания услуг другим организациям (расчет зарплаты, учет материалов и т.п.). Об этом факте нигде не написано, но он интересен.

Э.П.: Для венгров ССК переделывалась?

Е.Д.: Нет, им поставлялся транслятор ССК с русской символикой, русский тогда преподавался во всех венгерских школах, и наши подопечные программисты неплохо им владели.

После «Минска-23» наш институт начал активно заниматься «Минском-32», но я на разработку этой машины уже не попала, а с 1970 года начала заниматься операционной системой ДОС для ЕС ЭВМ.

Э.П.: Интересно, когда вы занимались переводом документации и локализацией, то вели какие-нибудь словари?

Е.Д.: Нет. Я, кстати, недавно думала об этом. Это было, наверное, большим упущением. Внутри крупных блоков системы (управляющие программы, обслуживающие программы, методы доступа и т.п.) термины унифицировались, но в первой редакции документации можно было встретить разногласия между этими блоками. В дальнейшем этому вопросу уделялось все больше внимания и качество документации улучшалось. Хотелось бы сказать еще несколько слов о работе над документацией. Единая система программной документации (ЕСПД) появилась в относительно сформировавшемся составе около 1979 года. Так что документация на систему ДЭС разрабатывалась с частичным применением стандартов на конструкторскую документацию (ЕСКД), которые не покрывали весь спектр нашей документации, а иногда и мешали сделать ее так, как хотелось бы. Тем не менее вся документация проводилась через службу нормоконтроля, и здесь бесценным консультантом и помощником для авторов была ведущий инженер, а затем и начальник этой службы Галина Николаевна Перевалова. С ее же поддержкой позже мы вращались в ЕСПД, набивали шишки, перерабатывая состав и структуру документов, форматы представления текста, создавали документацию на носитель дистрибутивной системы и многое другое. Тогда в документах появился и раздел «Термины и определения».

Для ЭВМ Ряда-1 было выпущено несколько редакций ДЭС-1, для Ряда-2 — соответственно, несколько редакций ДЭС-2. Редакции выпускались по результатам исправления недочетов, расширения функциональности, включения новых методов доступа к данным, поддержки новых внешних устройств и других модернизаций техники. В процессе расширения фронта работ коллектив вовлеченных программистов НИИЭВМ интенсивно расширялся и претерпел две реорганизации. При первой лаборатории М. С. Марголина и М. Е. Неменмана преобразовались в отделы с несколькими секторами внутри, а также был создан отдел Эдуарда Викентьевича Ковалевича (трансляторы для языков программирования). Работу по системе ДЭС-1 я начинала в отделе М. С. Марголина (помнится, он был также и заместителем главного конструктора ЕС-1020 В. В. Пржиялковского) в секторе Марии Григорьевны Скоромник. Она была энергичным руководителем, глубоко вникающим в работы каждой группы, иногда вплоть до блок-схем тех компонентов, которые были наиболее «ранимы» в плане адаптации. Работы сектора — супервизор, редактор, библиотекарь, программы обслуживания внешних носителей данных и другие.

В 1974 году, уже на разработке ДЭС-2, прошла вторая реорганизация: отделы были объединены в отделение (начальник Э. В. Ковалевич), а разросшиеся сектора отделов

были преобразованы в отделы, поделенные на сектора. Я с частью своей группы попала в отдел Людмилы Трофимовны Чупригиной, группа стала сектором (под моим руководством), пополнилась большой группой выпускников БГУ, тематика частично была передана в другие подразделения, но расширена на другие проблемы. Добавилась работа по сборке дистрибутивной ленты ДОС для поставки заказчикам. На ней поставлялись средства генерации ДОС, все системные и обслуживающие программы, а также система ОЛТЕП с тестами для проверки правильности работы внешних устройств (разработка отдела Александра Борисовича Флёрова). Компоненты ДОС передавались в группу сборки ответственными разработчиками на НМЛ, у нас была разработана программа автоматизации сборки, а также система тестовых заданий (тестовая лента) для проверки собранного дистрибутива. Если на тестировании компонента обнаруживалась ошибка, он возвращался на доработку, проводились повторно полная сборка и проверка дистрибутива после устранения всех ошибок, обнаруженных в предыдущей сборке.

В разработке ДОС принимали участие программисты предприятия Роботрон, Карл-Маркс-Штадт, ГДР. Они уже имели основательный опыт работы на ЭВМ-прототипе,



Коллектив разработчиков ДОС ЕС – супервизор, управление заданиями, средства протоколирования, генерация, библиотекарь, сборка и тестирование дистрибутива, 1975 г.

и их участие было весьма эффективным для продвижения разработки, анализа проблем, практической проверки работоспособности, а также и контроля совместимости с прототипом.

В 1977 году прошли государственные испытания ЭВМ ЕС-1035 с операционной системой ДОС-2. В конце того же года сводным коллективом разработчиков ДОС был подготовлен и передан в издательство справочник для пользователей, программистов и администраторов системы (Битель Ю.Ю., Воюш В.И., Горбунова Р.В., Дащинская Е.И., Лях А.Г., Марук З.А., Скоромник М.Г. «Операционная система ДОС ЕС. Справочник». — М.: Статистика, 1978).

Изначально системы ДОС поставлялись вместе с ЭВМ. А в конце 1979 года вышло постановление Государственного комитета по науке и технике (ГКНТ) «О повышении эффективности функционирования и использования Государственного фонда алгоритмов и программ», по постановлению создавались региональные отделения фонда для приема и поставки ПО пользователям. Белорусского отделения тогда не было создано, и мы ездили в «Алгоритм» (Москва) для проведения испытаний дистрибутивов ПО и передачи их для поставки пользователям.



Государственные испытания ЕС-1035 прошли успешно (Е.В. Ковалевич, Э.С. Брич, Л.Т. Чупригина, председатель комиссии А.И. Никитин, д.т.н., ИК АН УССР, Е.И. Дащинская, представители Минобороны Г.К. Осовин и А.Л. Серко), 1977 г.

Когда мы уже завершали ДОС, Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники (НИЦЭВТ) передал нам практически все компиляторы под ОС ЕС и работающую также в среде ОС ЕС систему, которая называлась TSO/CPB (Time Sharing Option / Система разделения времени). Система предназначена для обеспечения одновременного доступа к ресурсам ЭВМ множества пользователей через локальные или дистанционные терминалы для выполнения работ в мультипрограммном режиме. Нашему отделу, а именно моему сектору, эта система и досталась. Положительной предпосылкой для разработки CPB был имевшийся опыт отдела в разработке методов телекоммуникационного доступа, а также опыт работы с терминалами комплекса ЕС-7920 (разработка НИИЭВМ). Самый опытный специалист отдела в области телеобработки, ведущий инженер Светлана Климентьевна Розина, безотказно консультировала разработчиков CPB и проводила с нами практическое освоение работы за комплексом ЕС-7920.

Вначале мы осваивали систему на уровне пользователя, одновременно уделяя пристальное внимание самому важному разделу — управлению алгоритмами квантования времени, которые настраивались выбором параметров при установке и запуске. От алгоритмов напрямую зависело время ответа системы, а следовательно, и эффективность обслуживания пользователей. Через несколько месяцев было подготовлено техническое задание, и меня отправили в Москву его подписывать. Среди утверждающих организаций значился ГКНТ (подпись Б. И. Рамеева). Вот там я и застряла на несколько дней в дискуссиях с их специалистами именно в связи с алгоритмами квантования времени, пришлось даже на месте готовить рукописное детальнейшее их описание и обоснование.

Система CPB тесно связана с супервизором ОС ЕС (с системой обработки прерываний, службой времени и другими), связи устанавливаются в процессе генерации CPB. Приходилось устранять ошибки как в CPB, так и в ОС ЕС. Незаменимым куратором и консультантом от НИЦЭВТ в части разработки CPB была ведущий инженер Татьяна Владимировна Макарова. Она была уникальным носителем знаний компонентов управляющей программы на уровне алгоритмов, а также обширных знаний по всему составу ОС ЕС. Некрупные проблемы выяснялись по телефону, а по иным писались бумажные письма с приложением распечатки дампов, которые передавались через командированных сотрудников.

В разработке CPB участвовали и специалисты Роботрона, ГДР. Организация взаимодействия в этой работе была на более формализованном уровне по сравнению с ДОС. На каждое изменение писалась Концепция изменений (КИ), в которой

обосновывалось и описывалось изменение. На совместных совещаниях КИ рассматривались и утверждались либо отвергались, каждой КИ присваивался уникальный номер, при реализации строки ассемблера помечались номером КИ в комментариях.

В 1979 году сотрудники математического отделения переехали в новый корпус НИИЭВМ. А в 1981 году отделение отпраздновало свое 20-летие. К этому моменту в его состав входило уже шесть отделов (начальники отделов М. С. Марголин, М. П. Котов, А. А. Севастьяк, Л. Т. Чупригина, М. Г. Скоромник, В. И. Цагельский), а также подразделения подготовки данных и выпуска документации.

На первых государственных испытаниях СРВ устанавливалась связь между старым и новым корпусами НИИЭВМ: в новом корпусе находилась ЕС-1035 с подключенным к ней локальным терминалом ЕС-7920, мультиплексором передачи данных (МПД) и установленными ОС ЕС и СРВ. А в старом корпусе стояли три дистанционных терминала ЕС-7920, подключенных к МПД через линию связи. Испытания прошли успешно, и система СРВ «СОЖ» (по имени белорусской реки) была рекомендована для поставки пользователям.

Спустя некоторое время после государственных проводились совместные испытания со специалистами Роботрона, на них программа испытаний была более объемной, поскольку дополнялась проверками всех многочисленных изменений по КИ. В дополнение плановое время прогона контрольных задач увеличилось на несколько часов из-за отказа МПД. В результате мы продолжали работать ночью, и в какой-то момент обнаружилась уникальная ошибка: при переходе через полночь ОС ЕС передала СРВ неверное показание времени. Заканчивали прогон под утро, наши программисты, закаленные ночными сменами, бодро продолжали выполнять очередные инструкции прогона, а дежурившие у каждого терминала немецкие коллеги едва ли не засыпали.

К 1986 году было выпущено две версии системы: СРВ-1 для OS MVT и СРВ-2 для OS MVS, — а также по несколько редакций для каждой версии. На этом сотрудничество с Роботроном закончилось.



Главный корпус НИИЭВМ, Минск, ул. Богдановича, 155, 1987 г.

Когда в институте начались работы по созданию семейства РВ ЭВМ, для него также планировалась разработка системы разделения времени. Наш сектор был включен в начальный этап исследования возможности использования СРВ «СОЖ» в среде ОС РВ. И на первом образце семейства РВ ЭВМ мы работали в этом бронированном кузове. Когда стало очевидно, что СРВ «СОЖ» нуждается в довольно обширной переработке для работы в среде ОС РВ, то группа ее будущих разработчиков была выделена в отдельный сектор.

В 1987 году мне довелось поискать рабочее место внутри института вне отделения «больших машин» и посчастливилось попасть в отдел М. Е. Неменмана, занимавшийся разработкой программного обеспечения для ПЭВМ ЕС.

Это было начало 1987 года, в этот момент уже поставлялась ЕС-1840 с операционной системой Альфа-ДОС и шла подготовка к государственным испытаниям ЕС-1841 на процессорах 8086, а в техническое задание (ТЗ) на эту машину было включено



20-летие математического отделения НИИЭВМ (начальник отдела М.С. Марголин, ведущий инженер Г.Н. Толмачева, почетный гость и основоположник коллектива Г.К. Столяров, начальник отделения Э.В. Ковалевич), 1981 г.

требование о том, что на ней должна быть подтверждена работа системы типа UNIX. Марк Ефимович поручил эту часть мне и отправил в НИЦЭВТ к Валерию Викторовичу Митрофанову, он потом стал директором НИЦЭВТ, а тогда был начальником отдела, который располагался в ГВЦ Госкомпечати. Перед отделом стояла довольно экзотическая по тем временам задача — создать систему типа UNIX, работающую на ЕС ЭВМ, и они это сделали, система называлась «МОС». Позднее они сделали для ПЭВМ ЕС русифицированную документированную систему МОС-2 типа UNIX. Около 1990 года мы ездили на испытания этой системы. Ну, а в первый приезд мне передали дистрибутив ОС Venix/86 компании VenturCom с некоторой оригинальной документацией.

Э.П.: У меня был дистрибутив операционной системы Xenix.

Е.Д.: Xenix — это более поздняя и развитая система, а это был именно Venix. Система совершенно потрясающая: дистрибутив занимал всего 11 дискет по 360 Кбайт, но они содержали полноценный UNIX, который еще и «дружил» с системой типа PC DOS, распознавая ее загрузочный сектор на диске. Там были все основные средства того поколения UNIX — доступ к системе с терминалов, управление пользователями и доступом к файлам, архиватор, Shell, ANSI C, средства AWK, другие юниксовые задумки и встроенная поддержка локализации, включая национальные языки, — пиши таблички и настраивайся сам.

До момента перехода в этот отдел я никогда не видела ПЭВМ, и первую дистрибутивную дискету Venix попыталась засунуть вместе с конвертом в щель под дисководом. Но уже к испытаниям была сделана простенькая демонстрационная задача с различными выводами на экран и принтер. Позднее, когда сдавалась машина ЕС-1849, уже на ЦП 80286, то для демонстрации работоспособности UNIX использовалась SCO Xenix, работавшая на таких процессорах. И получилось так, что все контрольные задачи в системе Альфа-ДОС шли, а Xenix зависал на этапе загрузки. Я понимала, что принципиальная разница между этими двумя системами в том, что Альфа-ДОС — однопрограммная, а все UNIX — мультипрограммные, то есть работают с открытыми масками прерываний. Но как установить, где эта разница проявляется? Разработка ЕС-1849 велась в отделе Виктора Борисовича Шкляра, на мое счастье, у него работал и талантливый программист Петр Яцевич, написавший отладчик, с которым можно было входить в ядро системы с началом загрузки. Виктор Борисович, проявив сочувствие к моему плачевному положению, рекомендовал воспользоваться их отладчиком. Пробродив с отладчиком несколько дней по ядру Xenix, нашла команду снятия масок прерываний, а затем и точку проблемы: после выдачи команды «Получить параметры

диска» шла команда «Остановить процессор» для ожидания ответного прерывания от контроллера. Система и зависала на останове процессора в ожидании сигнала от контроллера. Разработчик контроллера Леонид Букчин соорудил специальное устройство, чтобы по каждому шагу программы отслеживать передаваемые ей сигналы контроллера. Было установлено, что сигнал прерывания от контроллера ушел, но был потерян потому, что шина его приема не успевала перейти в состояние готовности. В результате разработчику контроллера пришлось увеличить интервал между получением запроса и ответом на него. Вот такой пример адаптации.

Позже мы адаптировали Xenix для ЕС-1849: настроили на поддержку кириллицы, провели все другие настройки на местный «колорит», разработали комплект документации в соответствии с ЕСПД, но это никуда не пошло. В 1994 году начальник нашего отдела М. Е. Неменман уехал в США, а через год-полтора в отделе почти никого не осталось. Да и программистам других отделов пришлось пережить трудные времена: объем работ и штат НИИЭВМ сжимались шагреневой кожей. Но, к счастью, в 1993 году в Минске была основана частная компания IBA (International Business Alliance), ориентированная на информационные технологии. Михаил Петрович Котов, заместитель генерального директора IBA по программному обеспечению, а прежде — наш коллега по НИИЭВМ, отлично знавший бесценность программистских кадров института, постепенно начал приглашать теряющих работу специалистов в компанию IBA. По мере расширения компании многие десятки программистов НИИЭВМ получали работу в IBA. В том числе пришла в IBA и я, когда в 1995 году потребовалось создать группу специалистов по платформе IBM RS/6000 с операционной системой AIX (тип UNIX).

В 1996 году я была назначена руководителем группы из пяти программистов, начавшей проект для крупного зарубежного заказчика по поддержке и сопровождению системного программного продукта архитектуры клиент–сервер. Продукт предназначен для создания и безопасного хранения страховочных копий и архивов данных с целью последующего их оперативного восстановления/извлечения. Со временем коллектив вырос до сектора, в 2004 году это был уже отдел со штатом свыше двадцати сотрудников, в 2013-м — свыше тридцати. Продукт широко используется в мире, непрерывно совершенствуется и развивается. Сервер работает на множестве распространенных платформ, включая такие, как AIX, Linux Red Hat и SUSE, HP-UX, Solaris SPARC, Windows Server, клиент — на перечисленных выше, а также на Mac OS/OS X и семействе Windows. Имеется набор ассоциированных продуктов — Data Protection (DP) — для баз данных (например, MS SQL, Oracle), для почтовых систем

(например, Lotus Domino, MS Exchange), для систем SAP ERP и других. Минская команда работает с клиентским компонентом, а также с продуктами DP. Технология поддержки, сопровождения и развития продукта, а также правила взаимодействия и учета работ строго определены заказчиком через систему документов и электронных баз данных. Диапазон платформ и ассоциированных продуктов планомерно расширяется по мере развития ИТ в мире.

В 2014 году я оставила работу в ИВА для «заслуженного отдыха», но поддерживаю контакты с прежними коллегами и могу сказать, что проект успешно продолжается.

Э.П.: На чем вы пишете?

Е.Д.: В основном на C++ и Java.

Э.П.: Исходные тексты они вам дали?

Е.Д.: Все материалы проекта, включая исходные тексты, доступны всем участникам проекта на серверах заказчика. Доступ санкционируется заказчиком индивидуально для каждого участника.

Э.П.: ДОС ЕС я когда-то дизассемблировал, и она мне очень не понравилась. У вас не было желания ее переписать?

Е.Д.: Мы это постепенно и делали. Как-то мы посчитали, и оказалось, что в компоненты ДОС ЕС внесено около полутора тысяч изменений. Часть из них — это кириллица, настройка на отечественные технические средства, исправление ошибок в кодировке, но довольно значительная часть — доработки по расширению функциональности и оптимизации.

Много интересного о работах НИИЭВМ мог бы рассказать Марк Ефимович Неменман, он участвовал в разработке многих моделей семейства «Минск», руководил разработкой ПО для самого массового «Минска-32» и для ПЭВМ, участвовал во многих исследованиях. Хотелось бы отметить, что руководитель Неменман отличался тем, что никогда не говорил лишних слов и от него ты никогда не уходил без дельного совета, интересной идеи или принятого решения.

Из всех работ, в которых участвовала, я бы отметила ПО «Минска-23» — оно было первой моей работой для реально создаваемой с нуля ЭВМ. В нем была масса новых, на тот момент нигде не реализованных в стране собственных решений — инженерных и программистских. Руководители вникали не только во все нюансы проектирования программного обеспечения, но зачастую и в смежные технические решения. Например, когда инженеры спроектировали пульт оператора, начальник нашего отдела, он же заместитель главного конструктора, М. С. Марголин обсудил этот проект с нами и предложил подготовить свой вариант. Мы продумали и прорисовали

местоположение и названия всех служебных клавиш, кнопок, окошек с текстовой подсветкой, подробно описали их назначение. Затем Макс Соломонович послал в какой-то ленинградский институт, в котором были специалисты по эргономике, два варианта — один подготовленный инженерами, а другой — программистами. И вскоре пришел ответ, что вариант программистов предпочтителен. Внутри спор был разрешен главным конструктором В. В. Пржиялковским на общем совещании: ознакомившись с ответом из Ленинграда и выслушав обе стороны, он принял решение реализовать проект программистов.

А когда началась работа по адаптации ДОС и СРВ, то она тоже оказалась интересной и во многом творческой. Ведь существует мнение, что главной и единственной работой в адаптации является дизассемблирование и перевод документации. На самом деле это лишь начальный этап и база для дальнейшей как рутинной, так и творческой работы. Сквозная поддержка кириллицы во всех компонентах; поддержка собственных периферийных устройств с сохранением поддержки прототипов; обработка данных из областей диагностики памяти и процессора, уникальных для каждой новой модели ЕС, а также множество других моментов локализации системы. А далее — разработка средств создания дистрибутива системы и контроля его качества; разработка собственной документации, но никогда — простым переводом прототипа на русский язык. Анализ же чужих алгоритмов тоже весьма полезная работа: видишь не только то, как проектируют и пишут программы чужие гуру, но и замечаешь, как писать не следует. И рождаются идеи переработки, усовершенствования и дальнейшего развития.

И последнее — о нашем текущем проекте в ИВА, который живет с 1995 года. Работа по поддержке, сопровождению и развитию существующего продукта видится на первый взгляд малопривлекательной. Но ядро молодого коллектива стабильно уже второй десяток лет! Полагаю, ключ привлекательности в том, что анализ проблем, возникающих у пользователей продукта по всему миру, и поиски их решения в столь разнообразных операционных средах оказываются на самом деле процессом творческим и увлекательным. А непрерывное расширение диапазона платформ и ассоциированных продуктов предоставляет участникам проекта возможность постоянно наращивать багаж знаний по обширному кругу самых инновационных достижений в сфере информационных технологий.

Э.П.: Спасибо за беседу!

2017 г.

И. М. Лисовский

Всеволод Сергеевич Бурцев – любимый ученик академика С. А. Лебедева

Всеволод Сергеевич Бурцев начал свою научную деятельность с участия в возглавляемой академиком С. А. Лебедевым разработке одной из первых советских ЭВМ – БЭСМ. Самоотверженной работой и безусловными научными достижениями завоевал доверие своего руководителя и стал его надежным помощником в создании высокопроизводительных управляющих и информационных комплексов для объектов ПВО, ПРО и центров контроля космического пространства.

Сергей Алексеевич Лебедев, главный конструктор цифровой малой электронной счетной машины (МЭСМ), в 1950 г. переезжает из Киева в Москву, где развертывает работы по изготовлению новой, с большим быстродействием, электронной цифровой вычислительной машины в Институте точной механики и вычислительной техники АН СССР (ИТМиВТ). Эта разработка получит название «Большая ЭСМ» (БЭСМ). Для передачи опыта и продолжения работы в Москве он намеревался оставить из коллектива МЭСМ только А. Л. Гладыша и меня, однако в конце 1951 г. я был призван в армию.

Огромный потенциал ученого, приобретенный опыт конструирования и настройки МЭСМ давали С. А. Лебедеву свободу и верную ориентацию в дальнейшей проектной работе, отличающейся беспрецедентной степенью логической сложности и возрастающей интеграцией аппаратуры и программного обеспечения. Подходы и методы разработки остаются киевскими: ставка делается на молодежь.

В июне 1950 г. к ИТМиВТ прикомандировываются студенты Московского энергетического института (МЭИ) для прохождения производственной практики: В. С. Бурцев, В. А. Мельников, В. П. Смирягин, В. Н. Лаут, А. Г. Лаут, А. Н. Зимарев, А. С. Федоров. Руководителем назначается профессор С. А. Лебедев. Образовывается группа, дополненная молодыми специалистами ИТМиВТ П. П. Головистиковым и К. С. Неслуховским,





С. А. Лебедев и БЭСМ-1

которой поручено предварительное макетирование. Каждый получил конкретное инженерное задание. В. С. Бурцев макетировал блок управления командами, В. А. Мельников — блок центрального управления операциями, П. П. Головистиков — арифметическое устройство.

Все основные блоки и устройства будущей БЭСМ были обеспечены исполнителями. Каждому студенту была определена тема дипломного проекта, которая отражала разработку порученного ему

узла или устройства будущей машины. В сентябре 1950 г. прикомандированные студенты были оформлены сотрудниками ИТМиВТ, а в марте 1951 г. все успешно защитили свои дипломные работы, которые легли в основу эскизного проекта будущей машины БЭСМ АН СССР (БЭСМ-1).

В ноябре 1951 г. С. А. Лебедев познакомил меня со своими молодыми сотрудниками, с которыми мне придется скоро работать. Сергей Алексеевич был уверен, что по его настоятельной просьбе М. А. Лаврентьев и М. В. Келдыш освободят меня от службы в армии. Они обратились к заместителю Командующего ПВО маршалу Н. Д. Яковлеву, который адресовал их к Л. П. Берии, так как я был призван по так называемому бериевскому набору. Я остался служить в войсках ПВО, не прекращал посещать дом Сергея Алексеевича на Новопесчаной улице. С интересом слушал рассказы о ходе создания БЭСМ-1 и успехах бывших студентов-практикантов, ставших уже отличными инженерами. Понимал, что благодаря опыту, полученному в Киеве на разработке МЭСМ, таланту Сергея Алексеевича, его знаниям, умению подойти к людям, организовать их работу создание БЭСМ-1 будет успешным.

Все чаще в своих рассказах Сергей Алексеевич стал выделять В. С. Бурцева, предложившего новую схему триггера, менее быстродействующую, но более надежную, и разработавшего очень хорошие настроечные тесты. По словам С. А. Лебедева, никто так быстро не мог находить и устранять неисправности, как В. С. Бурцев, и вообще он быстро самоутвердился и выдвинулся вперед.

До поступления в МЭИ В. С. Бурцев, хотя и был еще совсем молодым, прожил нелегкую жизнь, которая многому его научила. Сергею Алексеевичу нравилось, что В. С. Бурцев пришел в ИТМиВТ со сформировавшимся характером, который

выражался в его наклонностях, темпераменте, принципах, взаимоотношениях со своей совестью. Одной из основных черт молодого ученого было стремление к самовыражению. Всеволод Сергеевич был эксцентричным и непредсказуемым: добрый, спокойный, уживчивый, он в любую минуту мог выкинуть какой-нибудь фортель, шокировать поступками, лишенными всякой логики, несмотря на удивительную логичность своего мышления.

Главной движущей силой его жизни было любопытство: «Ужасно интересно все то, что неизвестно». Занявшись изучением какого-либо вопроса, подходил к нему аналитически, старался разобрать все на детали и каждую хорошенько рассмотреть со всех сторон; поглощенный этим занятием, иногда бывал назойливым и нетактичным. Терпеть не мог всяческих рамок и ограничений, сроков и обязательств, что иногда приводило к осложнениям в отношениях с коллегами по работе и заказчиками. Если давал обещание, то выполнял его. Не любил лицемерия и ханжества. Был чужд всяких предрассудков. Очевидно, для него смысл имела лишь та жизнь, которая была прожита ради достойной цели и оставила после себя след, замеченный и оцененный другими. Характер не изменяется и определяет собой индивидуальность. Его индивидуальность сформировалась в столкновении с важными для него проблемами, где он учился в перспективе решать эти проблемы правильно. В жизни нужны правильная установка, правильный характер. *«Почему первые люди отпали от Бога? — спрашивал Сергей Алексеевич и отвечал. — Не хватило характера!»* Характер должен быть таким, чтобы не приносил неудовлетворенности и мук. Недовольство и тревога больше всего поглощают отпущенные нам силы.

Сергей Алексеевич всегда заботился о моральном климате в коллективе, чтобы ничто не отвлекало и не раздражало в окружающей обстановке. Тем более неожиданным стало для него открытие, что в коллективе не один лидер, а два: В. С. Бурцев и В. А. Мельников. Известно, как плохо понимают друг друга два человека, которые от природы наделены качествами лидера.

Как поступить? Из Вернадского известно, что вокруг нас, в нас самих, всюду и везде без перерыва, вечно сменяясь, совпадая и сталкиваясь, идут излучения волн разной длины. Сергей Алексеевич верил, что сознание — действующая сила окружающего нас мира, все в нем полярно. Мысли одной и той же природы (энергии) стремятся к объединению, притягиваются, сливаются, как капли ртути, а мысли полярные отталкиваются; на этом принципе основаны симпатии и антипатии людей.

Алексей Андреевич Ляпунов любил выходить в одну смену с В. С. Бурцевым для отладки своих программ на БЭСМ-1. Однажды ночью А. А. Ляпунов получил какой-то

гениальный результат, как он считал, и его надо было перенести с ртутных трубок на магнитный барабан, опечатанный КГБ и содержащий секретные результаты дневных работ. А. А. Ляпунов уговорил В. С. Бурцева записать свой гениальный результат на магнитный барабан, что тот и выполнил, но в его смену при устранении неисправности на стойке управления барабаном была сорвана печать. Разразился скандал. Смену В. С. Бурцева расформировали, а сам он был лишен допуска и права эксплуатации БЭСМ-1. Отстранить от работы самого энергичного и подающего большие надежды сотрудника для Сергея Алексеевича было невозможно. Он нашел занятие В. С. Бурцеву и одновременно решил проблему двух лидеров. В. А. Мельников был занят на разработках сверхмощных универсальных машин, а В. С. Бурцев занялся разработкой спецвычислителей по оборонной тематике.

В течение 1953–1956 гг. Всеволодом Сергеевичем для НИИ-17 (по заданию Главного конструктора В. В. Тихомирова) были созданы ламповые цифровые электронные машины «Диана-1» и «Диана-2», которые использовались для практической отработки съема координат с радиолокационных станций и преобразования их в цифровые сигналы управления. Оцифровку и селекцию данных, построение траекторий и сопровождение осуществляла «Диана-1», а решение задач перехвата и выдачу команд управления — «Диана-2». В 1956 г. на испытаниях под Курском было подтверждено, что разработанные Всеволодом Сергеевичем электронные машины правильно указывают летчику направление захода на цель и курс, позволяющий расстреливать ее наилучшим образом.

Это было эпохальным научным достижением, и В. С. Бурцев представил эту работу в качестве кандидатской диссертации, а Ученый совет единогласно рекомендовал утвердить ее как докторскую.

Примерно в это же время я курировал от Министерства обороны в НИИ-17 разработку первой полупроводниковой цифровой электронной машины «Пламя-К» (главный конструктор Б. П. Карманов), которая должна была войти в состав аппаратуры С-200, создававшейся КБ-1 (сейчас НПО «Алмаз»). Мы часто обсуждали с Всеволодом Сергеевичем профессиональные проблемы, нередко подшучивая друг над другом: например, я упрекал его в излишней приверженности к использованию ламповых схем, а он меня — в том, что «Пламя-К» основывалась на использовании паразитного параметра тау рассасывания, который при отработке технологии изготовления полупроводниковых триодов П-16 исчезнет. Я возражал Всеволоду Сергеевичу, что тенденции улучшения технологии изготовления полупроводников пока незаметно. Это касается и диодов Д-18 и Д-20. И действительно, несколько десятков лет «Пламя-К» работала в войсках в составе системы С-200 достаточно надежно. Два ее образца

изготовил Московский завод № 115, затем несколько образцов — Загорский электро-механический завод (ЗЭМЗ), и наконец документация по предложению председателя Московского совнархоза была передана для изготовления Астраханскому заводу, который серийно изготавливал «Пламя-К», не требовавшую настройки, что свидетельствует о высоком качестве ее разработки.

Нами обсуждалось и казавшееся диким и оскорбительным определение кибернетики в «Энциклопедическом словаре», изданном в 1953 г., как «служанки лженауки загнывающего капитализма». При Сталине математические методы управления экономикой подвергались идеологической критике, и только после его смерти стали высказываться робкие предложения использовать электронные вычислительные машины (ЭВМ) для улучшения управления экономикой страны. В начале 1955 г. Всеволоду Сергеевичу позвонил Анатолий Иванович Китов и сообщил, что готовит к изданию книгу по ЭВМ и программированию, в которой утверждает о неизбежности применения ЭВМ для автоматизации производства и решения задач экономики. (Книга А. И. Китова «Электронные цифровые машины» была издана в начале 1956 г. всесоюзным издательством «Советское радио» и явилась одной из первых работ по данной теме. В ней описаны технические устройства ЭВМ. Подробно рассмотрены различные аспекты ручного и автоматического программирования на ЭВМ. Изложены возможности решения на ЭВМ задач управления производством.) Фактически впервые были обозначены перспективы создания на основе ЭВМ автоматизированных систем управления (АСУ) различных уровней и назначения. Мы хорошо знали и уважали Анатолия Ивановича. Он, будучи в начале 1953 г. прикомандированным Министерством обороны к ИТМиВТ в звании майора, создавал инструкцию по эксплуатации БЭСМ АН СССР во время ее настройки. Нам тогда казалось, что нецелесообразно отвлекать инженеров, ведущих настройку, на «третьестепенную» работу по написанию инструкции. Только благодаря целеустремленности и исключительной настойчивости Анатолия Ивановича был создан качественный и крайне необходимый документ. Самоотверженный и профессиональный труд ученого был высоко оценен академиком С. А. Лебедевым и всем коллективом. Мы радовались, что наконец-то в открытой печати появится положительная публикация о «лженауке кибернетике» и о признании исключительных, пока еще скрытых колоссальных возможностей ЭВМ, и, конечно, поддержали А. И. Китова в его начинании.

Впоследствии академик М. В. Келдыш неоднократно с гордостью демонстрировал разработанную А. И. Китовым инструкцию в ответ на критику о том, что ЭВМ БЭСМ АН, которая устанавливалась и сдавалась в эксплуатацию в его институте, не имеет какой-либо документации для пользователей.

Эпоху создания противоракетной обороны (ПРО) страны можно исчислять с августа 1953 г., когда семь маршалов Вооруженных Сил обратились в ЦК КПСС с просьбой «поручить промышленным министерствам и их институтам приступить к разработкам средств борьбы с баллистическими ракетами дальнего действия, являющимися основными носителями ядерных зарядов к стратегическим объектам страны».

В сентябре 1953 г. группа известных ученых и конструкторов на заседании Научно-технического совета (НТС) 3-го Главного управления при Совете Министров СССР выразила принципиальное несогласие с обращением. В самых резких и даже оскорбительных выражениях осуждали обращение маршалов А. Л. Минц, А. А. Расплетин и в более мягкой форме — С. А. Лавочкин. Председатель НТС А. Н. Щукин предложил, учитывая популярность и заслуги подписавших обращение маршалов, дать такой ответ ЦК КПСС, чтобы по смыслу было ни «за», ни «против», а потом время покажет.

Поддерживали обращение Н. Д. Яковлев, Г. Ф. Байдуков, А. А. Космодемьянский, В. А. Котельников, С. П. Королёв, Ф. В. Лукин, одобрительно кивал головой П. Н. Куксенко.

В самый разгар дискуссии с последнего ряда зала раздался твердый, уверенный голос Григория Васильевича Кисунько: *«Обращение поднято вполне своевременно. Его содержание актуально. Согласно обзорно-технической информации разведанных, американцы широкомасштабно ведут разработки ракетного вооружения различных классов. Головные части ракет для систем обороны станут целями совсем в недалеком будущем»*. Дальше Григорий Васильевич, ссылаясь на предварительные расчеты, назвал параметры, которых необходимо добиться от радиолокационных станций, и утверждал, что они вполне достижимы. Его выступление произвело колоссальный эффект. Главный инженер назначенной головной организацией КБ-1 Ф. В. Лукин сказал, что работы по системе ПРО надо начинать как можно скорее. Так закончилось первое научное обсуждение возможности создания отечественной ПРО на высшем уровне.

После того как М. А. Лаврентьев и М. В. Келдыш обратились к маршалу Н. Д. Яковлеву с просьбой освободить меня от службы в армии, маршал стал брать меня с собой на разные заседания и коллегии, где не исключалась возможность рассмотрения вопросов, связанных с вычислительной техникой. Был я и на этом заседании, где большинство участвовавших академиков категорически утверждали, что решить проблему создания ПРО невозможно. Примерно так отреагировали на это утверждение Н. Д. Яковлев и Г. Ф. Байдуков: *«Мы помним, кто составляет большинство на собраниях при голосовании? Это близорукие люди, не признающиеся в ущербности своих знаний. То же и с этими учеными, они никогда не освободятся от смиренной рубашки убеждений, приобретенных в процессе подготовки кандидатских и докторских диссертаций. Новая*

научная истина им не откроется. А предложенная идея Кисунько, безусловно, новая и ее реализация будет несомненным прорывом в повышении обороноспособности страны и обеспечит нашим детям и внукам мирную жизнь на многие десятилетия. Нельзя не упомянуть, что Кисунько принадлежит одна из ведущих и, вероятно всего, решающих ролей в создании зенитной системы С-25 (“Беркут”). Он еще тогда показал свою высокую образованность, любознательность и в хорошем смысле некоторый авантюризм в принятии технических решений. Молодчина. Он не кабинетный доктор. Конечно, он талант и ему надо помогать. Тем более что сейчас он приобрел много врагов, а после реализации заявленной проблемы приобретет их еще больше».

Под тематику системы ПРО в составе КБ-1 было создано специальное конструкторское бюро — СКБ-30. Расширена кооперация для создания средств, решающих научно-технические задачи, в том числе и разработку цифровой универсальной быстродействующей вычислительной машины силами ИТМиВТ по техническому заданию КБ-1. В марте 1956 г. совместно с кооперацией был защищен эскизный проект экспериментальной (полигонной) системы «А». Выданы исходные данные Минобороны на строительство Государственного научно-исследовательского испытательного полигона (ГНИИП-10) в казахской пустыне Бетпак-Дала (Голодная степь), расположенной между низовьями рек Сарысу и Чу и западным берегом озера Балхаш. 17 августа 1956 г. появилось Постановление СМ СССР с определением полной Кооперации по созданию экспериментального комплекса ПРО и противоракетного полигона. Главным конструктором системы 3 февраля 1956 г. был назначен чл.-корр. АН СССР, Герой Социалистического Труда Григорий Васильевич Кисунько. Директор ИТМиВТ академик С. А. Лебедев получил возможность выдать задание на разработку вычислительной машины под названием «М-40» для системы «А». Она была поручена сразу двум группам разработчиков. Одну из них возглавлял В. С. Бурцев, вторую — Г. И. Гришаков. Обе группы выполнили свои задания, и в 1958 г. было готово два экземпляра машины М-40, изготовленных Загорским электромеханическим заводом.

В машинном зале на 40-й площадке полигона вблизи озера Балхаш, неподалеку от железнодорожной станции Сары-Шаган, в 1958 г. была установлена первая М-40, разработанная при непосредственном участии В. С. Бурцева, и начаты ее автономные испытания. Здесь же в помещении выше располагалась Центральная индикаторная станция (ЦИС), которая, по существу, являлась командным пунктом ГНИИП-10. В процессе автономных испытаний была создана и установлена в машинном зале модернизированная М-40, обеспечивающая выполнение операций над числами с плавающей запятой, под названием «М-50». Опыт разработки Всеволодом Сергеевичем «Дианы-1»

и «Дианы-2» позволил ему создать высокопроизводительную вычислительную сеть, включающую малые вычислительные машины радиолокационных станций (РЛС), радиолокатора противоракеты, М-40 и М-50. Все боевые процессы были автоматизированы. Главной стала вычислительная машина с реализованной в ней боевой программой. Человек — только наблюдатель. Информация от радиолокаторов поступала асинхронно по дуплексным радиорелейным линиям связи с объектов, находящихся на расстоянии от 100 до 200 км. Для ее обработки Всеволод Сергеевич впервые ввел развитую систему прерываний в М-40 и М-50 и впервые же в Советском Союзе разработал устройство приема и передачи данных с использованием принципа работы мощного мультимплексного канала, имеющего доступную для всех каналов память.

С августа 1959 г. начались пусконаладочные работы с участием всей вычислительной сети системы «А», радиорелейных линий связи, станции дальнего обнаружения (СДО) «Дунай-2» В. П. Сосульникова, радиолокаторов точного наведения (РТН) Г. В. Кисунько, пусковой установки противоракеты В-1000 И. И. Иванова.

Настало время принятия самых ответственных решений о готовности вычислительных средств и программ к комплексным работам в системе. Прежде всего потому, что, по предварительным расчетам, для построения пролонгированной траектории баллистической ракеты при отдельной обработке каждого измерения дальности от трех РТН не хватало мощности одной вычислительной машины. Предлагалось применить три машины отдельно для РЛС, РТН и средств наведения противоракеты, а следовательно, должна быть и четвертая, обеспечивающая работу этих трех. Этот вывод поверг всех в уныние. Даже главный конструктор М-40 С. А. Лебедев обеспокоенно обратился к своим сотрудникам с вопросом: «Как быть?» (Своим сотрудником Сергей Алексеевич считал и начальника отдела программистов полигона Александра Федоровича Кулакова, который стажировался в ИТМиВТ, будучи тогда совсем молодым человеком, но уже старшим лейтенант-инженером). Вывел всех из этого состояния уникальнейший, высокопрофессиональный научный сотрудник ИТМиВТ, пионер программирования в СССР, к. ф.-м. н. Евгений Алексеевич Волков. Он доказал, что не будет большой погрешности для расчета пролонгированной траектории цели, если данные от РТН вместо каждого измерения вводить пачками через специальный сумматор на входе М-40. При этом хватит быстродействия и памяти одной машины. С. А. Лебедев поверил Е. А. Волкову и принял решение выходить на испытания системы «А» с одной машиной М-40.

Е. А. Волков руководил группой программистов, в которую входили Ю. М. Барбошкин, Д. Б. Подшивалов, Г. Г. Рябов, А. М. Степанов. Они разрабатывали общую

боевую программу системы «А» (мозг системы); управляющую программу, которая обеспечивала автоматическое управление в реальном масштабе времени десятком сложных объектов, удаленных на расстояния до 230 км; программы функционального контроля, а также готовили к самостоятельной работе программистов



Участники проекта системы «А», слева направо: Ю.М. Барабошкин, А.М. Степанов, Л.Н. Королёв, Е.А. Волоков, Г.Г. Рябов, В.И. Рыжов

полигона. Подготовленность последних оказалась востребованной очень скоро, когда выяснилось, что от РЛС «Дунай-2» поступает недостаточная информация на М-40. Офицеры Н.К. Хитальский, О.А. Баряев, Е.Г. Баршай и В. Бурьянов быстро создали свою программу, устранившую этот недостаток. Они также принимали активное участие в доработках общей боевой программы по повышению надежности ее функционирования, устойчивости к сбоям и отказам вычислительных средств системы.

Программисты ИТМиВТ и полигона внесли существенный вклад в создание экспериментальной системы «А».

В течение мая–ноября 1960 г. имитировались пуски по условным целям в замкнутом контуре. Особенно успешной была комплексная работа 24 ноября 1960 г. Наконец-то сквозь череду мучительных неудач и усилий стала просвечиваться победа, и она, конечно, близилась.

В январе 1960 г. завершились работы на Московском комплексном стенде (МКС; 1958–1959). Все специалисты, участвовавшие в обеспечении работ на стенде, уехали на полигон. Отбыли туда Н.К. Остапенко, А.Ф. Кузьминский, Н.К. Свечкопал, М.Г. Миносян и др., с кем я общался. Во второй половине февраля и я приехал на ГНИИП-10 в качестве представителя 4-го ГУМО. 4 марта 1961 г. по совету Г.В. Кисунько я сидел на диване за аппаратным шкафом ЦИСа, не высовываясь, чтобы начальник 1-го управления полигона Або Сергеевич Шаракшанэ не заметил, что не все на своих местах. Я напряженно ждал торжественного начала боевой работы. После доклада полковника А.С. Шаракшанэ Григорию Васильевичу о готовности всех служб к работе я подошел к ЦИСу. Светились индикаторы и два экрана, запускаемые от М-40. Шел прогон всей аппаратуры системы. Прошла программа функционального контроля. Последовательно по громкоговорящей связи прозвучали команды готовности. Я опасался «визит-эффектов». Не доверял достаточной надежности электронных ламп по опыту работы еще на системе С-25. Но все шло благополучно. «Дунай-2» выдала данные о захвате цели на М-40, которая, непрерывно уточняя

траекторию цели, направляла целеуказания РТН, рассчитала и выдала данные на пусковые установки. Мое напряжение было предельным: ждал воющего звука, который в динамике издавала программа построения траектории противоракеты. Вдруг на ЦИСе все погасло. В машинном зале взорвалась лампа, обеспечивающая управление оперативной памятью. Однако в машинном зале В. С. Бурцев предусмотрел тренировку ламп и горячий блочный резерв. Дежурившие офицеры быстро заменили неисправный блок. Григорий Васильевич дал команду перезапустить программу. В боевой программе была предусмотрена периодическая запись на магнитный барабан промежуточных данных, необходимых для возобновления работы программы в случае сбоя или неисправности. Благодаря отличному знанию программы и спокойствию и выдержке в создавшейся обстановке Андрей Михайлович Степанов за считанные секунды, произведя необходимые манипуляции на пульте машины, перезапустил программу во время боевой работы системы. Послышался воющий звук в динамиках громкоговорящей связи. Значит, все пошло нормально. По командам от М-40 произведен пуск противоракеты В-1000 и ее подрыв на высоте 25 км. Головная часть баллистической ракеты Р-12 развалилась на куски.

Главный конструктор Г. В. Кисунько сразуотреагировал поэтическим экспромтом на это событие:

Мне не забыть, как ранним мартом
В машине нашей цифровой
За три минуты перед стартом
Произошел случайный сбой.

Но в тот же миг машину эту
Мы вновь пустили, чуть дыша,
И все же сбили мы ракету
Над диким берегом Балхаша.

Успех был обеспечен исключительно честным, добросовестным отношением к выполнению полученных заданий многотысячного городского контингента, брошенного волею судьбы в эту щебневую Голодную степь. Условия жизни здесь в первые годы были ужасными: летом в тени плюс 40 градусов, зимой минус 40 при ветре 12–15 метров в секунду; сотрудники размещались в деревянных бараках по 10–12 человек в комнате (кроме клопов), «удобства» под открытым небом; снег — с конца

ноября, держится 2,5–3 месяца. Этой забытой богом земли избегали даже коренные жители, казахи-кочевники, которые лишь дважды в году, весной и осенью, перегоняли через Бетпак-Далу свои стада. Никого не манила эта вечно унылая, лишь ранней весной оживленная пустыня. Кажется невероятным, как из галечника, песка и глины в каменистой пустыне весной рваным ковром развиваются прекрасные тюльпаны, черная и серая полынь.

В среде семейных офицеров сочиняли иронические распевки:

Не видел хуже я дыры,
Чем эти самые Сары,
И каждый, Родину любя,
Тихонько думал про себя:
Да, с милой рай и в шалаше,
Но... только не на Балхаше!

Всеволод Сергеевич Бурцев, как и все на полигоне, стойко переносил лишения и тяготы, выпавшие на его командировку. Конечно, требовались колоссальные усилия и самоотдача, чтобы продолжать работу, не впадая в отчаяние. *«Каждый долгом своим дорожил и гордился своим полигоном, где ковался для Родины Щит»* (Главный конструктор Г. В. Кисунько).

В. С. Бурцев кроме решения профессиональных проблем занимался устройством быта и отдыха своих подчиненных, проведением спортивных игр, в которых и сам участвовал. За время пребывания на полигоне проявил недюжинные организаторские способности, создал исключительно благоприятный климат в коллективе и во взаимоотношениях с Главным конструктором системы «А». Академик С. А. Лебедев, посещая полигон, убедился, что В. С. Бурцев полностью справляется с возложенными на него обязанностями. Это позволило А. С. Лебедеву уделять больше внимания проблемам, возникающим в ИТМиВТ, не отвлекаясь на полигон.



С. А. Лебедев, 1950 г.

В ускорении работ на экспериментальной системе «А» значительную роль сыграло создание Московского комплексного стенда (1958–1959). По предложению Г. В. Кисунько, с которым я был знаком по работе на головном объекте системы «Беркут» (С-25), С. А. Лебедев поручил мне заняться МКС. Здесь-то и пригодилась вторая машина М-40, в разработке которой принимала участие группа Г. И. Гришакова. Здания ОКБ-30 и ИТМиВТ были связаны 6-й радиорелейной линией (пять других были задействованы на полигоне). В зданиях кроме М-40 поместили аппаратуру радиолокаторов точного наведения, автопилота, рулевых машинок и вначале аналоговой, а затем электронной модели первой в мире скоростной противоракеты В-1000, созданной специально для системы «А» Машиностроительным конструкторским бюро (МКБ) «Факел», которым руководил П. Д. Грушин. В память М-40 была введена необходимая информация для полунатурного моделирования процесса наведения противоракеты: отработки алгоритма контура управления противоракетой и программ обработки информации, формирования и выдачи в каналы связи команд управления противоракетой — и для обеспечения комплексного функционирования экспериментальной системы «А» в московских условиях. Начались отладка ряда сложных целевых алгоритмов и выявление сотни нестыковок, ошибок в аппаратуре и алгоритмах. Почти вся наземная аппаратура системы «А» перед отправкой на полигон отлаживалась на МКС. Только благодаря Московскому комплексному стенду и предпринятым Бурцевым мерам повышения надежности радиоламп, а также созданному им горячему резерву в машинном зале стало возможным ускорить создание экспериментальной системы «А», осуществившей 4 марта 1961 г. успешный перехват и уничтожение головной части баллистической ракеты. США такого результата смогли добиться только 23 года спустя, 10 июня 1984 г.

Успешное решение задачи создания средств и методов борьбы с баллистическими целями в годы холодной войны имело колоссальное политическое значение. Главный конструктор Г. В. Кисунько и начальник полигона С. Д. Дорохов доложили об этом событии Первому секретарю ЦК КПСС Н. С. Хрущёву, который с гордостью и некоторой гиперболизацией оповестил о нем весь мир. ЦК КПСС и Правительство высоко оценили это достижение. Группа ведущих конструкторов во главе с Г. В. Кисунько, включая С. А. Лебедева и В. С. Бурцева, была удостоена Ленинской премии.

Вернемся к предыстории. Что могло натолкнуть Г. В. Кисунько до его выступления в 1953 г. на сентябрьском заседании НТС ТГУ при СМ СССР на подготовку таких аргументированных прикидочных расчетов «о принципиальной возможности радиолокационного обнаружения и автоматического сопровождения головных частей баллистических ракет»?

Немного о себе. Хотите верьте, хотите нет, но речь пойдет о событиях, восстановленных по моим записям и воспоминаниям. В мае 1952 г. после завершения учебы на курсах усовершенствования офицерского состава при Харьковской артиллерийской радиотехнической академии с оценкой «отлично» я в составе других слушателей был отправлен в Москву и размещен в Лефортовских казармах. Отсюда Н. Н. Детиновым отобран и направлен на Кунцевский механический завод в группу настройщиков координатных шкафов станций Б-200 системы ПВО «Беркут». Мы с сотрудником завода Олегом Шкварниковым первыми настроили координатный шкаф. Получили премию по 9 тыс. рублей, и я немедленно купил автомобиль «Москвич», но недолго им пользовался. Вместе с координатным шкафом и Шкварниковым мы отправились на полигон в Капустин Яр, где с октября 1952 г. собиралась и настраивалась система «Беркут». После стыковки координатного шкафа с другой аппаратурой системы присутствовал 2 ноября 1952 г. на первом пуске по неподвижной цели в контуре наведения ракеты В-300, разработанной известным конструктором Семеном Алексеевичем Лавочкиным. Незабываемое зрелище. Затем я был направлен для прохождения службы в войсковую часть под Волоколамском, но, поскольку там был только бункер, а аппаратуру еще не завезли, меня командировали на головной объект системы «Беркут». Здесь же в апреле 1953 г. был назначен заместителем начальника радиотехнического центра и начальником координатной группы. С головой ушел в изучение новой малопонятной обстановки. Мотался между двумя объектами вблизи Ногинска и Бронниц. На объекте возле Ногинска немецкие специалисты совершенствовались на так называемом правом канале координатного шкафа процесс наведения ракет В-300, их стабилизацию в полете, управление наведением на цель, принципы реализации алгоритма выработки команд управления ракетой на протяжении всего ее полета к точке встречи с целью и момента подрыва боевой части В-300. В результате весь «правый канал» был заменен. В короткие сроки Кунцевский завод поставил новые «правые каналы» координатных шкафов на те объекты, где уже успели установить старые. Я принимал участие в настройке, испытаниях и подготовке аппаратуры к предъявлению Государственной комиссии. По предложениям члена Государственной комиссии, главного инженера 1-й Армии особого назначения, начавшей тогда формироваться, генерал-майора В. И. Герасимова посещал объекты первого кольца ПВО Москвы, которые укомплектовывались координатными шкафами, и помогал их настраивать. Пользовался приемами ускоренной настройки параметров шкафа, которым меня научили немецкие специалисты. Както, набравшись наглости, начал говорить этим для меня корифеям, что не только

«правый канал» надо было дорабатывать, но есть и другие ущербные решения, недопустимые для военной аппаратуры. Вдруг все, включая руководителя группы Хоха, поднялись, и я, решив, что меня не хотят слушать, заговорил быстрее. О том, что никуда не годится кварцевая следящая система, которую после включения необходимо приводить в режим на 20 шкафах не менее двух часов. Для наведения ракеты на цель используется аналоговый вычислитель с «доисторическими» кулачками. Очень низкая надежность координатных шкафов, использующих тысячи радиоламп со сроком службы 200 часов¹.

За моей спиной раздался приятный дружелюбный голос: *«Правильно, лейтенант»* (тогда еще младший). Я повернулся и наткнулся на протянутую руку высокого, красивого, статного мужчины. *«Майор Григорий Васильевич Кисунько. Будет свободное время — разыщите меня»*. После ухода Г. В. Кисунько немцы сели и с восхищением заговорили о нем. *«Это ученый — глыба, эрудит и энциклопедист, руководит разработкой приемно-передающих устройств и антенно-волноводного тракта радиолокатора, но он занимается всей системой и ни одно решение не принимается без него. Это самая умная голова из тех, с которыми мы здесь контактируем»*. После таких рекомендаций я, конечно, его нашел. Мы с этих пор подолгу беседовали. На головном объекте и в Кратово я рассказывал об изобретенной академиком С. А. Лебедевым цифровой электронной вычислительной машине с ее колоссальными возможностями. О том, как в свободное время, прогуливаясь по феофанийскому лесу под Киевом, академик С. А. Лебедев высказывал своим спутникам мысли о предстоящем развитии вычислительной техники, и особенно программирования, о непременно самом широком их распространении и другие совершенно новые идеи. А однажды он выразил мысль, на наш взгляд, совершенно фантастическую о том, что «единственным эффективным способом борьбы с дальними ракетами является посылка встречной ракеты. Точку их встречи может

¹ В конце апреля 1953 г. головной объект системы «Беркут» посетил председатель Радиосовета АН СССР академик, инженер-контр-адмирал Аксель Иванович Берг. Его знакомил со станцией Б-200 майор Г. В. Кисунько. А. И. Берг остановился у координатных шкафов. Задал мне несколько вопросов и сказал: координатный шкаф неработоспособен, не верите – давайте посчитаем надежность. Мы с Григорием Васильевичем помогли ему составить схему расчета. А. И. Берг выдал параметры, и через некоторое время мы сверили наши расчеты. Они почти совпали. Аксель Иванович был прав: зоны работоспособности шкаф не имел. В чем же дело? Шкаф-то работает! Григорий Васильевич предположил, что 200 часов работы лампы, которые мы брали в расчет, – это средний срок, а реально большинство ламп выходит из строя сразу при замене, другие работают два, три и больше сроков. Этим и объясняется, что шкаф исправно работает примерно час, что вполне приемлемо.

рассчитать быстродействующая цифровая электронная вычислительная машина и вместе с радиолокационными системами обеспечить наведение противоракеты на уничтожение цели». (Эти высказывания академика С. А. Лебедева опубликованы в моих воспоминаниях о нем в книге «Сергей Алексеевич Лебедев», М.: Физматлит, 2002; в сборниках ИТМиВТ «От БЭСМ до суперЭВМ»; в материалах научных конференций по вычислительной технике в Москве, Киеве, Варне и др.)

В. С. Бурцев проверенные технические решения на полигоне предлагал использовать в последующих разработках, в которых принимал участие. Так, они были отражены в 1960–1961 гг. в аванпроекте машины 5Э92Б. После обсуждения структуры машины в своей группе, в которую входили: Е. А. Кривошеев, Ю. Х. Сахин, В. Я. Горштейн, Л. Н. Назаров, И. К. Хайлов, Д. Б. Подшивалов, В. И. Степанов, Ю. Н. Никольская, С. Л. Кольцова, П. В. Борисов, К. Я. Трегубов, Ю. Д. Острецов, В. П. Зверков и др., — посоветовавшись с С. А. Лебедевым, В. С. Бурцев как заместитель главного конструктора принял решение, что блок должен быть элементом замены и содержать 30 ячеек, полностью на полупроводниковых интегральных схемах, разработанных и производимых в НИИ молекулярной электроники (НИИМЭ) и на заводе «Микрон». 5Э92Б должна содержать два процессора, работающих на одну общую оперативную память. Быстродействие первого должно составлять 500 тыс. операций в секунду, второго — 37 тыс. Представление чисел с фиксированной запятой, разрядность 48, емкость оперативной памяти 32 тыс. слов, основной цикл работы 2 мкс. Второй процессор предназначается для управления работой четырех магнитных барабанов по 16 тыс. слов каждый и 16 магнитных лент, а также для обеспечения работы с 28 телефонными и 24 телеграфными дуплексными каналами связи. В зависимости от решаемых задач 5Э92Б могла бы состоять из 1, 2, 3, 4 или 8 машин. Здесь впервые в Советском Союзе В. С. Бурцев реализовал принцип многопроцессорности и внедрил новые методы управления внешними запоминающими устройствами, которые позволяли осуществлять одновременную работу нескольких машин с доступом к единой внешней памяти. Реализация такой структуры и принципов обеспечила:

- первенство электронных цифровых вычислителей на «интегралках», как любовно называл их С. А. Лебедев;
- двухпроцессорный комплекс с общим полем оперативной памяти;
- аппаратный контроль исправности устройств;
- возможность создания многомощных систем с общим полем внешних запоминающих устройств;
- возможность автоматического скользящего резервирования машин в системе;

- развитую систему прерываний с аппаратным и программным приоритетом;
- работу с удаленными объектами по дуплексным телефонным и телеграфным линиям.

Модернизация 1965 г. дополнила эту архитектуру:

- мобильностью вычислительных систем для работы в тяжелых условиях эксплуатации;
- представлением чисел с плавающей запятой;
- виртуальной памятью;
- мультипрограммным и многозадачным режимом работы с аппаратной поддержкой защиты оперативной памяти и каналом обмена с внешней памятью.

Программное обеспечение включало специальное математическое обеспечение реального времени, развитую систему тестовых и диагностических программ, существенно использующих аппаратный контроль и позволяющих определить неисправный блок.

Преимущества этой машины по сравнению с ранее разработанной М-40 значительны.

Модернизированный трехмашинный вычислительный комплекс с общим полем внешней памяти эксплуатируется на Крайнем Севере.

Изучался опыт ввода и эксплуатации этих машин на многих объектах стратегического назначения и в вычислительных центрах.

За разработку и модернизацию 5Э92Б В. С. Бурцев и И. К. Хайлов удостоены Государственной премии СССР.

После обсуждения в коллективе института опыта разработки и эксплуатации машины 5Э92Б С. А. Лебедев принял предложение Генерального конструктора систем ПВО

Б. В. Бункина разработать специализированный малогабаритный мобильный высокопроизводительный цифровой вычислительный комплекс (ЦВК) 5Э26 для применения в ракетных системах ПВО. Решив ряд организационных и научно-технических проблем в обеспечении работ по 5Э26 с начала 1969 г., С. А. Лебедев провел крупнейшую за всю историю института реорганизацию. Ресурсы множества разрозненных лабораторий были



Цифровой вычислительный комплекс 5Э26

объединены под руководством шести головных лабораторий, и в их числе лаборатории № 2, которую возглавил В. С. Бурцев.

ЦВК 5Э26 создавали молодые (в среднем 30-летние), но уже опытные специалисты. Трудились много и напряженно, радуясь важности доверенного им дела и новизне решаемых проблем. Успеху общего дела служили также дружеские и доверительные отношения между специалистами разных профилей. Возглавлял разработчиков Главный конструктор ЦВК 5Э26 С. А. Лебедев, которого радовало проявление все большей самостоятельности в принятии важных технических решений его заместителя В. С. Бурцева. Основную группу составляли: Е. А. Кривошеев, П. В. Борисов, К. Я. Трегубов, Ю. Д. Острецов, В. Н. Лаут, Л. А. Козлов, Д. Б. Подшивалов, О. К. Гушин, Ю. С. Рябцев, В. И. Степанов, В. П. Зверков.

Бурцевым была предложена многопроцессорная архитектура ЦВК 5Э26, обеспечивающая работу до трех модулей центральных процессоров (ЦП) и двух специальных процессоров ввода-вывода информации (ПВВ) с общей памятью, состоящих из модулей (блоков) независимой командной памяти и модулей оперативной памяти данных. Кэш-память данных — в каждом центральном процессоре. В ЦВК может поступать большое число внешних прерываний. Модули ЦВК охватываются полным аппаратным контролем исправности. По сигналам аппаратного контроля выполняется автоматическая реконфигурация ЦВК, в результате которой в боевой работе остаются только исправные модули. Все действия по переходу с одной рабочей конфигурации ЦВК на другую занимают не более 17 мс.

В. С. Бурцев согласовал предложение с конструкторами и утвердил конструкцию ЦВК. Шкаф (высота 1885 мм, ширина 2870 мм, глубина 655 мм; потребляемая мощность 5,5 кВт), который ставится у стенки транспортного средства (фургона или подобного). В шкафу предусматривались стойки-секции, каждая из которых содержит 7 одноэтажных мест для съемных блоков. Эксплуатация ЦВК должна осуществляться при подходе к шкафу с одной стороны, ремонт производится заменой блоков. Используются блоки трех размеров по высоте (1-, 2- и 3-этажные). Резервирование в ЦВК осуществляется группами (модули резервирования), имеющими 1–3 блока.

Один этаж блока вмещает до 28 ячеек — типовых элементов замены, имеет каркас с объединительной панелью из двух многослойных печатных плат МПП-2. Ячейка включает шестислойную печатную плату МПП-1 размером 170×110 мм, на двух поверхностях которой монтируются корпуса интегральных схем (до 70 штук), на одной стороне установлен разъемный соединитель с объединительной панелью блока,

а на противоположной стороне МПП-1 имеется колодка-ручка с контактами для контрольных точек и сигналов индикации.

В качестве интегральных схем использовались в основном полупроводниковые микросхемы из числа первых отечественных серий — 133 и 130 (ТТЛ-типа).

МПП ЦВК 5Э26 должны обладать следующими важными особенностями:

- наличие в платах, кроме сквозных, также «глухих» (внутренних) металлизированных отверстий для межслойных переходов;
- наличие специальных слоев «земли» и «питания» с большой площадью проводников шин разводки;
- 8-слойные МПП-2 должны иметь размеры не больше 280×220 мм.

Указанные особенности МПП ЦВК 5Э26, которые в течение многих лет были недоступны для конструкторов других изделий, обеспечили высокое быстродействие



Сотрудники ИТМИВТ

и компактность аппаратуры, обусловленные большой плотностью связей при требуемой помехозащищенности, а также высокую технологичность — пригодность к автоматизированному производству, поскольку подавляющее большинство связей в серийных образцах должно быть печатными.

На В. С. Бурцева легла большая нагрузка по обеспечению проектирования и автоматизированного изготовления ячеек, панелей и блоков машины 5Э26 (которая была первой ЭВМ третьего поколения в ИТМиВТ и на заводах). Потребовалось разработать и освоить в производстве множество новых процессов, материалов, оборудования и оснастки, организовать ряд специальных участков и цехов, переобучить инженеров и техников, технологов и производственников. Впервые были созданы:

- система автоматизированного проектирования на ЭВМ ячеек, блоков и устройств на основе интегральных схем (ИС) и МПП с выпуском полного комплекта машинной документации, включая управляющие программы для производственно-технологических установок;
- технологическая база, производственные участки автоматизированного изготовления МПП со сквозными и внутренними металлизированными переходами, включая новые материалы (тонкий фольгированный «травящийся» диэлектрик, сухой пленочный фоторезист, специальные фото пленки и многое другое);
- специальное оборудование (координатограф, сверлильные станки, линии химико-гальванических покрытий, прессы и т.п.);
- контрольно-измерительная аппаратура для проверки качества печатного монтажа и металлизации, устойчивости МПП к различного рода воздействиям и др.;
- технологические процессы, инструкции, методики;
- участки со специальным инженерным обеспечением (гермозоны, очистные сооружения);
- методика, оборудование и оснастка для монтажа ячеек и блоков, их доработки и ремонта;
- методика, специальные стенды и оснастка для наладки, контроля и разнообразных испытаний ячеек, блоков и шкафов.

Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) ЦВК 5Э26 было выполнено на новых ферритовых сердечниках (биаксах) с двумя взаимно перпендикулярными отверстиями, разработанных в ИТМиВТ В. С. Бурцевым и группой В. В. Бардижа. Память команд объемом 64 Кбит, реализованная на биаксах, работала без разрушения считываемой команды и обеспечивала хранение информации без расхода энергии. Для

обеспечения устойчивости накопителей ОЗУ к механическим и климатическим воздействиям в полевых условиях эксплуатации матрицы из сердечников заливались специальным эластичным компаундом.

Принципиально новым устройством памяти, разработанным В. С. Бурцевым, В. Н. Лаутом, П. С. Мико и В. П. Зверковым специально для ЦВК 5Э26, явилось запоминающее устройство команд (ЗУК), выполненное на биаксах. ЗУК удовлетворяло очень жестким требованиям к памяти команд ЦВК. Обеспечивало хранение информации без какого-либо потребления энергии, было устойчивым ко всем видам возможных внешних воздействий (механическим, климатическим, радиационным, электромагнитным), имело достаточно большую емкость, обеспечивало возможность простой электрической перезаписи информации для частого внесения изменений в программы.

В начале 1970-х гг. (да и многие годы потом) вариант ЗУК на сердечниках с двумя отверстиями был лучшим техническим решением, несмотря на большие размеры и массу модуля ЗУК, которые вызвали необходимость сделать специальное устройство для его установки в шкаф и извлечения из шкафа. При разработке и организации производства ЗУК потребовалось решить сложные технические проблемы.

Обеспечению удобной наладки первых образцов, простоты ремонта и обслуживания ЦВК в полевых условиях уделялось много внимания. Для наладки и выявления места неисправности (компонента, связи, контакта и т.д.) были разработаны специальные технологические стенды: производственный на заводе и эксплуатационный в ремонтном органе в войсковых частях. В этих стендах блоки работающего ЦВК размещались не в штатном шкафу, а в специальных разнесенных по площади стойках, позволяющих иметь доступ щупами контрольно-измерительной аппаратуры к элементам на объединительной панели блока и ко всем контактам ячеек. Сигналы с ячеек передавались на технологический пульт для индикации. В ремонтном органе восстановленный блок проходил полный контроль в составе технологического ЦВК, после чего передавался в качестве ЗИП в места эксплуатации ЦВК. Ремонт штатного ЦВК производил оператор путем замены блоков (с использованием ЗИП) на основании индицируемых на шкафу сигналов «Авария» по результатам аппаратного контроля и тестирования.

Особое значение В. С. Бурцев придавал обеспечению надежности выполнения боевой задачи. Кроме структурных методов резервирования с автоматической реконфигурацией при аппаратном контроле исправности модулей для получения требуемых показателей надежности ЦВК осуществлялись самые разнообразные мероприятия по повышению физической безотказности всех составляющих ЦВК (компонентов, печатных плат, ячеек, блоков, межблочного монтажа и др.) во всех

диапазонах изменения параметров внешних воздействий. Схемы ЦВК разрабатывались с использованием руководящих технических материалов, которые были созданы с учетом всех возможных факторов, влияющих на надежность работы схем во всех условиях и режимах работы ЦВК.

Конструкция ЦВК по согласованию с В. С. Бурцевым разрабатывалась специалистами ЗЭМЗ М. И. Одеским, В. Н. Пахомовым, Б. А. Вайсбурдом и В. М. Яновским, которые имели опыт создания аппаратуры для установки в транспортные средства и работы в полевых условиях.

В работах по ЦВК 5Э26, которые обеспечивали становление отечественной научно-технической и производственной базы высокопроизводительных специальных ЭВМ третьего поколения, участвовало несколько предприятий радиопромышленности СССР: ИТМиВТ — головной разработчик, ЗЭМЗ — головной производитель и соразработчик, НПО «Алмаз» — головной «комплексник» и организатор работ по технической базе (Генеральный конструктор Б. В. Бункин), НПО «Авангард» (по гибридным микросхемам ЗУ), ЦНИТИ (по печатным платам), Львовское ПО им. В. И. Ленина — второй завод-поставщик ЦВК, 5Э262, 5Э265 и др.

Необходимые новые материалы, компоненты, технологические процессы и оборудование для изготовления ЦВК 5Э26 создавались на предприятиях электронной, электротехнической, химической, станкоинструментальной промышленности СССР.

По решению В. С. Бурцева при производстве ЦВК применялись известные (в том числе по зарубежным публикациям) методы обеспечения надежности: контроль и испытания материалов и покупных комплектующих изделий, пооперационный контроль в производстве, технологические испытания и тренировки узлов, устройств и комплекса в целом, периодические и отладочные испытания и др.

Кроме общеизвестных методов обеспечения надежности аппаратуры, которые в последующие годы стали традиционными для различных изделий, при создании ЦВК 5Э26 были использованы также особые мероприятия, в том числе испытания партий микросхем на выявление перемежающихся отказов и испытания блоков в режиме изменения их температуры. Наличие перемежающихся отказов в микросхемах, при которых дефект проявляется в виде кратковременных самовосстанавливающихся неисправностей и лишь позже приводит к полному отказу, долгое время не признавалось отечественными поставщиками микросхем. Много времени и труда пришлось затратить заместителю главного конструктора 5Э26 В. С. Бурцеву и коллективу института, чтобы добиться поставок качественных микросхем.

В. С. Бурцев настоял, чтобы при производстве ЦВК 5Э26 были созданы стенды, на которых проводились также испытания комплекса в целом на устойчивость к механическим воздействиям в процессе решения задач.

Принятые меры по повышению надежности ЦВК 5Э26 и накопленные знания имели большое практическое значение, поскольку это был первый отечественный опыт в области надежности специальных ЭВМ третьего поколения.

В настоящее время эксплуатируется более 1000 экземпляров ЦВК 5Э26 и их модификаций.

За создание ЦВК 5Э26 удостоены Государственных премий СССР: Е. А. Кривошеев, Ю. Д. Острцов, Ю. С. Рябцев. Многие из разработчиков получили государственные награды.

После ухода из жизни С. А. Лебедева коллектив его воспитанников продолжил разработки спецмашин, ускорение которым дал Сергей Алексеевич, в лучших традициях его школы для развития систем ПВО Генерального конструктора Б. В. Бункина.

В 1977 г. по результатам заводских и государственных испытаний, производства и эксплуатации ЦВК 5Э26 В. С. Бурцевым было принято решение о разработке новых моделей ЦВК 5Э26.

В новых моделях (5Э265 и 5Э266) удалось:

- повысить эффективность аппаратного контроля (АК) как за счет некоторого увеличения аппаратуры АК, так и путем увеличения программного доступа к АК;
- создать конструкцию ЦВК такой, чтобы можно было добраться щупом до большинства контактов в логических блоках во включенном состоянии;
- повысить эффективность проведения реконфигурации с помощью доработки программ, обеспечивающих изменение конфигурации;
- улучшить расположенную на шкафу индикацию состояния ЦВК для обеспечения ремонта и отладки боевых программ.

Архитектура новых моделей осталась такой же, как и у 5Э26, но потребовалось практически заново разработать все ячейки, блоки и шкаф ЦВК.

Ячейки сохранили свои размеры, а конструкция печатных плат была улучшена.

ЦВК выпускались в двух модификациях — малая (5Э262, 5Э266) и большая (5Э261, 5Э265) машины. Отличались они тем, что большая машина имела не одну, а две секции памяти, при этом емкость командной и оперативной памяти удваивалась.

ЦВК 5Э265(6) проявили лучшие характеристики надежности, чем 5Э261(2). В связи с этим были откорректированы требования ТУ на ЦВК в части среднего времени наработки на отказ (увеличено почти в 2 раза).

После окончания разработки моделей 5Э261, 5Э262, 5Э265 и 5Э266 в 1978 г. Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий выдал авторское свидетельство № 157346 на изобретение ЦВК 5Э26, авторы: В. С. Бурцев, Е. А. Кривошеев, П. В. Борисов, Ю. Д. Острецов, В. И. Степанов, К. Я. Трегубов, Д. И. Обидин, Ю. С. Рябцев (заявка № 2271485, приоритет изобретения 10 января 1980 г.).

Новым направлением разработки семейств управляющих ЦВК 5Э26 в ИТМиВТ, а также на нескольких заводах стала система 40У6; год прекращения производства: 1994, всего изготовлено 1,5 тыс. машин.

Еще при жизни С. А. Лебедева перед ИТМиВТ была поставлена задача создать универсальный вычислительный комплекс производительностью более 100 млн операций в секунду. Решать такую проблему можно было только на новой элементной базе, новой архитектуре и новых методах организации вычислений. В 1970 г. началось написание аванпроекта на вычислительный комплекс «Эльбрус», имя которому дал С. А. Лебедев. Но, кроме имени, прежде всего требовалась новая элементная база, а ее-то и не было. НИИМЭ не сумел в назначенный срок обеспечить ИТМиВТ интегральными схемами (БИС) с задержкой 2–3 нс. Главный конструктор «Эльбруса» принял решение разрабатывать комплекс на проверенной элементной базе 5Э26, хотя и с недостаточной на то время надежностью. Чтобы хоть как-то нивелировать этот недостаток и увеличить производительность создаваемых ЭВМ, В. С. Бурцев предложил в многопроцессорной архитектуре использовать принципы модульности и масштабируемости. Был ли это единственный путь? С. А. Лебедев, посетив в последний раз ИТМиВТ 8 марта 1973 г., чтобы поздравить женщин, одобрил его. В 1978 г. был создан «Эльбрус-1» (главный конструктор В. С. Бурцев), который имел модульную конструкцию и мог включать от 1 до 10 процессоров на базе схем средней интеграции. Его быстродействие достигало 15 млн операций в секунду. Наиболее интересной в «Эльбрусе-1» была суперскалярная архитектура, массовое использование которой за рубежом началось только в 1990-х гг. Впервые за многие годы разработки конструктора В. С. Бурцева предназначались не только для закрытой



Суперкомпьютер «Эльбрус-2»

тематики, но и для использования в гражданских целях. Теперь стало ясно всем, что работы С. А. Лебедева и В. С. Бурцева обеспечивали превосходство вычислительной техники в Советском Союзе над зарубежными ЭВМ и никогда не отставали.

Следующее поколение данной архитектуры — машина «Эльбрус-2». Быстродействие до 125 млн операций в секунду. Симметричная многопроцессорная архитектура с общей памятью, реализация защищенного программирования с аппаратными типами данных, суперскалярность процессорной обработки, единая операционная система для многопроцессорных комплексов. Эти возможности, реализованные в «Эльбрусах», появились раньше, чем на Западе. Важным моментом в разработке многопроцессорного вычислительного комплекса (МВК) «Эльбрус-2» явилось использование новой ранее запланированной элементной базы — больших интегральных схем (БИС). Два типа самых массовых из них поставлялись заводом «Микрон», а сборка остальных была организована в самом ИТМиВТ. Производительность многопроцессорных комплексов увеличивалась пропорционально росту числа центральных процессоров и была ограничена двумя факторами: пропускной способностью коммутатора между процессорами и ОЗУ и сложностью организации деликатной работы сверхоперативной кэш-памяти. В МВК «Эльбрус-2» В. С. Бурцев реализовал такую схему, которая практически исключает влияние этих факторов, не замедляет работу комплекса и мало зависит от числа центральных процессоров.

В. С. Бурцев в полной мере исполнил свою роль конструктора, организатора и создателя вычислительной техники в Советском Союзе, участвуя в разработке четырех поколений ЭВМ. «Эльбрус-1» и «Эльбрус-2» вывели В. С. Бурцева на всесоюзный и мировой уровни известности. Он заслуженно удостоен высоких правительственных наград, снискал уважение многих коллективов НИИ и промышленности. Но не оставлен был и завистниками, которые мешали ему реализовывать интересные замыслы и спокойно жить.

Только добропорядочные люди способны следовать советам бабушки Ванги: *«...надо приложить максимальные усилия, чтобы освободиться от вражды, ненависти, зависти. Будущее принадлежит добрым людям».*

Всеволод Сергеевич Бурцев продолжал активно участвовать в работах Генерального конструктора Г. В. Кисунько на полигоне, который не считал триумфальным достигнутый результат поражения головной части баллистической ракеты боевой осколочной частью противоракеты, так как вероятность его считал недостаточной в случае оснащения баллистической ракеты средствами защиты. Нужна была более надежная боевая часть. Остановились на ядерной. В октябре 1961 и в 1962 г. были

проведены такие испытания на высотах 300, 150 и 80 км. Их результаты были учтены в разработке и модернизации систем ПРО и СПРН, а В. С. Бурцеву пришлось откорректировать команду условного перехода в общей боевой программе, реализованной на ЭВМ.

С конца 1964 г. началось форсирование работ по системе А-35 и ее прототипу стрельбовых комплексов полигонному испытательному комплексу «Алдан». В состав ЦВК «Алдан» была включена ЭВМ 5Э92Б — результат труда главного конструктора академика С. А. Лебедева и ее непосредственного разработчика В. С. Бурцева. Межведомственные испытания комплекса из восьми машин завершились в 1967 г. Кроме «Алдана» ЭВМ 5Э92Б использовалась в вычислительных и управляющих информационных комплексах боевых систем ПРО, комплексах управления космическими объектами, центрах контроля космического пространства и др.

В. С. Бурцев принимал участие в работах по системам А-35 и А-35М, которые проводил Г. В. Кисунько на полигоне. До своего отстранения от должности в 1975 г. Г. В. Кисунько успел сказать В. С. Бурцеву, что для его систем под Москвой нужны вычислительные машины с быстродействием не меньше 100 млн операций в секунду. Параллельно практически с 1968 г. Бурцев был основным разработчиком вычислительного комплекса «Эльбрус-1», создание которого завершил в 1978 г., уже будучи главным конструктором. Кроме того, В. С. Бурцев с 1973 г. начал работы с Главным конструктором системы ПРО А-135 А. Г. Басистовым и в этом же году стал директором ИТМиВТ. Как снежный ком, нарастали профессиональные обязанности и организационные дела. В 1976 г. В. С. Бурцев был избран членом-корреспондентом АН СССР.

В апреле 1979 г. после увольнения из армии я вернулся в ИТМиВТ на должность заместителя начальника лаборатории № 2 и был отправлен в командировку в воинскую часть 03080 (ГНИИП-10) ответственным представителем института с заданием организовать на площадках 40 и 8 замену устаревших вычислительных машин на МК «Эльбрус-1».

О ходе работ до их завершения в 1981 г. докладывал В. С. Бурцеву и на выездных коллегиях, которые проводили заместители министра Минрадиопрома — сначала В. И. Марков, а затем О. А. Лосев. С начала 1982 г. в качестве ответственного представителя ИТМиВТ совместно с представителями ЗЭМЗ и САМ организовывал монтажные работы и установку десяти шкафов МК «Эльбрус-1» на объекте 2311 в Софрино. В 1983 г. войсковая часть, размещавшаяся в Софрино, предоставила ИТМиВТ три квартиры со всеми удобствами. Однокомнатную квартиру занял я, а в двух- и трехкомнатной разместил смены настройщиков аппаратуры и программистов. С начала 1983 г. ЗЭМЗ

и САМ начали поставку на объект 2311 аппаратуры МВК «Эльбрус-1», настройку которой совместно с представителями заводов проводили разработчики ИТМиВТ.

О ходе работ по вычислительному комплексу я докладывал В. С. Бурцеву, ответственному представителю ОКБ-2 ЦНПО «Вымпел», чаще М. Г. Минасяну, и на выездных коллегиях. Вдруг на выездной коллегии во второй половине апреля 1984 г. в качестве директора ИТМиВТ появляется Г. Г. Рябов. После моего доклада он делает мне какие-то замечания, которых я не понимаю. За два или три дня до коллегии в Софрино приехал В. С. Бурцев. Я сразу заметил его необычное состояние. Он выглядел растерянным и подавленным. А после коллегии спросил, кто же будет доводить наш комплекс, предстоит ведь еще замена «Эльбруса-1» на «Эльбрус-2», правда, это не составит больших хлопот, поскольку конструкция одна и та же, только элементная база другая.

Видно, кто-то надоумил министра радиопромышленности через пять дней после приказа от 16.04.1984 № 136кдсп об освобождении т. Бурцева Всеволода Сергеевича от должности директора ИТМиВТ издать приказ от 21.04.1984 № 140-дсп с целью концентрации усилий по завершению работ по МВК «Эльбрус-2»:

1. Назначить главного конструктора МВК “Эльбрус-2” т. Бурцева Всеволода Сергеевича начальником тематической лаборатории ИТМиВТ им. С. А. Лебедева.
2. Основными задачами лаборатории считать завершение ввода МВК “Эльбрус-2” на объектах и окончание государственных испытаний.
3. Директору ИТМиВТ им. С. А. Лебедева т. Рябову совместно с главным конструктором МВК “Эльбрус-2” т. Бурцевым представить в недельный срок предложения по структуре и составу тематической лаборатории.
4. Директору ИТМиВТ им. С. А. Лебедева т. Рябову и главному конструктору МВК “Эльбрус-2” т. Бурцеву считать важнейшей задачей обеспечение проведения испытаний и ввода в эксплуатацию системы А-135.
5. Контроль за исполнением приказа возложить на начальника Восьмого Главного управления т. Семикова.

П. С. Плешаков»

Стало ясно, что происходит в институте. Завистники не унимаются, только все перенесено на более высокий уровень. Я вспомнил, как при мне в КБ-1 полковник Г. В. Кисунько объявил своему подчиненному подполковнику А. Г. Басистову «служебное несоответствие». Теперь А. Г. Басистов назначен главным конструктором системы ПРО А-135, сместив Г. В. Кисунько. Между Кисунько и Басистовым, как и между некоторыми другими выдающимися учеными и конструкторами, работающими в одних

и тех же оборонных областях, существовали и существуют непримиримые противоречия и даже многолетняя вражда. Низы идут вверх. Я понимал Всеволода Сергеевича. Старался отвлечь его от тяжелых мыслей. Мы жили вместе в однокомнатной квартире. Утром он уходил готовить вычислительный комплекс к государственным испытаниям, а вечером готовил прекрасные ужины из того, что я добывал в Алешинском лесничестве, причем даже картошку Бурцев жарил по-своему. Пока он занимался ужином, я делал напиток для главного конструктора по рецепту академика Несмеянова, который он узнал во время приема Г. Ф. Байдукова с небольшой свитой. После ужина я старался отвлечь внимание Всеволода Сергеевича на что угодно, лишь бы он не сосредотачивался на своих мыслях, например декламировал стихи:

Если жизнь тебя обманет,
Не печалься, не сердись!
В день уныния смирись:
День веселья, верь, настанет.

Сердце в будущем живет;
Настоящее уныло:
Все мгновенно, все пройдет;
Что пройдет, то будет мило.

Но стихи его не отвлекали. Тогда я, как и в начале нашего знакомства, стал подкалывать его тем, что он никогда не отмечает большого вклада военных представителей, который они вносят на всех стадиях жизненного цикла вычислительных средств, создаваемых ИТМиВТ по заказам Минобороны, начиная с контроля НИР, эскизных и технических проектов, разработки конструкторской и программной документации, участия в подборе элементной базы, изготовления опытных образцов, их предварительных и государственных испытаний.

В другой раз я напомнил Всеволоду Сергеевичу о давнем разговоре с Сергеем Алексеевичем Лебедевым, когда кто-то из нас назвал его великим ученым. *«Нет! Я многому не соответствую для этого определения. Чтобы стать ученым, необходимо иметь:*

- светлый ум;
- неумное честолюбие;
- неиссякаемое трудолюбие;

- *высокий талант;*
- *бесконечную одержимость;*
- *извращенную любовь к умственному труду;*
- *особые способности к анализу и интуиции.*

Большинство создано не в такой благородной отливке указанных качеств, чтобы считать науку задачей каждого, и я этого не считаю».

Всеволод Сергеевич помнил этот разговор, но полагал, что это очень жесткое определение и, возможно, совсем несправедливое. Мы долго обсуждали этот разговор, и я радовался, что отвлек его на значительное время. Подобных разговоров по вечерам у нас было много. А утром и днем мы были заняты подготовкой вычислительного комплекса к государственным испытаниям. Даже в такой напряженной обстановке Всеволод Сергеевич не забывал заботиться о сотрудниках ИТМиВТ, занятых на объекте 2311, и поручал мне так же, как он это делал на Балхаше, организовывать вечера отдыха, на которые приглашались настройщики и настройщицы с ЗЭМЗ и САМ и их руководители. Подобные мероприятия, безусловно, положительно влияли на настроение и отношение к труду.

Приближались государственные испытания. Напряжение возрастало. У Всеволода Сергеевича росло угнетение из-за несправедливости и реакции руководства на подметные письма и устную клевету. Выдержит ли его психика? Не упадет ли он в пучину депрессии? Вдруг у меня возникло ощущение, что В. С. Бурцев повторяет судьбу своего учителя С. А. Лебедева, у которого сильный нервный стресс обусловил раковое заболевание. Никогда об этом Всеволоду Сергеевичу я не говорил, хотя общался с ним еще в течение десяти лет. Когда Всеволод Сергеевич стал заместителем, а затем директором Вычислительного центра коллективного пользования (ВЦКП) Академии наук СССР, он приходил в ИТМиВТ, чтобы поздравить меня с днем рождения или рассказать о своем увлечении новыми методами обработки потоковой информации, появление которых было вызвано резко возросшими объемами и скоростями передачи данных в последние десятилетия XX в., потребовавшими значительного увеличения производительности вычислительных машин.

Основоположник электронной вычислительной техники в СССР и России Сергей Алексеевич Лебедев всегда создавал машины предельного быстродействия, которое было допустимо возможностями комплектации, технологии изготовления и оснащенности промышленности. Создание машины требуемой производительности с архитектурой на традиционных принципах, разработанных и реализованных

Сергеем Алексеевичем ранее, привело бы к значительному усложнению аппаратуры, технологии изготовления и большим финансовым затратам.

Для решения проблемы разрабатывались новые методы обработки потоковой информации, которые позволили бы при меньшем быстродействии машин получать высокую производительность и реализовать максимальный параллелизм, заложенный в алгоритмах. Основные варианты таких архитектур машин, разработанные во Франции, США и Японии:

- статическая архитектура, модель Массачусетского технологического института (MIT Static Dataflow Architecture); система LAU, разработанная во Франции в 1979 г.;
- динамическая архитектура, Tagged-token dataflow, впервые реализована в аппаратуре в 1981 г. в Манчестерском университете; MIT Tagged-Token Dataflow Machin — проект, начатый в Калифорнийском университете и продолженный в Массачусетском технологическом институте (MIT); SIGMA-1, разработанная и эксплуатируемая в Японии с 1988 г.; проект Monsoon, разработанный в Массачусетском технологическом институте;
- гибридная архитектура, проекты Epsilon-1 и Epsilon-2, подготовленные в лаборатории Sandia (США); проекты EM-4 и EM-X, разработанные в электрической лаборатории Tsukuba (Япония) в 1990–1993 гг.;
- многопоточная архитектура, Large-grain dataflow, заявлено несколько патентов.

Все известные методы обработки потоковой информации, заявленные в патентах или реализованные в опытных образцах потоковых систем, имеют недостатки, которые воспрепятствовали их широкому распространению и практическому применению.

Основные из них следующие:

- необходимость иметь большой объем ассоциативной памяти из нескольких модулей для увеличения темпа обработки информации и хранения промежуточных вычислений;
- относительно невысокая надежность работы, связанная с возможностью возникновения тупиковых ситуаций (дэдлоков) в процессе вычислений при переполнении хотя бы одного модуля ассоциативной памяти;
- отсутствие средств для управления прохождением вычислительного процесса со стороны операционной системы и пользователя;
- отсутствие информации о выполнении во времени тех или иных вычислительных задач, что также снижает надежность функционирования и его возможности.



Всеволод Сергеевич Бурцев

Всеволод Сергеевич Бурцев задался целью избавиться от указанных недостатков и решить задачу обработки информации на основе потока данных. Эта цель вдохновила его на многолетний колоссальный труд, потребовавший огромных знаний, зрелости ума и накопленного профессионального опыта. Завершение было совсем близко. Но, как натянутая струна, на самом пике творческой и организационной активности жизнь Всеволода Сергеевича оборвалась. Примерно за месяц в телефонном разговоре он прощался со мной, но я этого не понял. 14 июня 2005 г. не ста-

ло выдающегося конструктора цифровых вычислительных электронных машин, талантливейшего организатора работ в сложных полигонных и объектовых условиях, отличного семьянина, вырастившего и воспитавшего вместе с женой двух замечательных сыновей и посадившего огромное количество деревьев.

Очень тяжело писать о В. С. Бурцеве в прошедшем времени, когда память еще удерживает его живой образ, увлеченные рассказы об изобретениях, которые он собирался внедрить в многопроцессорной вычислительной системе обработки информации на основе потока данных. На протяжении всей своей трудовой деятельности, начиная с ранних разработок специализированных цифровых вычислительных машин «Диана-1» и «Диана-2», Всеволод Сергеевич все возникавшие технические проблемы, как гордиевы узлы, разрубал изобретениями. Так же он поступил и в отношении создания оригинального способа обработки информации на основе потока данных. За короткий срок он получил ряд патентов на изобретения по этой тематике и проводил работы по созданию принципиально новой архитектуры вычислительной системы. Ее отличительными особенностями являются:

- новый алгоритм обработки потоковых данных;
- нетрадиционное использование ассоциативной памяти для управления вычислительным процессом;
- решение проблемы обработки многопоточковой информации.

В процессе аппаратной и программной реализации изобретений Всеволода Сергеевича могут еще возникать проблемы обработки информации на основе потока

данных, но они не могут быть такими значительными, чтобы невозможно было создание потоковой вычислительной системы. Главные проблемы Всеволодом Сергеевичем Бурцевым были решены и поставленные цели достигнуты.

Звезда В. С. Бурцева ярко сияла на небосклоне вычислительной техники, истоки которой уходят на 30 000 лет до н.э. к «вестоницкой кости» с зарубками.

Чем ярче жизнь, тем неумней горе.

Р. С. Я часто вспоминаю многочисленные встречи и беседы с Григорием Васильевичем Кисунько в Кратово, на головном объекте С-25 возле Бронниц, в КБ-1, на Балхашском полигоне, в совместных поездках на конференции в Киев, в поездках на его родину в село Бельманка и в Гуляйполе Запорожской области и убеждаюсь в том, что более талантливого, честного, справедливого и совестливого человека в своей долгой жизни не встречал.

Полигонная жизнь на мне, как на «вестоницкой кости», оставила зарубки.

Я много съел восточных блюд,
И вид пустыни мне привычен,
Я стал задумчив, как верблюд,
И, как осел, меланхоличен.

Ничто не доводит меня до нервных стрессов. Может, потому и живу так долго?

2 июня 2011 г.

Э. М. Пройдаков

Владимир Сергеевич Семенихин



Академик В. С. Семенихин был главным идеологом и организатором создания территориально распределенных катастрофоустойчивых автоматизированных систем управления (АСУ) военного назначения.

Родился Владимир Сергеевич 9 февраля 1918 г. в Сумах, Украинская ССР.

Отец: Семенихин Сергей Иванович, русский, родился в 1881 г. (Гороховец Владимирской обл.), в 1943 г. погиб в Сталино (ныне Донецк).

Мать: Семенихина Валерия Валерьяновна, русская, родилась в 1888 г. (Ворожба Сумской обл.), в 1943 г. погибла в Сталино.

Жена: Семенихина (Лебедева) Любовь Николаевна, русская, родилась в с. Хорошие Воды Тульской обл., проживает в Москве.

Сыновья: Валерий (г.р. 1940), Сергей (г.р. 1944), Владимир (г.р. 1947) (старший погиб в 1943 г. в Сталино).

Трудовая деятельность будущего академика началась в середине 1930-х гг.

1935–1937 гг. — студент Донецкого индустриального института.

1937–1941 гг. — студент Московского энергетического института, выпускник кафедры автоматики и телемеханики (специальность «Автоматика и телемеханика»).

1941–1946 гг. — инженер, старший мастер, начальник цеха оборонного завода Министерства вооружения (Свердловск). После начала Великой Отечественной войны В. С. Семенихин был направлен в Свердловск на завод № 217 Народного комиссариата вооружений СССР. На заводе он проработал пять лет и прошел путь от инженера-конструктора до начальника цеха. Занимался созданием и отработкой технологии изготовления новых образцов авиационных пушечно-пулеметных и бомбардировочных прицелов [1].

1946–1948 гг. — старший инженер Технического управления Министерства вооружения (Москва).

С 1948 г. работал на Загорском электромеханическом заводе «Звезда» (завод № 569, ЗЭМЗ) Министерства вооружения СССР сначала начальником цеха, а с 1950 г. — начальником ОКБ, главным конструктором того же завода. Здесь успешно разрабатывают и сдают в эксплуатацию полковую систему управления зенитно-ракетными комплексами ПВО страны (АСУРК). Одновременно производят для ПВО Сухопутных войск систему «Краб». Создают под них свои полупроводниковые вычислительные машины. Именно В. С. Семенихин впервые заложил в тактико-технические задания на АСУРК и «Краб» термин «автоматизированные системы» [2].

В 1957–1960 гг. на заводе были разработаны и освоены производством системы управления ракетными дивизионами «Краб» и «Вектор» (главный конструктор В. С. Семенихин) [5].

1963–1971 гг. В мае 1963 г. постановлением ЦК КПСС и Совмина СССР Владимир Сергеевич назначается директором НИИ автоматической аппаратуры (НИИАА) Минрадиопрома (Москва). С 1964 г. работы по тематике ПВО перешли из ОКБ ЗЭМЗ в НИИАА, где они успешно проводились сотрудниками института в тесном взаимодействии с коллективом Московского научно-исследовательского института приборной автоматики (А. Л. Лившиц, В. А. Шабалин, Я. В. Безель) [2].

В. С. Семенихин провел структурную перестройку института: он предложил создать три научно-тематических центра (НТЦ), ориентированных на создание автоматизированных систем определенного класса. Этот принцип организации института сохранился и сейчас. Руководителем первого центра был назначен В. В. Кобышев, второго — В. И. Дракин, третьего — М. С. Логинов. В дальнейшем образовались НТЦ систем передачи данных (СПД) во главе с И. А. Мизиным, НТЦ-5 (В. И. Гладышев, затем Ю. П. Лещенко) и НТЦ КТ — В. Г. Журавский.

Под руководством В. С. Семенихина создавалась система боевого управления всеми видами ракетно-ядерного оружия [2]. В 1960–1970-х гг. в НИИАА была создана АСУ, которая обеспечивала решение задач по управлению как зенитно-ракетными комплексами, так и авиацией [4].

1964 г. — В. С. Семенихин защитил диссертацию на соискание степени доктора технических наук.

1965 г. — получил ученую степень профессора [3].

26 ноября 1968 г. Владимир Сергеевич Семенихин был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР по Отделению механики и процессов управления (по специальности «Системы управления») [3].

1971–1974 гг. — заместитель министра радиопромышленности СССР, научный руководитель НИИАА и НИИ «Восход». Вскоре Владимир Сергеевич понял, что чистая административная деятельность не для него, и вернулся в НИИАА.

28 ноября 1972 г. Владимир Сергеевич Семенихин был избран действительным членом Академии наук СССР по Отделению механики и процессов управления (по специальности «Механика и процессы управления»).

1974–1988 гг. В сентябре 1974 г. он был вновь назначен на должность Генерального конструктора Научно-исследовательского института автоматической аппаратуры Министерства радиопромышленности (Москва), и тогда же назначен Генеральным конструктором больших АСУ специального назначения для Вооруженных Сил и народного хозяйства [3].

В период 1970–1980-х гг. институтом в кооперации с предприятиями промышленности — соисполнителями работ разработаны, изготовлены и введены в эксплуатацию на объектах заказчиков командная система управления (в том числе комплексы и средства автоматизации для высшего звена управления и система обмена данными ВС), информационно-расчетная система и ряд других автоматизированных систем специального военного назначения. Функционирование этих систем осуществляется на основе внедрения разработанной единой системы протоколов информационного обмена (ЕСПИО) [4].

В 1978–1979 гг. проведены государственные испытания Командной системы боевого управления вооружениями на объектах, а в 1985 г. система поставлена на боевое дежурство. За ввод в эксплуатацию этой системы В. С. Семенихину было присвоено звание Героя Социалистического Труда [2].

1980–1984 гг. Разработка НИИАА «ядерного чемоданчика» для высшего руководства страны. Своеобразный окончательный элемент системы боевого управления Стратегическими ядерными силами. Разработанная система была поставлена на боевое дежурство в 1984 г. [2].

Под руководством В. С. Семенихина НИИАА стал основным научным центром нашей страны в области создания автоматизированных систем управления войсками, а также здесь создано свыше 20 образцов новой вычислительной техники военного назначения, принятых на вооружение [3].

1988–1990 гг. — генеральный конструктор НПО «Кибернетика» и НИИ автоматической аппаратуры Министерства радиопромышленности (Москва).

С именем В. С. Семенихина неразрывно связаны годы расцвета не только НИИ автоматической аппаратуры, но и всего Оборонно-промышленного комплекса в области автоматизированных систем управления специального назначения [2]. Венцом его жизни стала разработка и создание единой комплексной автоматизированной системы управления Вооруженными Силами СССР [3].

В. С. Семенихин вел активную научную и преподавательскую деятельность. На основе систематизации и обобщения огромного практического опыта, накопленного при создании целого ряда автоматизированных систем, академик В. С. Семенихин и его ближайшие ученики создали научную школу по разработке отечественных автоматизированных систем управления. Эта школа на протяжении многих лет успешно развивалась и оказала существенное влияние на разработку приоритетных направлений науки и техники (радиоэлектроники, вычислительной техники, телекоммуникаций), разработку и внедрение информационных технологий [2].

Основные достижения научной школы академика В. С. Семенихина, по существу, представляют собой теорию, методологию и практику проектирования, внедрения и дальнейшего поэтапного развития сложных территориальных систем управления. Благодаря постоянному вниманию к научным аспектам построения таких систем и удалось обеспечить высокий научный уровень разработок, характерный для всех проектов, выполненных под его руководством. Многие из созданных под руководством В. С. Семенихина систем успешно функционируют и сегодня.

Практически все главные конструкторы крупных проектов, а также многие из их заместителей успешно защитили кандидатские и докторские диссертации, стали не только конструкторами, но и учеными, труды которых хорошо известны в нашей стране. Здесь уместно назвать таких представителей научной школы В. С. Семенихина, как академик РАН И. А. Мизин, члены-корреспонденты АН СССР П. А. Агаджанов и Н. Я. Матюхин, академик АН Армении Р. В. Атоян, доктора наук В. В. Алексейчик, В. П. Берг, В. Н. Березин, В. А. Генке, В. В. Гладышев, Н. Н. Колин, В. В. Конашев, В. В. Кузнецов, А. П. Кулешов, Ю. П. Лещенко, М. С. Логинов, В. И. Мирошников, Г. А. Оганян, А. М. Растрелин, Г. К. Храмешин, С. М. Чудинов и др. [2].



Владимир Сергеевич Семенихин

В. С. Семенихин руководил базовой кафедрой «Автоматизированные системы управления» Московского института радиоэлектроники и автоматики (МИРЭВ) при Научно-исследовательском институте автоматической аппаратуры. Вел напряженную конструкторскую и преподавательскую деятельность до последних дней жизни [3].

Владимир Сергеевич Семенихин — автор более 200 научных трудов. Среди его учеников — 13 кандидатов технических наук [3].

Член КПСС с 1945 г.

В 1979–1989 гг. В. С. Семенихин избирался депутатом Верховного Совета СССР 10–11-го созывов. Являлся членом Президиума Высшей аттестационной комиссии СССР, членом Коллегии Министерства радиопромышленности СССР [3].

За выдающиеся заслуги по созданию новых образцов специальной техники закрытым Указом Президиума Верховного Совета СССР в 1981 г. академику Владимиру Сергеевичу Семенихину было присвоено звание Героя Социалистического Труда с вручением ордена Ленина и Золотой медали «Серп и Молот».

В 1984 г. за вклад в создание автоматизированных систем управления Генеральный конструктор Научно-исследовательского института автоматической аппаратуры, академик Владимир Сергеевич Семенихин был удостоен Ленинской премии, а в 1970 и 1976 гг. — Государственной премии СССР [3].

За работу по созданию системы «Вектор» была присуждена Государственная премия СССР. Лауреатами этой премии стали В. С. Семенихин, Б. В. Захаров, В. Н. Князьков, Е. М. Крашилин [5].

В. С. Семенихин награжден орденами Ленина (1971, 1988), орденом Октябрьской Революции (1975), орденами «Знак Почета» (1945), Трудового Красного Знамени (1956, 1962), а также четырьмя медалями.

«Академик Семенихин В. С. является действительно ярким ведущим представителем отечественной технической и научной элиты, выдающимся организатором промышленности. Уровня широко известных академиков Курчатова И. В. и Королёва С. П. Именно эта тройка руководителей обеспечила реальную военную



Мемориальная доска В. С. Семенихина на здании института

неприкосновенность нашей страны» (Ю. Д. Маслюков, депутат Государственной Думы Федерального Собрания РФ, председатель Комитета по промышленности Госдумы, председатель Комитета им. академика В. С. Семенихина).

Владимир Сергеевич Семенихин скончался 27 ноября 1990 г. в Москве. Похоронен на Востряковском кладбище.

8 сентября 1991 г. за большой научно-технический вклад в разработку и создание автоматизированных систем Научно-исследовательскому институту автоматической аппаратуры присвоено имя академика Владимира Сергеевича Семенихина [3].

В память об ученом на здании института была открыта мемориальная доска.

Литература

1. Владимир Сергеевич Семенихин // https://ru.wikipedia.org/wiki/Семенихин,_Владимир_Сергеевич
 2. Создатель «ядерной кнопки» // http://old.redstar.ru/2010/12/01_12/4_04.html
 3. Владимир Сергеевич Семенихин // <http://sm.evg-rumjantsev.ru/desingers/semenikhin-v.html>
 4. Сайт НИИАА // <http://www.oaosu.ru/structure/niaa/>
 5. *Розачев Ю. В.* ЗЭМЗ ПО «Звезда» // http://www.computer-museum.ru/histussr/zemz_po_zvezda.htm
-

Раздел 2

Системы

Э. М. Пройдаков

История разработки компилятора Фортран–Дубна

Этот текст родился из моей переписки с Владиславом Павловичем Шириковым, главным научным сотрудником научно-технического отдела программного и информационного обеспечения Лаборатории информационных технологий Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ, Дубна), одним из основных разработчиков компилятора с языка программирования Фортран в ОИЯИ. [Краткая история появления Фортрана дана во врезке.] В этом году Фортран отмечает свое 60-летие – это наряду с Алголом один из первых языков высокого уровня (ЯВУ) для компьютеров. В России он начал широко распространяться с 1967 г., следовательно, можно говорить о полувековом юбилее этого замечательного языка. Примерно четверть века Фортран был одним из самых распространенных ЯВУ в мире. Наличие компилятора с него на машине было обязательным. В этой статье речь идет не о самом языке – эта тема достаточно детально описана в литературе, – а о том, как первые версии компиляторов с Фортрана появились на отечественных ЭВМ.

Владислав Шириков: У Фортрана на Западе (точнее, в Европе) вообще-то была не такая уж легкая судьба, по крайней мере у ученых: он ведь родился в IBM в 1957 г., был обруган в публикации профессора Хиггинса «Что должен каждый знать об Алголе» (Eugene Higgins “What everybody must know about Algol”), который был создан годом позже. В Европейской организации по ядерным исследованиям (ЦЕРН) Фортран появился примерно в 1960-м на машине IBM-709, но был не востребован из-за того, что 32-разрядные машины IBM для сложных расчетов не годились (они использовались на съеме данных с аппаратуры как мультиплексоры), и только с 1965 г. Фортран расцвел с появлением в ЦЕРНе и других центрах физических исследований машин серии CDC-6000 с имевшимся на них транслятором Фортрана (сразу пошла реализация библиотеки CERN Library и т.п.). В России к нему тоже сначала интереса не было. В общем, «гадкий утенок» до девятилетнего возраста.

Интересно вот что: Алгол, как я помню, родился на год позже Фортрана и о нем упоминали на наших курсах по программированию в МГУ (я окончил мехмат МГУ в 1959 г., сразу поступил в аспирантуру с М. Р. Шурай-Бурой в качестве руководителя, он дал мне написать какой-то блок к компилятору с Алгола, но я по семейным обстоятельствам после сдачи кандидатских экзаменов удрал в Дубну, куда была распределена моя жена), а о Фортране никто из преподававших тогда не упоминал. Его считали, как и Хиггинс, примитивным (в упомянутой публикации профессора Хиггинса было сказано: вот пусть попробует кто-нибудь написать на Фортране столь же компактную программу, как на Алголе). То, что на Фортране получается более удобная для отладки программа, в отличие от блочной алгольной, теоретиков программирования не волновало, как и то, что у ученых на Западе успел сложиться богатый набор фортрановских библиотек: имей транслятор с Фортрана и открытое сотрудничество с западными центрами — и вопрос для прикладников во многом решен.

Мы же в Дубне одновременно с началом работ по созданию транслятора сделали проект мониторной системы «Дубна» для БЭСМ-6, составленный в сотрудничестве с Вычислительным центром (ВЦ) МГУ и утвержденный в 1967 г. комиссией под руководством Святослава Сергеевича Лаврова как элемент в составе требований к операционной системе БЭСМ-6 (откуда использовались и ее встроенные элементарные функции), и в нем предусматривался выбор стандарта комплектующего пользовательскую программу загрузчика (единый язык представления объектных подпрограмм хоть ассемблером, хоть другими трансляторами) плюс наличие библиотек типа CERN Library, где имелся набор подпрограмм общего назначения плюс специализированных для физиков. Позже поэтому и Институт прикладной математики (ИПМ) воспользовался этим стандартом для своего компилятора FOREX (о нем будет сказано ниже).

Наш транслятор прямо (по желанию) выводил результат трансляции в виде загрузочного кода или автокода.

Несколько слов про мониторную систему. А как же без нее? Программа пользователя могла комплектоваться из подпрограмм и процедур, либо представляемых в пакете вводимой на счет задачи на разных языках (Фортран, Алгол, автокод МАДЛЕН), либо уже оттранслированных ранее (и хранящихся



ЭВМ БЭСМ-6

во временной или постоянной библиотеке в формате стандартного загрузчика); ей могут потребоваться данные с магнитных лент и т.д. Кто-то в системе обслуживания каждой вводимой задачи должен вызывать тот или иной транслятор, сбрасывать в библиотеку временного хранения (на барабане или диске машины) результаты от трансляторов («стандартные массивы», СМ, как мы их называли), сшивать из них готовую объектную программу (по директиве EXECUTE в пакете задачи), предоставлять возможность фортранным операторам READ чтение с нужной ленты или устройства ввода перфокарт. Мониторная система — это автоматическая нашивка к задаче пользователя: пользователь до ввода задачи заранее вставляет управляющие директивы на нужные операции, и, когда задача начинает решаться, в ее поле грузится резидент мониторной системы, и тот производит на этапах выполнения действия, соответствующие пользовательским директивам. В значительной степени это похоже на то, как оформляется и сейчас задача, запускаемая в грид-структуру: пользователь снабжает задачу файлом jdf (job description file) и ПО промежуточного слоя (middleware), грид выполняет его требования (потребуются данные из файлов таких-то, значит, нужно их подкачать на тот процессорный элемент (CE), который будет выделен брокером).

Мониторные нашивки в поле каждой запускавшейся на БЭСМ-6 задачи состояли из резидента монитора и вызываемых им по мере необходимости подразделов: раздела ввода пакета, интерпретатора директив (управляющих карт внутри пакета, как мы их называли), вызова трансляторов в поле памяти задачи, записи СМ во временную библиотеку, перфорации СМ, записи в личную библиотеку или считывания из нее, печати каталога библиотеки, редактирования по директиве EDIT, загрузчика...

При определяющем вкладе И. Н. Силина была реализована сначала версия операционной системы ДД71 (Дубненский Диспетчер 1971 г.), потом ДД73 (я там делал только один блок завершения задачи). Начали с перевода диспетчера Д-68 (ИТМиВТ) с машинного языка на язык собственного ассемблера МАДЛЕН (не руками, а специально написанной программой «антиассемблер»), а далее реализовывали при сохранении общей схемы Д-68:

- 1) новый принцип заказа и распределения ресурсов машины (магнитофонов, оперативной памяти, времени); заложили алгоритм подкачки, реализующий динамическое распределение и перераспределение памяти для задач, что дало возможность решать в мультипрограммном режиме до трех (потом увеличили до семи) задач, каждая из которых претендует практически на всю оперативную память;

- 2) предоставили возможности оператору управлять прохождением задач со специального пульта;
- 3) заложили опознавание магнитных лент по именам и защиту лент одной задачи от других, а также контроль обменов с барабанами;
- 4) обеспечили работу с нестандартными внешними устройствами (читающими с перфокарт машины CDC-608 и CDC-магнитофонами, графопостроителем CalComp);
- 5) автоматизировали пакетную обработку задач;
- 6) обеспечивали работу по резервному управлению внешними устройствами (так называемому 7-му направлению УВУ) для связи БЭСМ-6 с удаленными машинами измерительных центров и лабораторий ОИЯИ, в том числе выносными «фортранными» станциями ввода задач на БЭСМ-6, которые были запрограммированы нами на малых и средних машинах.

Ну, это главное. А ИПМовцы взяли себе за основу ДИСПАК (изделие Владимира Фёдоровича Тюрина с Урала) и совместно с Тюриным развивали его. Вот так на рынке операционных систем (диспетчеров) и оказалось два конкурента: наши DD 71/73 (помню, мы с Силиным вдвоем ездили устанавливать в Ташкенте то ли в университете, то ли в физическом институте, уже забыл; за время, проведенное в поезде, был написан препринт по ДД: писал я, поскольку Силин на писания был ленив, а делал ОС в основном он со товарищи, я — только один кусочек) и ДИСПАК. Все-таки по статистике внедрения, особенно в московских организациях, ДИСПАК наши версии превзошел.



В.Ф. Тюрин

Что касается мониторной системы «Дубна», то первое сообщение о ней в «Трудах конференции ВКП-2» в Новосибирске в 1970 г. шло от таких авторов: Н. Н. Говорун, В. Ю. Веретеннов, А. И. Волков, Н. С. Заикин, И. Н. Силин, Р. Н. Федорова, В. П. Шириков,— и их нужно считать основным составом разработчиков, но в последующем были и другие участники.

Можно считать, что все нами делавшееся (и по транслятору, и по мониторной системе) первой и основной целью имело внедрение библиотек программ типа CERN Library, в свою очередь явившейся коллекцией западных наработок для физиков, в основном работавших в области физики высоких энергий с ее ускорителями элементарных частиц (там и программы общего назначения, и специализированные), и пополнение библиотеки

наработками ОИЯИ и, возможно, других организаций (скажем, пакетами для обработки спектрометрической информации, характерной для физики низких и промежуточных энергий, например нейтронной физики, которой в ЦЕРНе не было и нет). При работе по формированию библиотеки у нас и ее постановке на БЭСМ-6, когда мониторинговая система уже позволяла это делать, дело происходило так: в 1969 г. был сформирован мой (как начальника) отдел развития и эксплуатации математического обеспечения базовых ЭВМ ОИЯИ (не все ранее упоминавшиеся люди туда вошли; скажем, не вошел Игорь Николаевич Силин как ключевая системная фигура с прикомандированными сотрудниками Веретенным и Волковым, потому что ставить его в положение моего подчиненного было бы просто некрасиво и неестественно: мы продолжали активно взаимодействовать, но неформально). В этом отделе был сформирован и сектор библиотек программ с указанной выше целью, его начальницей стала Раиса Николаевна Федорова, и туда вошли новые люди из разных подразделений нашей Лаборатории вычислительной техники и автоматизации (ЛВТА), образованной в рамках структуры ОИЯИ в 1966 г. (кроме того, в отделе собрались люди, занявшиеся работами по системному обеспечению разнотипных машин и их средств связи, вариантов реализации локальной сети ОИЯИ и каналов внешней связи). Что касается сектора Федоровой, которая взаимодействовала с сектором Л. С. Нефедьевой по спектрометрическим библиотекам (непосредственно подчиненным Говоруну, а Нефедьева, в свою очередь, взаимодействовала с МГУ по этой части), то просто хочу отметить Федорову как основную фигуру в деле решения той главной прикладной задачи, ради которой создавалась мониторинговая система: Государственную премию



Группа разработчиков операционной системы В.Ф. Тюрина



Слева направо: Н.Н. Говорун, И.Н. Силин, В.П. Шириков, В.А. Ростовцев, В.Ю. Веретеннов



Накопители на магнитных лентах в начале 70-х были еще популярны

Совмина СССР мы вместе с ней получали и библиотека на Фортране в сотни отечественных организаций и другие страны — участницы ОИЯИ через нее распространялась. Сектор Федоровой работал не только ради БЭСМ-6, но потом и для пришедшей в ОИЯИ большой машины CDC, а затем машин серии ЕС ЭВМ. А уж если уходить в подключение фортранных станций (кстати, в ЦЕРНе подобные вещи делали на своей технике раньше нас),

формирование многомашинного комплекса и сетей ОИЯИ, то тут масса разных людей и из технических отделов ЛВТА (троечку молодых я заставил перевести в свой программистский отдел), и кто-то привлекался мною из других лабораторий.

Фортран

Началом внедрения Фортрана в СССР можно действительно считать, видимо, 1967 г. в том смысле, что начали основную работу по написанию транслятора в этом году, по крайней мере в Дубне, хотя идея-то (что этим надо заниматься) могла родиться и годом раньше. Судя по рукописи, в 1968 г. эксплуатационный вариант компилятора для машин «Минск» уже был работающим (в Серпухове, точнее в поселке Протвино рядом, где расположен Институт физики высоких энергий, ИФВЭ), у нас для БЭСМ-6 тоже, но с некоторым запаздыванием по сравнению с ними. Кто первым сказал «мяу» в смысле самой идеи внедрения Фортрана — это, безусловно, физики: Николай Николаевич Говорун (его биография есть в Галерее славы в Виртуальном компьютерном музее, www.computer-museum.ru) у нас в ОИЯИ как международной межправительственной организации и Скиф Николаевич Соколов в ИФВЭ.



Н.Н. Говорун

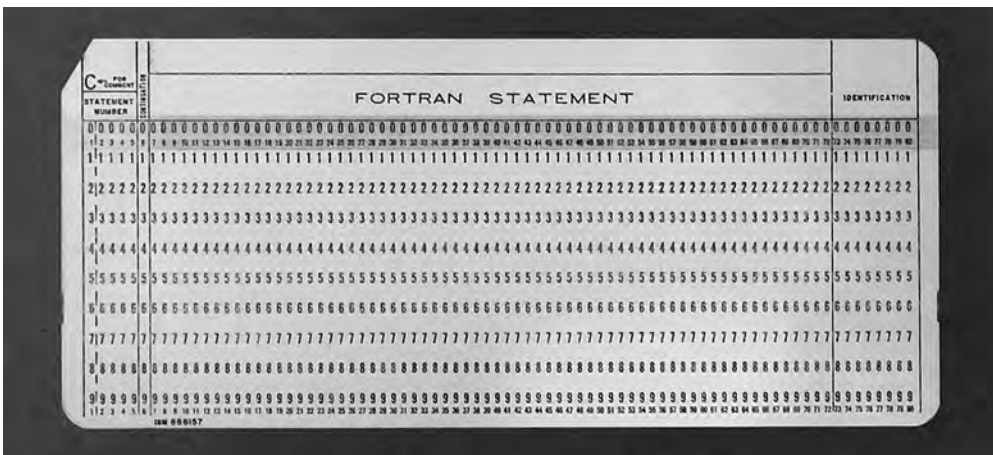
История старая, сейчас трудно установить, кому из них принадлежит первенство. Скорее всего, обоим независимо друг от друга. Во внешнем мире считали в основном, что Говоруну, — он был значительно более известен. Раиса Дмитриевна Говорун до сих пор полагает, что Фортраном СССР был обязан Н.Н. Говоруну. Ну, на БЭСМе-то точно, конечно, а вот на серии малых машин

«Минск» — Соколову (компиляторы с Фортрана в СССР в разное время разрабатывались и в других организациях, в том числе по заказу западных компаний. — Прим. автора).

Начинали мы разработку компилятора в 1967 г. с писания его в машинных кодах БЭСМ-6, а потом, с появлением в 1968 г. в Дубне машины БЭСМ-6, переписали на автокод под ассемблер Е. А. Жоголева (из ВЦ МГУ), но он был синтаксически-управляемый (это когда входной информацией к нему является задание синтаксиса языка и он транслирует, пользуясь этим знанием: хочешь — задай ему синтаксис автокода, хочешь — более универсального языка (т.е. он многоязыковый)). У математиков-системщиков из Сибири, например, такой подход был модным: они у Андрея Петровича Ершова (классика системного программирования в СССР) старались делать очень универсальные вещи (правда, получалось тяжело для техники в смысле эффективности), поэтому переводил он за секунду одну команду, пришлось нам написать свой «автокод МАДЛЕН».

Нужно сразу сказать, что профессионалов системного типа в команде не было, времени тоже, поэтому за основу взяли схему транслятора с Фортрана-63 для машины CDC-1604A (Н. Н. Говорун умудрился добыть эту схему в ЦЕРНе), а уж потом модифицировали.

По поводу типов выбранного стандарта языка могу сказать сразу: как писали авторы руководства по CERN Fortran, “it is very similar to FORTRAN IV, but includes



Специальная перфокарта для программы на Фортране

also some features which are peculiar to the FORTRAN compilers of the Control Data Corporation” (он очень похож на FORTRAN IV, но включает также некоторые особенности, характерные для компилятора этого языка корпорации Control Data). Фирменный базовый CDC-транслятор был написан в 1964 г., его при модификации пытались сделать под американский стандарт ANSI Fortran IV (который посчитали в значительной степени подмножеством CERN Fortran с расхождениями в формате оператора DATA), но все равно разница осталась (например, в формате операторов Фортрана ENTRY, READ с перфокарт и WRITE на перфокарты). Мы в Дубне, в свою очередь, внесли дополнения в синтаксис CERN Fortran (добавили, скажем, оптимизацию выполнения циклов, ввели понятие нестандартных индексов в переменных из массивов, позволяя применять в качестве индексов произвольные арифметические выражения).

Схема транслятора с Фортрана-63 для машины CDC-1604A была следующей:

1. Блок-схема: основные функциональные блоки транслятора, их связка в процессе работы (диаграмма со стрелочками, т.е. не как у Ляпунова в операторных схемах, но похоже).
2. Исходные тексты для всех блоков на автокоде малой CDC (тексты, которые не сохранились, так что о формате не помню). Естественно, что все перепрограммировалось с учетом особенностей БЭСМ-6: наличия «магазина» — стека адресов и команд и т.д.

В команде разработчиков, кроме русских, оказались немцы, корейцы, венгры, поэтому было сделано по крайней мере два дополнительных к основному транслятору (например, ФОРТРАН ГДР).

По-честному надо сразу сказать, что первыми по внедрению Фортрана в России, странах — участницах ОИЯИ и даже в Индии (куда продавалась заводом БЭСМ-6, поэтому мне срочно пришлось все выдаваемые транслятором диагностики переводить в нем на английский язык) мы были только по отношению к БЭСМ-6 и потом БЭСМ-4. Практически одновременно в Серпухове (в ИФВЭ) действовала команда Скифа Николаевича Соколова, они закрыли рынок для семейства машин серии «Минск 2/22».

Ну а потом и в ИПМ у Михаила Романовича Шуры-Буры возбудились, появился транслятор FOREX, разработанный для БЭСМ-6 в рамках операционной системы ИПМ (ДИСПАК), и я даже в 1980 г. оказался оппонентом при защите диссертации у основного автора этого компилятора Виктора Штаркмана.

В нашей команде были контакты и с людьми из Курчатковского института.

Начинала работу над компилятором троица (в пристрелочном плане даже еще в 1966 г.): Н. Н. Говорун, И. Н. Силин и я. Никто из нас не был специалистом в этой области: Говорун и Силин — физики по образованию, но писали в ОИЯИ и прикладные программы (скажем, у Силина родилась знаменитая в ОИЯИ программа Family для минимизации функционалов сначала для М-20, по-моему); я защитил в 1965 г. кандидатскую в области краевых задач для диффузов. На самом деле у нас была группа системных программистов, контактировавших с ИПМ в части систем типа ИС-2, но, когда Говорун объявил мобилизацию для компилятора Фортрана, эта группа отказалась принимать участие в такой аванюре и Говорун начал с нас, подыскивая молодых и разных со стороны или внутри ОИЯИ. Мы с Силиным взяли себе по фрагменту транслятора (используя упоминавшиеся схемы с малой CDC), сделали вчерне. Потом я сказал Силину: ну что, можем попробовать написать остальное? Но тут он разумно возразил, что зашьемся, отлаживать же надо, а даже еще машины в Дубне не было, пришла в 1968 г., да и не в одном трансляторе дело. Появились новые люди, подраспределили остальные фрагменты. Сколько новых было привлечено — это я еще посмотрю, но сразу должен сказать: Силин был ключевой фигурой и в реализации транслятора, и в реализации мониторинговой системы (если не считать внедрение библиотек) — универсальный стандарт языка загрузки программ от разных трансляторов плюс переделка самой штатной операционной системы. Вдобавок я, сделав свой фрагмент в машинных кодах, вынужден был в октябре 1967 г. убыть в ЦЕРН на полгода для освоения и посильного развития операционной системы машин CDC-6000 (в составе системной группы ЦЕРН): БЭСМ БЭСМом, но мы планировали приобрести себе и CDC-6400/6500, кому-то надо было стать специалистом по ней вплоть до подготовки руководства операторам, знания особенностей работы системы в критических ситуациях, возможностей ее соединения с терминалами и другими машинами (кое-что пришлось делать там для системы и самому по заявкам немецкого руководителя группы).

Когда весной 1968 г. вернулся в Дубну, люди здесь частично уже отлаживались на машине в Москве (и черная координирующая работа над транслятором выпала Силину), я переписал свои фрагменты на автокод, да и машина прибыла, дальше мы с Силиным включились вместе, работали по ночам вместе со всей командой. Да, я потом был руководителем изготовления оптимизирующего варианта транслятора с Фортрана для БЭСМ-6 (прикомандированный кореец был исполнителем) и мониторинговой системы с транслятором для БЭСМ-4, стал с 1969 г. начальником отдела развития математического обеспечения для базовых ЭВМ ОИЯИ и их средств связи

с другими машинами. Делались даже препроцессоры к существовавшим на CDC-6500 и ЕС-1060 трансляторам, но без Силина всю эту кухню по транслятору на БЭСМ-6 и вокруг него так быстро было бы не сделать. Я говорю об этом еще и потому, что в ряде обзорных изданий сообщается, что транслятор создали либо Говорун и Шириков, либо Силин и Шириков, либо кто-то еще, в результате роль Силина принижается. Кстати, его прикладные и системные работы (в том числе по тому, что он сделал для БЭСМ-6, особенно по изготовлению Дубненского варианта ОС) вошли в состав его докторской диссертации, моя доля, и особенно построение многомашинного комплекса ОИЯИ, — в мою. Он после БЭСМовской эпопеи попытался с парой программистов и местных инженеров сделать копию всего на микроБЭСМ («Микроб», как они ее назвали), даже опытный экземпляр демонстрировался, но потрачено было много времени, да и промышленность подвела, и народ, где нужна была миниатюризация и совместимость старых программ, успел перебраться на ЕС или спецпроцессор в составе «Эльбруса». Увы, в 2006 г. ушел профессор, доктор физико-математических наук Игорь Николаевич Силин в мир иной.

В публикациях по базовому транслятору с Фортрана на БЭСМ-6 и его усовершенствованным вариантам (кроме упомянутой тройцы Говорун — Силин — Шириков) фигурировали с разной степенью вклада (вплоть до отладки написанного мною во время моего отсутствия): Дьюла Лёч (Венгрия), Г. Л. Мазный, Р. В. Полякова, Г. Л. Семашко, А. А. Хошенко, Зигфрид Бродзински (ГДР), Эрика Ловаш (Венгрия), Петер Гизе и Пирошка Гизе (немец и его венгерская жена), Р. Гирр (ГДР), О Ен Ир (КНДР), В. А. Загинайко, Н. С. Заикин, В. Ю. Веретенев (вот вклад последних трех не помню, скорее всего, в сочетание с оболочкой «Мониторная система “Дубна”»). Я перечислил поименно основных участников реализации транслятора с Фортрана на основе списков в сохранившихся публикациях и собственной памяти, и эту информацию можно считать обоснованной и достоверной.

Распространение знаний по языку Фортран по России оформлялось в основном тремя публикациями:

1. В.П. Шириков. Язык ФОРТРАН и программирование на нем (в сборнике «ЭВМ в экспериментальной физике», 1968).
2. Язык ФОРТРАН (под ред. В. П. Ширикова). Препринт ОИЯИ (1968) и издательство ВЦ МГУ (Москва, 1970).
3. Язык ФОРТРАН (подготовлен под ред. В. П. Ширикова, Дубна). Методическое пособие для слушателей факультета «Программирование на БЭСМ-6», 149 страниц, опубликовано Общественным институтом математики и вычисли-

тельной техники ИММ и организацией общества «Знание» УНЦ АН СССР, Свердловск, 1975 г.

Вот эту последнюю книжку издавали уральцы чисто по своей инициативе тиражом 300 бесплатных экземпляров, один был подарен мне; всегда благодарю их, когда они напоминают мне об этом при встречах на конференциях.

Кстати, очень много исторически интересного в материалах заседаний Комиссии по системному математическому обеспечению ККВТ АН СССР, работавшей под председательством А. П. Ершова (архивы есть в Новосибирске, они народ аккуратный). Все системные авторитеты были в ее составе, и я от Дубны. В мае 1984 г. заседание проходило в Дубне, копия стенограммы у меня сохранилась (только эта), отчитывался за директора Говорун, и вот пара вопросов-ответов:

«Шура-Бура: Какова Ваша точка зрения на взаимосвязь Фортрана и ассемблера и быстродействия?»

Говорун: Значительная часть нашей продукции — это разработка новых алгоритмов, здесь используется Фортран; когда речь идет о рутинной работе — обработке данных экспериментов, — здесь автокод для улучшения использования мощностей.

Ершов: У Вас есть опыт переноса фортрановских программ с одного транслятора на другой. Этот перенос головной боли не вызывает?»

Говорун: У дирекции не вызывает, а у тех, кто этим занимается, вызывает. Но тот, кто пишет, тот старается писать с учетом переноса».

Одно забавное замечание: оппонентами на защите моей докторской в 1974 г. были, в частности, А. П. Ершов и М. Р. Шура-Бура от ИПМ как головной организации (от которого я сбежал в университете, но он был человек дотошный: мы к этому моменту сформировали и несколько так называемых выносных фортранных станций, чтобы свои Фортран-ориентированные задачи люди качали на БЭСМ-6 и CDC из разных удаленных подразделений, так он приезжал и все пролазил, и мое дезертирство простил, да и потом тепло встречались на заседаниях редколлегии журнала «Программирование»).

К большому сожалению, 11 сентября 2015 г. Владислава Павловича Ширикова не стало. Эти строки — дань памяти замечательному человеку.



Как рождался Фортран

Наиболее интересный документ по истории Фортрана — это, конечно же, статья самого его автора Джона Бэкуса, опубликованная в 1978 г. в журнале ACM SIGPLAN Notices. Он пишет о том, что до 1954 г. практически все программы были на машинном языке или на ассемблерах. Программистам приходилось тратить много усилий на преодоление недостатков самих ЭВМ: отсутствие индексных регистров, арифметики с плавающей запятой, недостаточно большой набор машинных команд, в котором, например, могла быть команда AND, но при этом не было команды OR. Однако из этой статьи видно, что к указанному году на разных машинах предпринимаются попытки создания высокоуровневых языковых средств, впрочем, эти системы имели очень высокий коэффициент замедления исполнения программы (от 5 до 10), что по тогдашним меркам стоило очень дорого. Интересно замечание Бэкуса о затратности программирования в те времена: «Стоимость программистов, связанных с вычислительным центром, была эквивалентна стоимости компьютера». В указанную стоимость входили зарплата и накладные расходы. При том, что ЭВМ в то время стоили сотни тысяч долларов, это утверждение похоже на правду. Следует также учесть, что от 25 до 50% машинного времени уходило на отладку программ. По мере того как компьютеры становились дешевле, ситуация ухудшалась, пишет Бэкус. Этот экономический фактор послужил причиной тому, что в декабре 1953 г. Бэкус написал письмо своему шефу Кутберту Харду (Cuthbert Hurd) с предложением проекта создания языка Фортран. Экономическая необходимость в системах типа Фортран была настолько очевидной для руководства Бэкуса, что «его последовательное начальство, Hurd, Charles DeCarlo и John McPherson, обеспечивали все возрастающие потребности [группы разработчиков] последующие пять лет даже без вопросов к ним по проекту или требований доказывать эти необходимости в формальном бюджете».

Э. Пройдаков
«Язык Фортран во всех его ипостасях»
(из неопубликованного)

Раздел 3

Машины

В. А. Михайлов¹, В. И. Штейнберг²

История становления и развития комплекса бортовых цифровых вычислительных машин (БЦВМ) «Аргон»

Постановлением Совета Министров СССР от 17 декабря 1948 г. № 4663–1829 было организовано Специальное конструкторское бюро № 245 (СКБ-245), перед которым была поставлена задача государственной важности по созданию средств вычислительной техники, в первую очередь для повышения обороноспособности СССР. Именно в эти трудные для народного хозяйства послевоенные годы Советский Союз в условиях прогрессирующей холодной войны включился в гонку электронного вооружения.

Великая Отечественная война, наряду с мощью СССР, показала необходимость решать незамедлительно целый ряд проблемных вопросов по наращиванию научно-технического потенциала страны в целях обеспечения паритета государства с ведущими мировыми державами. Электронная вычислительная техника была одним из сложных звеньев в общей цепи первоочередных задач по развитию науки и техники. Пионерские работы советских ученых по созданию экспериментальных образцов ЭВМ проводились в лабораториях академических институтов



Здание НИИ «Аргон»

¹ К.т.н., генеральный директор ОАО «НИИ «Аргон».

² Главный конструктор ОАО «НИИ «Аргон», главный конструктор комплекса БЦВМ «Аргон», к.т.н., с.н.с., член-корр. МАИ, профессор МИЭМ НИУ ВШЭ.

небольшими группами энтузиастов, без должного финансирования и без необходимой государственной поддержки. Создание СКБ-245 явилось первым шагом Советского правительства по решению задачи разработки отечественных ЭВМ на государственном уровне. Работы проводились в условиях строгой секретности.

Возглавить работу было поручено М. А. Лесечко, имевшему значительный опыт в организации выполнения крупных научно-технических проектов. М. А. Лесечко был назначен руководителем сразу трех организаций — Московского завода САМ, НИИсчетмаш и вновь созданного СКБ-245.

Задача по созданию ламповой ЭВМ «Стрела» с заданными техническими характеристиками была успешно выполнена в короткие сроки, а группа ученых и инженеров — создателей «Стрелы» стали лауреатами Сталинской премии. Изготовленные на заводе семь образцов машин были поставлены в ведущие научные центры страны и положили начало компьютеризации расчетов сложных задач науки и техники. Старт отечественной вычислительной техники в гонке электронного вооружения состоялся!

Десятки выполненных в последующие годы разработок средств вычислительной техники на электронных лампах, а позднее на полупроводниковых приборах позволили не только значительно поднять эффективность систем противовоздушной и противоракетной обороны страны, но и обеспечить вычислительной техникой научно-технические и проектные организации различных ведомств.

СКБ-245 — НИЭМ — НИЦЭВТ — НИИ «Аргон» — вот вехи развития предприятия, прошедшего тернистый путь от первых ламповых ЭВМ до современных бортовых вычислительных комплексов на сверхбольших интегральных схемах, впитавший пять поколений вычислительной техники, каждое из которых — яркая глава в летописи института.

БЦВМ разработки НИИ «Аргон»

Решение амбициозных государственных задач освоения космоса, необходимость в автоматизированных системах управления, размещаемых непосредственно на борту ракет, космических кораблей, самолетов, надводных кораблей, подводных лодок и мобильных объектов, потребовали разработки нового класса средств вычислительной техники — бортовых цифровых вычислительных машин (БЦВМ), способных с высокой надежностью работать в жестких условиях эксплуатации. В мае 1958 г. на базе СКБ-245 был образован Научно-исследовательский институт электронных машин (НИЭМ). В начале 1960-х гг. на институт возлагается роль головного в стране предприятия по БЦВМ (Решение ВПК от 16.10.1963 г. № 246). Накопленный богатейший опыт в создании вычислительных средств для стационарных условий

эксплуатации становится фундаментом при решении новой сверхзадачи, поставленной перед коллективом. Однако создание БЦВМ потребовало срочного решения целого комплекса научных, инженерных и технологических проблем. Начнем с того, что отсутствовала компонентная база для создания БЦВМ. Не были отработаны конструкция и технология многослойных печатных плат. Отсутствовала и необходимая испытательная база, гарантирующая работу БЦВМ в условиях жестких внешних воздействий. Не было готовых решений по механической, электромагнитной, радиационной и тепловой защите разрабатываемых изделий, требующих предельной функциональной насыщенности при минимальных массогабаритных характеристиках.

Эти и другие наитруднейшие научно-технические задачи предстояло решить коллективу НИЭМ в ходе создания первых БЦВМ и комплексов. Решить в сжатые директивные сроки, поскольку вычислительная техника во многом определяющая тактико-технические характеристики (ТТХ) систем вооружения, всегда находилась на пике развернувшейся в мире гонки вооружений. Разработка первых БЦВМ и комплексов проходила в тесном взаимодействии института с организациями электронной промышленности и других смежных отраслей, по техническим заданиям головных предприятий — разработчиков оборонной техники.

В 1963–1964 гг. совместными усилиями коллективов НИИ точной технологии Минэлектронпрома и НИЭМ Минрадиопрома была разработана первая в СССР серия интегральных гибридных схем «Тропа-1» с параметрами, позволяющими создавать БЦВМ с быстродействием до 100 тыс. коротких операций в секунду. Создатели «Тропы-1» были удостоены Государственной премии СССР в области науки и техники. «Тропа-1» стала основной элементной базой первой отечественной БЦВМ «Аргон-11С», полетевшей в космос и обеспечившей выполнение программы «Зонд» — облет и фотографирование поверхности Луны с возвращением космического аппарата на Землю. БЦВМ «Аргон-11С» положила начало комплексу БЦВМ «Аргон», включившему около 50 разработок БЦВМ и бортовых цифровых вычислительных комплексов (БЦВК), выполненных и внедренных в штатную эксплуатацию в приоритетных системах и объектах общегосударственного значения.

Практически одновременно с БЦВМ «Аргон-11С» на гибридных интегральных схемах серий «Тропа-1», «Тропа-3», «Тропа-5», «Посол» были развернуты разработки:

- БЦВК «Аргон-12А» — для орбитальной посещаемой космической станции «Алмаз» и БЦВМ «Аргон-12С» — для возвращаемого космического аппарата, что обеспечило успешное выполнение проекта по дистанционному зондированию поверхности Земли;

- БЦВМ «Аргон-1М», универсальный облик которой в условиях дефицита БЦВМ и стремительного развития АСУ для комплексов вооружений обеспечил ей применение в 70 объектах и крупносерийное производство на двух заводах отрасли;
- БЦВМ «Аргон-10М1», ставшей основой систем управления воздушным движением в зоне аэродромов с интенсивными полетами;
- БЦВК «Ритм-20», размещенного в двух транспортных единицах на колесном ходу для АСУ войсками фронта «Маневр». Выносной комплект оборудования из «Ритм-20» — изделие МСМ — использовался в Центре разведки ВМФ.

Научно-технические руководители коллективов тех лет: главные конструкторы комплекса БЦВМ «Аргон» С. А. Крутовских, А. М. Ларионов, В. В. Пржиялковский; главный инженер НИЭМ А. И. Лазарев; его заместители А. А. Тимофеев, Ю. С. Обьедков; заместитель главного конструктора комплекса БЦВМ «Аргон» А. Ф. Кондрашев; главный технолог, заместитель директора по производству Д. Я. Берман; главные конструкторы первых БЦВМ и комплексов Г. М. Прокудаев, С. Н. Цаплин, А. А. Соловьёв, А. Ф. Кондрашев, В. М. Карасик, А. Т. Ерёмин, А. И. Савина, В. Г. Черкесов, Г. Д. Монахов, А. М. Литвинов, А. А. Перешивкин; их заместители по направлениям техники — заложили основу научной школы разработки БЦВМ не только на нашем предприятии, но и в оборонно-промышленном комплексе страны в целом.

С появлением первой отечественной серии монолитных интегральных схем — серии 110 — была выполнена разработка БЦВМ «Аргон-11» для ракетной техники.

А последующие разработки интегральных схем — «Тур», «Приз», «Турбина», «Мост», «Исполин», «Микроватт» — легли в основу БЦВМ «Аргон-14» (главный конструктор В. Г. Черкесов) для авиационной ракеты X-45, межвидовой базовой унифицированной БЦВМ «Аргон-15» (главные конструкторы А. И. Савина, А. А. Перешивкин) и высоконадежного БЦВК «Аргон-16» (главные конструкторы А. Т. Ерёмин, Г. Д. Монахов). БЦВМ «Аргон-15» и ее модификация с расширенной памятью БЦВМ «Аргон-15А» были применены в 35 системах управления авиационных и мобильных объектов, в том числе в мобильных ракетно-зенитных комплексах «Бук», «Куб», в истребителях — штурмовиках МиГ-31, МиГ-33, в мобильных ракетных комплексах «Ока» и «Волга», в авиационных системах РЭП, в самолетах противолодочной обороны «Коршун» и «Сова».



В. Г. Черкесов

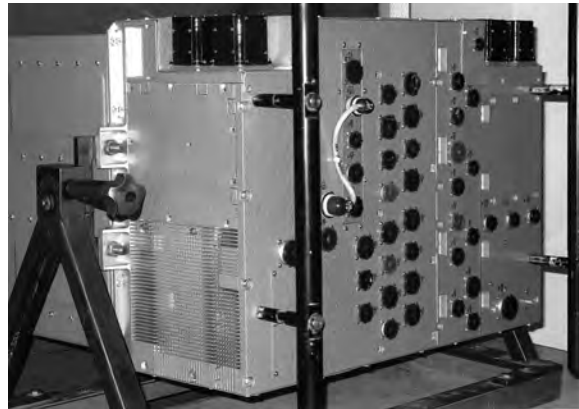
БЦВК «Аргон-16» стал базовым для космических кораблей серии «Союз» и грузовых «Прогресс», для орбитальных космических станций «Салют», «Алмаз», «Мир» и «Меч-К», для спутников серии «Космос». Повышенные требования к надежности БЦВК были реализованы за счет избыточности аппаратуры и применения элементной базы с приемкой «9». Удачно выбранная структура БЦВК, исключившая функциональные отказы при штатной эксплуатации в составе объектов, обеспечила долгую жизнь этого уникального комплекса и его модификаций, серийное производство которых продолжалось в течение 37 лет, вплоть до 2010 г.

В БЦВМ «Аргон-17А» (главный конструктор В. Г. Черкесов), разработке которой предшествовали многие годы научных поисков, исследований, лабораторных и натурных испытаний, были реализованы новые научно-технические решения, обеспечившие высокую боевую готовность и радиационную стойкость для принятой впоследствии на боевое дежурство твердотопливной противоракеты дальнего перехвата, не имеющей аналогов в мире.

В 1967 г. Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР Минрадиопрому было разрешено организовать в Москве Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники (НИЦЭВТ), на который возлагалась задача по созданию Единой системы унифицированных ЭВМ (ЕС ЭВМ) для нашей страны и стран социалистического содружества. Возглавить реализацию этого грандиозного проекта в качестве директора НИЦЭВТ и генерального конструктора ЕС ЭВМ было предложено



Общий вид БЦВМ «Аргон-15А»



БЦВК «Аргон-16»

С. А. Крутовских. По его настоянию руководимый им НИЭМ, имевший к тому времени двухтысячный коллектив высококвалифицированных разработчиков средств вычислительной техники, опытное производство, развитую инфраструктуру и необходимые лабораторно-производственные площади, был включен в состав вновь образованного предприятия. Два тематических отделения НИЭМ, по бортовым и возимым ЭВМ, вместе с подразделениями-соисполнителями впоследствии вошли в состав комплексного отделения по БЦВМ, одного из четырех тематических подразделений в структуре большого НИЦЭВТ.

В начале 1970-х гг. перед разработчиками БЦВМ комплекса «Аргон» была поставлена сложная задача по созданию БЦВК для авиационного комплекса радиолокационного дозора и наведения (АКРЛДН) (аналога американского комплекса AWACS). Объем задач, решаемых на борту такого комплекса, потребовал новых научно-технических решений как по структуре БЦВК, так и по элементной базе, приемлемой для заданных жестких массогабаритных характеристик БЦВК. В результате совместных творческих усилий коллективов НИЦЭВТ и НПО «Вента» была создана серия многокристальных логических БИС (МБИС) — серия 216. Логический проект 10 типов схем серии 216 был выполнен разработчиками БЦВК. Серия 216 легла в основу разработки базового унифицированного межвидового БЦВК А-30 (главные конструкторы В. М. Карасик, В. И. Штейнберг) — первого из семейства БЦВК программно совместимого с ЭВМ общего назначения серии ЕС.

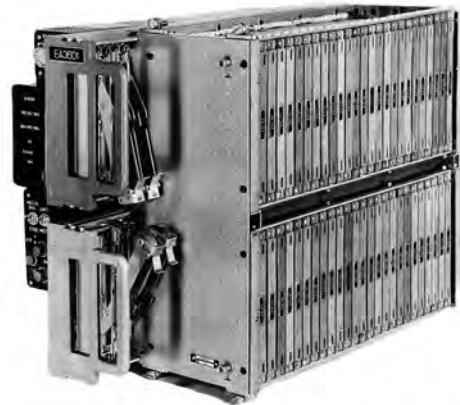


В.И. Штейнберг

Освоенный в серийном производстве БЦВК А-30 и его модификации обеспечили создание, наряду с АКРЛДН «Шмель», мобильных средств АСУ ПВО, системы предупреждения о ракетном нападении, системы управления воздушным движением (УВД) в зоне авианосца и ряд других объектов. С появлением отечественных разработок монолитных микросхем со средним уровнем интеграции (СИС) была выполнена разработка БЦВМ А-40 (главный конструктор В. И. Штейнберг), а позднее, с появлением БИС памяти, и БЦВМ А-50 (главный конструктор В. И. Штейнберг). Реализованный впервые в стране ряд базовых унифицированных моделей БЦВМ А-30, А-40, А-50, программно совместимых с ЕС ЭВМ, позволил разработчикам систем и объектов вести наиболее трудоемкую стендовую отработку общесистемного программного обеспечения параллельно с разработкой и испытаниями БЦВМ.



Базовый конструктив БЦВМ А-50



Блок памяти БЦВМ А-50

Для БЦВК на основе базовых моделей БЦВМ А-40, А-50 был разработан ряд внешних устройств, в том числе первые в СССР внешнее запоминающее устройство (ЗУ) на цилиндрических магнитных доменах большой емкости (главный конструктор Р. В. Смирнов) и внешнее постоянное ЗУ с электрической перезаписью информации (главный конструктор В. И. Левшин), алфавитно-цифровое печатающее устройство (разработчик НИИсчетмаш, главный конструктор В. В. Мельников), кассетные накопители на магнитных лентах (разработчики НИИЭВМ, главный конструктор К. В. Ветошкин, и НИЦЭВТ, главный конструктор В. С. Клепинин), устройство оперативной памяти большой емкости на ферритовых сердечниках (разработчик ПНИИММ, главный конструктор А. С. Горшков). На основе БЦВМ А-40 и внешних устройств был реализован электронный вычислительный комплекс (ЭВК) «Бета-3М» в гусеничной транспортной базе (главный конструктор В. И. Штейнберг), работающий на ходу в составе АСУ войсками фронта «Маневр» (принят на вооружение Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 28.12.1982 г. № 1142–328).

Выносной комплект вычислительных средств из состава ЭВК «Бета-3М» был использован при проектировании целого ряда командно-штабных машин в АСУ различного назначения. В базовой БЦВМ А-50 впервые в отечественной практике разработки БЦВМ была реализована оперативная память емкостью 16 Мбайт на БИС 565-й серии (1985 г.), что позволило существенно расширить круг решаемых задач в десятках авиационных, мобильных и стационарных объектов, созданных на ее основе.

Вычислительные комплексы на основе БЦВМ А-50 в авиационном и мобильном вариантах в течение ряда лет изготавливались на двух серийных заводах отрасли и успешно использовались также в составе стационарных систем специального назначения.

На интегральных схемах со средним уровнем интеграции для истребителей МиГ-29, Су-27 служебной запиской Минрадиопрома от 25 августа 1976 г. № 166 была задана в разработку БЦВМ Ц-100 (главный конструктор А. А. Соловьев) для систем управления вооружением и индикации, освоенная в 1979 г. в серийном производстве. А с появлением микропроцессоров и БИС памяти был разработан и реализован проект семейства БЦВМ А-2009 БИС (задан Решением ВПК от 13.01.1981 г. № 10) для истребительной авиации, включающий девять базовых моделей (главный конструктор А. А. Соловьев). Модели этого проекта обеспечивали средствами бортовой вычислительной техники все агрегаты самолета, включали в себя мультиплексные каналы информационного обмена для организации на борту самолета вычислительной сети. Ряд моделей из этого семейства (Ц101, Ц102, Ц104) пришли на смену БЦВМ Ц100 и вошли в штатную комплектацию истребителей МиГ-29, Су-27 и их новых модификаций.

Разработка БЦВМ комплекса «Аргон» велась с использованием прогрессивных систем автоматизации проектирования и контроля качества. В практику разработки были включены научно обоснованные методы технической диагностики узлов и блоков БЦВМ, практически исключившие в производстве этап комплексной наладки. При разработке БЦВМ использовалась новейшая отечественная элементная база и новые материалы, часть из которых разрабатывалась по заданию института специально для БЦВМ. Прогрессивные конструкторско-технологические решения, закладываемые в разработки, обеспечили высокое качество и надежность базовых моделей БЦВМ, их межвидовое использование в системах вооружения.

К концу 1970-х гг. назрела необходимость расширения фронта работ по разработке новых проектов БЦВМ и БЦВК для автоматизированных систем, создаваемых в радиопромышленности. Комплексное отделение, в котором были сосредоточены все работы, поручаемые НИЦЭВТ по направлению БЦВМ, было перегружено. А дополнительный набор специалистов в те годы в Москве был строго ограничен установленным лимитом численности для каждого предприятия. Однако выход из создавшегося критического положения был найден. В 1978 г. был организован филиал НИЦЭВТ на территории и площадях кишиневского завода «Луч», специализировавшегося на производстве БЦВМ «Аргон-15», «Аргон-15А». Директор завода

Н. Р. Андронатий, назначенный одновременно и директором филиала, и главный инженер И. Л. Касиян в короткие сроки сформировали коллектив разработчиков средств вычислительной техники и, при научно-методическом руководстве со стороны НИЦЭВТ, взяли на себя часть работ московского коллектива. Позднее на базе отдела по технической диагностике комплексного отделения НИЦЭВТ был организован и филиал во Владивостоке (директор В. В. Здор, главный инженер В. П. Чипулис).

Направление работ по созданию новых возимых бортовых комплексов в целях разгрузки НИЦЭВТ было частично передано коллективу минского НИИ ЭВМ (Решение ВПК от 13.02.1980 г. № 44), спроектировавшему впоследствии ряд возимых ЭВМ для перспективных систем вооружения.

На Межотраслевой выставке ЭВМ военного назначения (ЭВМ ВН-83), организованной по Решению ВПК от 22.07.1982 г. № 264, модели комплекса БЦВМ «Аргон» получили высокую оценку.

В конце 1985 г. по инициативе министра радиопромышленности П. С. Плешакова, придававшего первостепенное значение развитию бортовой вычислительной техники, распоряжением Правительства от 05.12.1985 г. № 2506 в составе НПО «Персей» на базе комплексного отделения НИЦЭВТ был организован НИИ «Аргон» с последующим переподчинением ему Кишиневского и Дальневосточного филиалов.

В разработках БЦВМ комплекса «Аргон» было задействовано с учетом коллективов филиалов свыше 3000 специалистов, не считая работников СКБ заводов-изготовителей, обеспечивавших подготовку и сопровождение производства БЦВМ, а также разработку контрольно-сервисной аппаратуры.

Серийное производство БЦВМ комплекса «Аргон» было организовано на девяти заводах радиопромышленности, что удовлетворило в полном объеме потребности систем и объектов в машинах этого класса. Изготовление ЭВК «Бета-3М» было организовано также в Болгарии для нужд стран Варшавского договора.

Уникальность комплекса БЦВМ «Аргон» заключается не только в количестве успешно выполненных опытно-конструкторских работ (ОКР) для важнейших систем и объектов, но прежде всего в межвидовом характере разработок базовых унифицированных моделей. Эта особенность комплекса сделала возможным вести его крупносерийное производство и использовать как в системах, для которых непосредственно задавалась разработка, так и в качестве примененных изделий в десятках параллельно создаваемых систем и объектов.

Космические корабли и орбитальные станции, авиационные объекты от истребителей до воздушных пунктов управления, комплексы радиолокационного дозора

и наведения, самолеты противолодочной обороны и вертолеты управления и разведки, противоракеты дальнего перехвата, автоматизированные системы управления войсками и средствами противовоздушной обороны, мобильные и авиационные комплексы радиолокационной борьбы, телекоммуникационные спутники и межвидовые терминалы связи, системы управления воздушным движением, зенитно-ракетные комплексы, мобильные комплексы тактических ракет, разведывательно-ударные комплексы — далеко не полный перечень объектов вооружения, в которых нашли применение БЦВМ комплекса «Аргон».

Многолетняя специализация коллектива разработчиков БЦВМ комплекса «Аргон», приобретенный бесценный опыт по обеспечению работы средств вычислительной техники в экстремальных условиях позволили ему занять ведущее место в стране среди коллективов — разработчиков БЦВМ и БЦВК, используемых в оборонных отраслях промышленности. Неслучайно именно НИЦЭВТ был выбран в качестве головной организации созданного в декабре 1977 г. Межведомственного координационного совета по БЦВМ (МКС № 16) при Комиссии Президиума Совета Министров СССР по военно-промышленным вопросам (ВПК), на который была возложена задача по унификации разрабатываемых для нужд обороны страны БЦВМ. Созданные рабочие органы МКС № 16 — Совет главных конструкторов и рабочие группы специалистов по направлениям унификации — сыграли огромную роль в научно-технической координации проводимых в стране разработок БЦВМ.

Результатом напряженной работы специалистов, возглавляемых в этот период главным конструктором БЦВМ комплекса «Аргон» В. В. Пржиялковским с заместителями А. Ф. Кондрашевым и В. И. Штейнбергом, явилась принятая на 1986–1992 гг. (Решение ВПК от 16.12.1986 г. № 456) Государственная программа создания перспективных унифицированных базовых моделей семейств бортовых электронных вычислительных машин (СБ ЭВМ). В 1989 г. указанная программа, включавшая 16 базовых моделей БЦВМ, была дополнена шестью новыми моделями, ориентированными на космические объекты и объекты систем ПРО.

В качестве основной элементной базы для моделей СБ ЭВМ планировалось использовать микропроцессорные комплекты БИС и матричные БИС, научно-техническим заделом по которым располагала отечественная микроэлектроника. Четыре базовые модели СБ ЭВМ разрабатывались непосредственно в НИИ «Аргон».

С целью развития ряда БЦВМ А-30, А-40, А-50 было согласовано задание на межвидовую БЦВМ СБ1180 (главный конструктор В. И. Штейнберг), совместимую с моделями ЕС ЭВМ-2. С архитектурой «Поиск» (проблемно-ориентированная с изменяемой

системой команд) разрабатывались БЦВМ СБ5580 (главный конструктор В.И. Румянцев) — одноплатный встраиваемый вариант, СБ5540 (главный конструктор А.А. Соловьев) — четырехпроцессорный вычислительный комплекс для авиационных и корабельных АСУ. С архитектурой СМ ЭВМ — БЦВМ СБ3580 (главный конструктор А.П. Морозов) для мобильных систем. Разработки БЦВМ из ряда СБ ЭВМ были выполнены на уровне проектов и макетных образцов и не получили развития из-за отсутствия должного производства матричных БИС в стране, на которые как на основную элементную базу был сориентирован весь ряд машин СБ ЭВМ.

Разразившийся в начале 1990-х гг. общий кризис экономики страны стал для коллектива института периодом испытаний. В условиях крайне ограниченного финансирования новых разработок резко упала численность сотрудников предприятия. Практически прекратили свое существование филиалы. Ряд подразделений института вынуждены были переключиться на конверсионную тематику. Многоканальные электрокардиографы и энцефалографы на базе персональных компьютеров, изготовленные и поставленные в медицинские учреждения, аналого-цифровые приборы серии «Эхолот» (главный конструктор В.И. Тужилин) для определения дебита нефтяных скважин, аналоговые и цифровые сельские АТС (главный конструктор А.И. Фельдшеров), электронные многоканальные регистраторы параметров ТЭЦ (главный конструктор В.И. Тужилин) органично вписались в завершенные проекты института в эти годы, наряду с работами по бортовой тематике.

НИИ «Аргон», претерпев существенные потери, сумел тем не менее сохранить основной научно-технический потенциал, традиции и научную школу разработки бортовой вычислительной техники.

В условиях общего кризиса наибольший ущерб был нанесен электронной промышленности, что привело к дальнейшему отставанию в создании новейшей элементной базы. В середине 1990-х гг. основная часть организаций, разрабатывавших БЦВМ, вынуждена была перейти на широкое использование компонентной базы иностранного производства, включая покупные узлы и блоки, а также покупные программное обеспечение и автоматизированные системы проектирования. В условиях ограниченного финансирования новых разработок только такое решение позволило обеспечить вновь создаваемые и модернизируемые системы военного назначения средствами вычислительной техники с приемлемыми характеристиками.

Массовый ввоз в страну и повсеместное широкое использование персональных компьютеров во всех отраслях народного хозяйства, включая оборонные ведомства, поставило в повестку дня вопрос о необходимости разработки БЦВМ, аппаратно



СБИС серии 1867ВЦ3АФ

и программно совместимых с моделями IBM PC, получившими наибольшее распространение. Среди коллективов разработчиков БЦВМ, решавших эту задачу, был и НИИ «Аргон».

Созданные в эти годы на микропроцессорах фирмы Intel серии 486 опытные образцы БЦВМ EA2164, EA2165, EA2166 (главный конструктор В. И. Штейнберг) позволили провести модернизацию вычислительной системы авиационного пункта управления на основе БЦВМ А-50 путем замены морально устаревшего периферийного оборудования на «бортовую персоналку», которая за счет программно-аппаратной эмуляции не только реализовала функции периферийного оборудования, но и обеспечила задачи интеллектуального инженерного пульта.

С использованием сигнальных микропроцессоров TMS 320C30 были разработаны встраиваемые вычислительные модули в формате VME 6U для сбора, обработки данных и управления внешними объектами в составе авиационных и мобильных связанных терминалов. В последующем был использован отечественный микропроцессор ЦОС 1867ВЦ1Ф (аналог TMS 320C30).

Зарубежная компонентная база была использована и для создания аппаратуры для нового поколения аэрокосмических систем.

С развитием информационных технологий, сетевых методов обработки информации, расширением круга задач, решаемых в бортовых системах объектов, а также новыми возможностями, предоставляемыми современной высокотехнологичной компонентной базой, перед разработчиками БЦВМ были поставлены проблемные вопросы, связанные с необходимостью перехода от разработки БЦВМ к проектированию бортовых информационно-управляющих систем.

Тематические направления работы института в последние годы в основном связаны с нашими постоянными заказчиками, для которых НИИ «Аргон» является стратегическим партнером по созданию средств бортовой вычислительной техники. По ракетно-космическим объектам это ОАО «РКК «Энергия» и ОАО «Газпром — Космические системы», по авиационным объектам — ОАО «НПП «Полет»», ОАО «НИИАА имени академика В. С. Семенихина» и ОАО «ОКБ «Сухой»».

Задача создания современной аппаратуры для нового поколения ракетно-космической техники связана с обеспечением длительного срока активного существования (15–17 лет), а также с установкой аппаратуры вне герметизированных отсеков

космических аппаратов. В основу проектирования БЦВМ этого класса (главный конструктор Ф. С. Власов) положена разработанная в институте и постоянно развивающаяся технология «ДОРА», в основе которой лежит надежно-ориентированное проектирование с применением унифицированной базовой несущей конструкции, сертифицированной высоконадежной элементной базы, единых схемотехнических и системотехнических решений, системы бездефектного проектирования и испытаний, отработанных методов и средств контроля качества изготовления. Эффективность использования этой технологии подтверждается ее успешным применением в более 150 созданных приборов: в МКС «Альфа» и спутниках связи «Ямал-100», «Ямал-200», «Ямал-300К» в 1997–2012 гг.



В.А. Шпиев

В настоящее время НИИ «Аргон» приступил к производству очередного поколения средств комплексирования бортовых приборов космических аппаратов на основе базовой несущей конструкции БНК-2010. Новая БЦВМ, разрабатываемая институтом, позволит обеспечить защиту от воздействия тяжелых заряженных частиц и достигнуть значения вероятности безотказной работы 0,956 за 15 лет активного существования в двухпроцессорной конфигурации и 0,998 — в четырехпроцессорной.

Авиационная тематика института в последние годы развивалась по двум направлениям: это разработка нового поколения средств бортовой вычислительной техники для комплексов автоматизации и связи воздушных пунктов управления (главные конструктора В. И. Штейнберг, В. А. Шпиев) и встраиваемых модулей сбора и обработки данных для терминалов связи (главный конструктор С. О. Попов). Разработанные по этим направлениям средства носят межвидовой характер и успешно используются в мобильных и корабельных системах.

Масштабируемый унифицированный отказоустойчивый многофункциональный бортовой вычислительный комплекс обеспечивает сбор и обработку защищенной информации от внешних устройств в широком спектре радиочастот, отображение ее на видеомониторах в интерактивном режиме, решение задач в операционных системах реального времени. Комплекс имеет



С.О. Попов

необходимый набор внешних стандартных и специальных интерфейсов, что наряду с большим набором базовых конфигураций специализированного бортового компьютера позволяет конфигурировать различные многомашинные комплексы с заданными производительностью и надежностью. Конструкция комплекса выполнена в базовом корпусе с кондуктивным теплоотводом и тепловым контролем за работой электронных модулей. Использование в комплексе двухъядерного 32-разрядного процессорного модуля с тактовой частотой 2,26 ГГц значительно расширяет его возможности.

В состав встраиваемых модулей сбора и обработки данных (ВМД) входят от двух до шести вычислителей и широкий набор внешних стандартных интерфейсов. Каждый вычислитель имеет в своем составе процессор цифровой обработки сигналов (ЦОС), постоянную и оперативную память изменяемой конфигурации с прямым доступом, два последовательных порта, встроенные таймеры и контроллер системной шины. Использование процессора ЦОС позволяет ВМД решать широкий спектр задач во многих направлениях специальной и общей техники. В качестве базового вычислителя ВМД использована отечественная СБИС «система на кристалле» 1867ВЦ8Ф разработки ОАО «НИИ «Аргон»» и ОАО «НИИЭТ». В 1867ВЦ8Ф впервые в отечественной практике реализуются схмотехнические и технологические решения, обеспечи-



Системный блок бортового вычислителя EA2180 для ВЗПУ



Встраиваемый вычислительный модуль для терминалов связи

вающие масштабируемость систем цифровой обработки сигналов процессоров ЦОС с развитой периферией на уровне кристалла СБИС и возможность создания на их основе высокопроизводительных систем ЦОС.

Использование СБИС 1867ВЦ8Ф в вычислительных средствах авиационного терминала позволило, в сравнении с аналогичными средствами 248КВВСМ, увеличить производительность в 4 раза, коммуникационные возможности — в 2 раза, уменьшить потребляемую мощность и массогабаритные характеристики блока аппаратуры в 2,5 раза. Открытая модульная архитектура на базе ВМД служит основой для построения различных конфигураций вычислительных систем необходимой производительности и надежности.

Разработанные и изготовленные институтом комплексы встраиваемых вычислительных средств (главный конструктор С. О. Попов) успешно прошли государственные испытания в составе авиационных и мобильных терминалов связи.

Относительно новым направлением для института явилась разработка аппаратно-программных средств высокоинтеллектуальных стендов для комплексирования и испытаний оборудования истребителя пятого поколения (главный конструктор В. А. Михайлов).

Как известно, комплекс БЦВМ «Аргон», созданный в предыдущие десятилетия и ставший основой десятков и сотен систем и объектов вооружения, до настоящего времени находится в штатной эксплуатации. В связи с этим институт периодически привлекается к работам, связанным с модернизацией и заменой морально устаревших БЦВМ. При этом ставятся непереносимые условия по сохранению отработанного годами программного обеспечения в условиях жесткого реального времени с одновременным значительным наращиванием вычислительной мощности для постановки новых функциональных задач. Примером такой модернизации стала аппаратно-программная эмуляция системы команд снятой с производства БЦВМ «Аргон-15А» во вновь разработанной БЦВМ А-15АР на современных вычислительных модулях для серийно выпускаемых мобильных комплексов радиоэлектронного противодействия (главный конструктор В. А. Белов).

В 1990-е гг. НИИ «Аргон», как и большинство предприятий оборонного комплекса, боролся за выживание. При острой нехватке средств невозможно было вести планомерное техническое перевооружение, отвечающее современному уровню проектирования и производства. В ноябре 2007 г. Правительством России принято Постановление о развитии радиоэлектронного комплекса страны с выделением из бюджета на эти цели значительных ассигнований.

Начиная с 2008 г. в соответствии с Постановлением Правительства России о развитии радиоэлектронного комплекса институту выделяются из бюджета необходимые средства для реализации проектов реконструкции и технического перевооружения предприятия (главные конструкторы проектов В. А. Михайлов, А. Ю. Данилов, Ф. Г. Плотников). Создан базовый Центр проектирования с внедрением нового поколения программно-аппаратных средств на рабочих местах разработчиков с использованием лицензионных пакетов прикладных программ для автоматизации проектных работ. Создание Центра проектирования позволило не только повысить производительность труда инженерных работников, но и выполнить проекты по разработке СБИС с высоким уровнем интеграции. Так, созданная в кооперации с воронежским ОАО «НИИЭТ» СБИС серии 1867ВЦ8Ф с уровнем интеграции 3220 тыс. вентилях используется в разработанном и поставляемом ОАО «НИИ «Аргон»» бортовом вычислителе для терминалов связи истребителей Су-35, Т-50 и ряда других авиационных объектов.

Проведен также большой комплекс работ по вводу в эксплуатацию опытно-экспериментального производства в составе монтажно-сборочного участка и участка механообработки, укомплектованных самым современным высокопроизводительным оборудованием. Радиомонтажные работы отныне проводятся в «чистом помещении», инженерное оборудование которого поддерживает постоянный климатический режим. Комплектующие изделия хранятся в специальном шкафу, оборудованном средствами контроля температурного режима и влаги. Уникальное испытательное и измерительное оборудование позволяет проводить исследовательские и финишные испытания аппаратуры, максимально приближенные к воздействию в натуральных условиях эксплуатации, что обеспечивает высокое качество и надежность разрабатываемых и поставляемых заказчикам изделий.

В последние годы институт выполнил и выполняет ряд задельных ОКР на конкурсной основе по заданиям Минпромторга России по разработке промышлен-



БЦВМ для телекоммуникационных спутников

ной технологии создания унифицированных отказоустойчивых высокопроизводительных средств бортовой вычислительной техники нового поколения, ориентированных на использование в модернизируемых и перспективных объектах вооружения. Успешно завершены государственные испытания разработанных институтом бортовых вычислительных систем в составе воздушного пункта управления. Обеспечены запуск и устойчивое функционирование БЦВМ нашей разработки в составе телекоммуникационных спутников серии «Ямал».

Достижения НИИ «Аргон» в создании средств бортовой вычислительной техники регулярно демонстрируются на проводимых в стране выставках. На международных выставках, регулярно организуемых в Казани («Авиационные и космические технологии и оборудование»), экспозиция НИИ «Аргон» отмечается дипломами Гран-при Оргкомитета и Правительства Татарстана.

Установленное новейшее технологическое и испытательное оборудование, высокоинтеллектуальные рабочие места для схемотехников, программистов, конструкторов и технологов делают более привлекательной работу для молодых специалистов — выпускников вузов и колледжей.

В институте с 1996 г. функционирует филиал кафедры «Вычислительные системы и сети» Московского института электроники и математики (МИЭМ), вошедшего в 2012 г. в структуру Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».

Молодые специалисты составляют на сегодня свыше 30 % сотрудников научно-тематических подразделений. Средняя зарплата работников института выросла за последние три года на 40 %.

В апреле 2012 г. институт акционировался и вошел в состав одной из ведущих в стране интегрированных структур радиоэлектронного профиля — ОАО «Концерн «Вега»».

Имея колоссальный опыт и опробованную десятилетиями школу создания средств бортовой вычислительной техники, накопленный за последние годы научно-технический задел, коллектив ОАО «НИИ «Аргон»» готов к творческому сотрудничеству с предприятиями оборонно-промышленного комплекса по созданию самых современных средств бортовой вычислительной техники для авиационных и ракетно-космических объектов.

Практически все основные разработки, выполненные в разные годы НИИ «Аргон», освещались в статьях отраслевых научно-технических сборников («Вопросы радиоэлектроники», «Вопросы специальной радиоэлектроники», «Радиопро-

мышленность») и других изданий оборонных отраслей радиопромышленности, в научно-технических отчетах, в монографиях и диссертациях сотрудников института. Значительная часть научных достижений отражена в авторских свидетельствах и патентах на изобретения. Многие создатели БЦВМ и БЦВК отмечались высокими государственными наградами и почетными званиями СССР и России, в том числе Государственными премиями и премиями Ленинского комсомола в области науки и техники.

В настоящей статье опущены фамилии большинства разработчиков комплекса БЦВМ «Аргон». Они подробно перечислены в статьях, размещенных в Виртуальном компьютерном музее Эдуарда Пройдакова (www.computer-museum.ru), в рубрике отечественной вычислительной техники, в разделе, посвященном НИИ «Аргон», а также в книге «Разработчики БЦВМ комплекса “Аргон”», хранящейся в музее института. Руководители института и главные конструкторы основных разработок представлены также в Галерее портретов видных ученых и инженеров, внесших весомый вклад в создание и развитие науки и техники, в вышедших в 2007–2009 гг. энциклопедиях: «Радиолокация России» (М.: Столичная энциклопедия, 2007), «Авиастроение России в лицах» (М.: Общество авиастроителей «Аэросфера», 2008), «Связь России» (М.: Столичная энциклопедия, 2008), «Электроника России» (М.: Столичная энциклопедия, 2009).

Постоянный поиск новых идей и решений, создание изделий с предельно возможными характеристиками, напряженный труд при выполнении государственных заданий — замечательные традиции, переходящие из поколения в поколение специалистов института. Сегодняшнее поколение разработчиков ОАО «НИИ “Аргон”» успешно продолжает летопись славных дел наших предшественников — коллективов СКБ-245 — НИЭМ — НИЦЭВТ — НИИ «Аргон» — в непрекращающейся гонке по обеспечению паритета нашей страны с ведущими мировыми державами в области бортовой вычислительной техники.

Серийные заводы ОАО «НИИ «Аргон»

БЦВМ комплекса «Аргон» в разные годы изготавливались на девяти заводах радиопромышленности. Каждый завод и его коллектив имеют свою историю становления, развития и трудовых успехов, о которых невозможно рассказать в рамках настоящей публикации. Некоторую информацию об истории заводских коллективов можно почерпнуть в материалах Виртуального компьютерного музея вычислительной техники Эдуарда Пройдакова (например, о Загорском электромеханическом заводе),

другие заводы посвятили своей истории специальные издания (например, Брестский электромеханический завод к своему 50-летию в 2013 г. выпустил книгу и даже фильм). Но история создания БЦВМ комплекса «Аргон» была бы неполной без хотя бы краткого упоминания производственных коллективов, с участием которых шла отработка конструкторской документации (КД) для серийного производства и благодаря которым было организовано производство моделей БЦВМ в необходимом для обороны страны количестве.

Астраханский машиностроительный завод «Прогресс»

Первым серийным заводом, который стал осваивать бортовые ЦВМ комплекса «Аргон», был астраханский машиностроительный завод «Прогресс». Основным профилем завода были ферритовые сердечники и ферритовая память для вычислительной техники. Вместе с тем на заводе изготавливалась и бортовая ЦВМ «Пламя» разработки НИИ-17 (позднее МНИИП, преобразованный впоследствии в ОАО «Концерн “Вега”»). «Аргон-1М» (изделие 1В57М) был освоен в производстве в 1971 г. и стал на многие годы основной продукцией в объеме завода, поскольку был использован как унифицированное изделие в мобильных и стационарных системах (всего около 70 объектов). Когда возникла необходимость в резком увеличении производства БЦВМ «Аргон-1М», к астраханскому заводу был подключен **Фрунзенский завод ЭВМ** — как завод-дублер по производству этого изделия. В этом же, 1971, году на завод была передана КД на БЦВМ «Аргон-10». Модификация этой машины «Аргон-10М1» была использована в принятой в штатную эксплуатацию системе УВД «Старт» в зоне аэродромов.

Следующим изделием, поступившим на завод, стал БЦВК «Аргон-12А» — двухмашинный вычислительный комплекс для орбитальных пилотируемых станций (ОПС) серии «Алмаз».

Во главе астраханского машиностроительного завода «Прогресс» многие годы стоял Петр Логвинович Щербина — мощный хозяйственник и колоритная во всех отношениях фигура. Член бюро Астраханского обкома КПСС, он был признанным авторитетом не только в коллективе завода, но и среди работников директорского корпуса радиопромышленности.

В должности главного инженера завода в разные годы работали Ромуил Александрович Столяров и Алексей Давыдович Горюнов. Начальником СКБ завода был Борис Николаевич Тимофеев, назначенный впоследствии главным инженером завода.

Под производство «Аргонов» на заводе был проведен огромный комплекс работ по техническому перевооружению. Сборочные цеха были оснащены современным на тот период оборудованием, в том числе мощными кондиционерами, что в условиях астраханской летней жары было необходимым требованием при производстве бортовой аппаратуры.

В середине 1970-х гг. завод был определен головным по изготовлению базовой БЦВМ «Аргон-40», разработанной для мобильного комплекса «Бета-3М» АСУВ фронта «Маневр». Выносной комплект средств вычислительной техники этого комплекса использовался также в командно-штабной машине (КШМ) АСУ тыла и в ряде других объектов. В середине 1980-х гг. Астраханскому заводу было поручено одновременно с Брестским электромеханическим заводом производство базовой унифицированной БЦВМ А50. Руководителем завода в то время был Виктор Александрович Харченко, работавший до этого в руководстве Волжского завода радиопромышленности. С новым заданием завод успешно справился и в течение ряда лет вел поставку изделий для мобильных объектов.

К сожалению, высококвалифицированный коллектив специалистов астраханского машиностроительного завода «Прогресс» в 1990-е гг. постигла та же участь, что и другие заводы оборонно-промышленного комплекса (ОПК), обреченные на выживание в условиях практического обнуления государственного оборонного заказа (ГОЗ).

Фрунзенский завод ЭВМ имени 50-летия СССР

Завод получил в производство «Аргон-1М» с хорошо обкатанной на Астраханском заводе документацией. Директором завода в тот период работал Александр Александрович Безжон, главным инженером — Владимир Иванович Наветный, позднее — Виталий Дмитриевич Глушич, назначенный впоследствии директором завода. Главным инженером при В. Д. Глушиче был назначен Анатолий Тихонович Немыкин. Начальником СКБ завода работал Максим Александрович Терещенко, переехавший в начале 1980-х гг. в Москву и принятый на работу в НИЦЭВТ начальником отделения, а в дальнейшем при образовании НИИ «Аргон» в 1985 г. был назначен его директором. СКБ завода была разработана новая модель БЦВМ, заменившая в дальнейшем в производстве «Аргон-1М» и получившая шифр «Улан» (с системой команд «Аргон-1М» на новой элементной базе).

Судьба завода, успешно выполняющего ГОЗ и имевшего четыре филиала на территории Киргизии, была предопределена распадом СССР и последовавшим за ним националистическим бумом в республике. Руководители завода с группой

сотрудников вынуждены были покинуть Киргизию, некоторое время работали в Подмоскowie, а затем переехали в Белгород.

Загорский электромеханический завод (позже ПО «Звезда», Сергиев Посад)

ЗЭМЗ занимает особое место в истории отечественной вычислительной техники. Завод с мощным ОКБ не только выполнял самые сложные задания по освоению в производстве средств вычислительной техники специального назначения для стратегических оборонных комплексов, но и стал кузницей целой плеяды талантливых руководителей союзного уровня.

Это прежде всего выдающийся ученый и организатор промышленности, академик, Герой Социалистического Труда В. С. Семенихин, занимавший должности заместителя министра радиопромышленности СССР, директора НИИ автоматической аппаратуры, носящего ныне его имя, и Генерального конструктора АСУ Вооруженных сил.

Николай Васильевич Горшков — главный инженер Главного управления, заместитель министра радиопромышленности СССР, Герой Социалистического Труда, возглавивший впоследствии Государственный комитет по информатике и вычислительной технике СССР.

Виктор Миронович Нейман — заместитель начальника, начальник Главного управления Министерства радиопромышленности СССР, заместитель председателя ГКВТИ СССР, ныне Генеральный директор ОАО «НИИ супер ЭВМ».

Эрнст Родионович Фильцев — главный инженер Главного управления, заместитель министра радиопромышленности СССР.

Владимир Алексеевич Курочкин — директор ЗЭМЗ, заместитель и позднее первый заместитель министра радиопромышленности СССР.

Валерий Сергеевич Мухтарулин — главный инженер Главного управления, начальник Главного управления, заместитель министра радиопромышленности СССР, затем генеральный директор ОАО «НИИ ВК имени М. А. Карцева».

Все перечисленные руководители прошли на ЗЭМЗ и в его ОКБ школу разработки и производства нескольких поколений средств вычислительной техники в тесном контакте с ведущими институтами и главными конструкторами оборонных систем.

ЗЭМЗ справлялся с самыми сложными заданиями, от микроэлектроники до крупных радиоэлектронных комплексов.

Мы пришли на ЗЭМЗ в конце 1960-х гг. с задачей освоения в производстве возимого комплекса средств вычислительной техники и связи ЭВК «Бета-2» для АСУВ

фронта «Маневр». Позднее выносной комплект средств вычислительной техники из состава ЭВК «Бета-2» — изделие МСМ — был использован и длительное время находился в штатной эксплуатации в составе комплекса Системы предупреждения о ракетном нападении (СПРН).

ЭВК «Бета-2» разрабатывался с участием ОКБ завода, взявшего на себя выпуск КД на размещение приборов комплекса в колесных транспортных единицах. На заводе было выпущено 12 комплектов ЭВК «Бета-2», которые сыграли огромную роль на первом этапе создания лучшей, по основным тактико-техническим характеристикам — в мире, автоматизированной системы тактического звена управления войсками.

Параллельно с производством ЭВК «Бета-2» шла разработка первого в СССР работающего на ходу ЭВК «Бета-3М» на гусеничном ходу.

К размещению средств вычислительной техники и связи в транспортной базе МТЛБУ (многоцелевой танковый легкобронированный универсальный) и к его разработке было также подключено ОКБ завода.

Учитывая директивные сроки поставки ЭВК «Бета-3М», его разработка осуществлялась в непрерывном режиме без выходных дней, а наладка аппаратуры и комплекса в целом велась круглосуточно. С поставкой первых ЭВК «Бета-3М» стало возможным перейти ко второму этапу государственных испытаний системы «Маневр».

Совместно со специалистами ОКБ завода в ходе производства ЭВК «Бета-3М» был проведен значительный комплекс работ по повышению качества и надежности входящей в комплекс аппаратуры, поставляемой на ЗЭМЗ другими производителями.

С учетом планируемого принятия в штатную эксплуатацию системы и ее модификации в СССР и в армиях стран Варшавского договора изготовление ЭВК «Бета-3М» параллельно с ЗЭМЗ было освоено с 1985 г. в ПО «Разданский машиностроительный завод» в Армении, а позднее и в Болгарии. Директорами ЗЭМЗ в этот период работали Виктор Германович Попов, а позднее — Владимир Алексеевич Курочкин, переведенный затем на работу в Минрадиопром, Алексей Федорович Гурский. Бессменным главным инженером завода был Анатолий Григорьевич Шишилов — один из самых авторитетных руководителей на этой должности в радиопромышленности. Начальниками ОКБ в эти годы работали Анатолий Иванович Голубев, Юрий Николаевич Успенский, Валентин Николаевич Пахомов.

Последней из разработок нашего предприятия, порученной для освоения в производстве ЗЭМЗу, был четырехкассетный накопитель на магнитной ленте, входивший в состав авиационных и мобильных вычислительных комплексов на основе БЦВМ А-50. И с этим непростым заданием ЗЭМЗ успешно справился.

В 1990-е гг. ЗЭМЗ, к этому времени головной завод ПО «Звезда», лишившись ГОЗ, который в объеме завода составлял все 100 %, подвергся медленному разрушению. Специалисты завода, в первую очередь рабочие высшей квалификации, устроились на предприятия Москвы, а попытка возродить производство с привлечением рабочих-мигрантов, в частности из Узбекистана, не дала желаемого результата.

Московский завод счетно-аналитических машин имени В. Д. Калмыкова (САМ)

Московский САМ играл важную роль в освоении производства новых средств вычислительной техники как опытно-экспериментальная база Минрадиопрома. В начале 1970-х гг. ему было поручено освоение в производстве БЦВК «Аргон-16» для системы управления движением космических кораблей серии «Союз». Первый опытный образец изделия был изготовлен в 1973 г. Модификация БЦВК была разработана и для орбитальных станций серии «Алмаз» и для космических кораблей (КК) специального назначения «Меч-К». Высоконадежному БЦВК «Аргон-16» была уготована долгая жизнь. Он стал базовым для всех пилотируемых кораблей серии «Союз», грузовых — «Прогресс», ОПС серии «Салют», орбитальных станций (ОС) «Мир», ряда кораблей серии «Космос». Производство БЦВК и его модификаций продолжалось на заводе до 2010 г. За 37 лет производства — было изготовлено около 300 комплектов — не было ни одного отказа БЦВК «Аргон-16» при штатной эксплуатации в составе космических кораблей и орбитальных станций.

В конце 1970-х гг. завод САМ был подключен к освоению в производстве БЦВК «Аргон-30» для АКРЛДН (авиационный комплекс радиолокационного дозора и наведения) «Шмель» и его модификации «Аргон-30А» для мобильных комплексов ПВО, а также систем УВД в зоне авианосца и для СПРН. Позднее производство указанных изделий было передано сначала на Винницкий завод радиотехнической аппаратуры, а затем на БЭМЗ.

Директором завода в тот период работал Валентин Иванович Семешкин, а главным инженером — Валентин Николаевич Воронов, позднее назначенный на должность директора завода.

В начале 1990-х гг. были завершены реконструкция и техническое перевооружение завода, выполненные с участием корпорации Siemens.

Завод к этому времени возглавил Михаил Николаевич Шурыгин, к сожалению, рано ушедший из жизни. Территориальное положение завода — практически в центре Москвы, где резко возросла стоимость земли, а жесткие нормы по экологии

потребовали вывода отдельных производств с территории предприятия, что создало дополнительные трудности в деятельности этого старейшего в радиопромышленности коллектива.

Винницкий завод радиотехнической аппаратуры

Завод специализировался на крупносерийном производстве источников и систем электропитания для всех моделей ЕС ЭВМ. Организация производства БЦВК «Аргон-30» для приоритетных оборонных систем и объектов была для завода почетным и желаемым заданием. Директор завода Виктор Васильевич Родионов и главный инженер Алим Никитович Романенко с энтузиазмом начали подготовку производства и оснащение завода необходимым для производства бортовой техники испытательным оборудованием. Однако после изготовления головных образцов изделий А-30 руководством Минрадиопрома было принято решение о передаче его серийного производства с 1980 г. на БЭМЗ, имевший к тому времени положительный опыт серийного изготовления бортовой вычислительной техники для баллистических ракет.

Брестский электромеханический завод имени 50-летия СССР (БЭМЗ)

БЦВК «Аргон-30» и «Аргон-30А» поступили в производство на БЭМЗ с уже сравнительно отработанной КД. Параллельно с производством А-30 шла отработка системы «Шмель», по результатам которой необходимо было увеличивать объемы оперативной и долговременной памяти, принимать кардинальные меры по повышению надежности БЦВК, так как два из четырех БЦВК, установленных на объекте, первоначально планировались как резервные изделия, но в дальнейшем были включены в штатный комплект вычислительной системы. С учетом длительных сроков отработки объекта появилась возможность перехода с многокристалльных БИС в металлокерамических корпусах на более надежные монокристалльные ИС в металлокерамических корпусах. Был проведен с привлечением ведущих специалистов из Дальневосточного филиала значительный комплекс работ по технической диагностике узлов и блоков изделий, исключивший наладку комплекса на завершающих этапах его изготовления.

Базовая БЦВМ «Аргон-50» и выполненные в унифицированных конструктивах внешние устройства, включая внешние ЗУ на цилиндрических магнитных доменах, была передана в производство на БЭМЗ в 1982 г. Директивные сроки создания целого ряда приоритетных объектов, базирующихся на вычислительных комплексах на основе А-50, потребовали начать изготовление изделий на заводе до завершения

этапа наладки и внесения изменений в КД у разработчика. Поставленные с завода 10 комплектов оборудования без наладки потребовали в дальнейшем создания комплексной бригады из разработчиков и специалистов СКБ завода по доработке и комплексной наладке изделий.

В дальнейшем производство изделий на заводе было организовано в необходимом объеме с требуемым уровнем качества и надежности и велось около 10 лет.

Распад СССР и отсутствие ГОЗ поставили коллектив завода в крайне сложное положение. Освоенные в производстве сельскохозяйственная техника, электро- и газосчетчики, медицинская аппаратура стали основной продукцией завода в последние годы. Численность заводского коллектива сократилась с 15 тыс. работников до 600.

За период освоения и производства изделий серии «Аргон» директорами завода были Владимир Александрович Сальников, Франтишек Петрович Ковриго, переведенный впоследствии в Москву и назначенный заместителем министра радиопромышленности СССР, Павел Иосифович Сидорик, назначенный впоследствии директором минского НИИЭВМ, Сергей Владимирович Бушуев, Валерий Владимирович Бугаев. С августа 2001 г. завод возглавил Сергей Леонидович Разумец.

Каменск–Уральский радиозавод (впоследствии ПО «Октябрь»)

Один из лучших серийных заводов радиопромышленности был определен изготовителем БЦВМ Ц100 в 1980 г. БЦВМ Ц100 разрабатывалась для систем управления вооружением создаваемых в СССР новых истребителей МиГ-29 и Су-27. Эта же БЦВМ была использована в системах индикации. Завод с численностью работников около 17 тыс. человек имел на своем знамени два ордена — Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени. Коллектив завода не только обладал высочайшей квалификацией в изготовлении бортовой аппаратуры, но и занимал ведущее место в стране в области автоматизированных систем управления производством. Директор завода Виктор Алексеевич Парамонов, главный инженер Владимир Васильевич Вершинин, заместитель директора Александр Петрович Смага, назначенный впоследствии директором завода, заместитель главного инженера по спецтехнике Илья Исаакович Рапопорт, руководитель заказа Владимир Михайлович Суставин со всей серьезностью отнеслись к новому заказу. Директивные сроки освоения в производстве БЦВМ Ц100 находились под постоянным контролем партийных и государственных органов, а планируемые объемы производства изделий требовали серьезной подготовки производства. Деловой стиль работы, дружественный интерфейс

с разработчиком, минимум переписки способствовали успешному внедрению БЦВМ Ц100 в производство. Позднее на завод была передана КД и на следующий ряд изделий из выполненного НИЦЭВТ проекта А-2009БИС — БЦВМ Ц101, Ц102, Ц104 на новой элементной базе с использованием микропроцессоров и БИС памяти. Со всеми порученными заданиями коллектив завода успешно справился, а когда объем производства БЦВМ в общей структуре государственного заказа превысил запланированные пропорции, к производству БЦВМ был подключен завод-дублер — **Волжский завод радиотехнических элементов**. Впоследствии эти БЦВМ были освоены в производстве и на Рязанском приборном заводе.

Кишиневский завод «Луч» (впоследствии Кишиневский завод счетных машин имени 50-летия СССР, ОАО «Сигма»)

Кишиневский завод в 1971 г. был выделен под освоение в серийном производстве базовых унифицированных БЦВМ «Аргон-15», «Аргон-15А». Завод специализировался до этого на производстве аналоговых и аналого-цифровых комплексов разработки московского НИИсчетмаш. Задача освоения в производстве БЦВМ для завода была чрезвычайно сложной. Требовалось освоить в производстве не только многослойные печатные платы (МПП) послойного наращивания, но и множество новых для завода техпроцессов. Внедрение изделий шло параллельно с освоением вновь вводимых производственных площадей завода на новой площадке в районе Ботаника. На заводе потребовалось также введение Представительства Гензаказчика.

Директорами завода были Виталий Иванович Филатов, Николай Родионович Андронатий, Борис Сергеевич Трачевский. Главными инженерами в разные годы работали Виктор Анатольевич Осипов, Иван Михайлович Антосьев, Евгений Степанович Корсунов, Александр Пантелеевич Родин. Начальник СКБ — Евгений Борисович Ботвиновский.

С энтузиазмом взялись за новый ответственный и высокотехнологичный заказ. Начальник цеха печатных плат Сима Матвеевна Смотрицкая с активом цеха работали без выходных и освоили-таки сложнейшую на тот период технологию производства МПП, чего не удалось сделать в свое время Московскому заводу САМ (ему был передан готовый участок МПП, работавший в опытном производстве института).

БЦВМ А-15, А-15А стали основой около 35 систем управления авиационных и мобильных объектов. За годы серийного производства было изготовлено свыше 10 тыс. изделий. Параллельно СКБ завода вело разработку модификаций БЦВМ на новой компонентной базе с системой команд А-15, которые также поставлялись ряду

заказчиков. Кроме того, завод освоил в производстве БЦВМ «Аргон-15К», разработанную коллективом организованного в 1978 г. на территории и площадях завода Кишиневского филиала НИЦЭВТ. Для БЦВМ А-15К заводом впервые в СССР была освоена технология изготовления плат по методу рельефного тиснения, а также технология изготовления микросборок.

В 1982 г. заводу было поручено освоение в производстве БЦВМ «Аргон-17А» (изделие 5Э28А) для систем ПРО. С этим заданием завод также успешно справился.

С распадом СССР и потерей госзаказа Кишиневский завод, имевший четыре успешно работавших филиала в городах Молдавии, очень быстро стал приходить в упадок и после многократных преобразований потерял свои производственные площади и прежнюю значимость в промышленном потенциале республики.

ООО «Научно-производственная организация “Рубикон-Инновация”», Смоленск

При перечислении заводов-изготовителей изделий, разработанных НИИ «Аргон», следует упомянуть и об ООО «НПО “Рубикон-Инновация”». В начале 1990-х гг. НИИ «Аргон» передавал ряду предприятий радиоэлектронного комплекса научно-технические достижения, основу которых составили запатентованные работниками института А. В. Богдановым и Ю. А. Богдановым конструкции прецизионных плат рельефного тиснения с высокой трассировочной способностью и специальных разъемов, обеспечивающих беспроводные шлейфовые соединения функциональных блоков — ячеек при сборке их в пакет — корпус БЦВМ. Одним из предприятий, проявивших творческий интерес к данным конструктивам, был Институт электронной промышленности в Смоленске. Группа инженеров энтузиастов этого института во главе с талантливым инженером и незаурядным организатором Андреем Михайловичем Дьяченко не только освоила технологию изготовления новых конструктивов, но, выделившись в самостоятельное предприятие, организовала серийное производство разработанных на этих конструктивах БЦВМ по документации НИИ «Аргон» для космических изделий. Все образцы техники с шифром «УС», а также ЦВМ11, ЦВМ30, ЦВМ40, разработанные в разные годы НИИ «Аргон» для Международной космической станции и телекоммуникационных спутников, прошли стадии внедрения и серийного изготовления для штатных объектов на этом постоянно развивающемся предприятии. Коллектив ООО «НПО “Рубикон-Инновация”» в течение ряда лет успешно выполняет и самостоятельные задания по бортовой специальной вычислительной технике для предприятий авиационной и космической промышленности.

Филиалы НИИ «Аргон»

Фронт работ по средствам бортовой вычислительной техники в 1970-е гг. постоянно расширялся. В основных министерствах оборонки успешно работали коллективы НИИ и КБ, создававшие этот класс цифровой аппаратуры. Вместе с тем количество заданий на разработку новых БЦВМ для создаваемых систем и объектов росло, особенно в Минрадиопроме, и НИЦЭВТ, специализировавшийся на разработке БЦВМ межвидового применения для широкого круга объектов, уже не справлялся с поступающим потоком заданий. Расширению же коллектива разработчиков препятствовали жестко устанавливаемые рамки по численности работающих для каждого предприятия Москвы. И в одну из суббот 1977 г. министр радиопромышленности СССР П. С. Плешаков при посещении НИЦЭВТ предложил решать эту проблему за счет создания филиалов в других городах страны.

Кишиневский филиал. В 1978 г. такой филиал был образован в Кишиневе на территории и площадях завода, освоившего в серийном производстве БЦВМ А-15, А-15А. Директор завода к. т. н. Николай Родионович Андронатий, назначенный одновременно исполняющим обязанности и директора филиала, принял решение создавать филиал НИЦЭВТ за счет набора новых работников, не разрушая действующие структуры заводского коллектива. Успешному решению этой задачи способствовало наличие в Кишиневе Госуниверситета и Политехнического института, выпускавших специалистов необходимого профиля, а также ранее созданной сети «СоюзЭВМ комплекса» по обслуживанию моделей ЕС ЭВМ, откуда, в частности, на должность заместителя главного инженера филиала был приглашен Иван Леонович Касиян. В поселке городского типа Криуляны под Кишиневом позднее было организовано опытное производство филиала. И. Л. Касиян внес решающий вклад в развитие филиала и становление его тематики. Пройдя хорошую школу по разработке и внедрению в производство БЦВМ, он впоследствии возглавил строительство завода-гиганта по производству персональных компьютеров, а в дальнейшем в течение шести лет возглавлял Министерство связи и информатизации Республики Молдова. Структура Кишиневского филиала была ориентирована на замкнутый цикл разработки и производства изделий бортовой вычислительной техники. Первым важным заданием для коллектива филиала являлись разработка и внедрение в производство комплекса сервисной аппаратуры для изделий типа Ц100. Этот проект был успешно выполнен и внедрен в производство на Каменск-Уральском радиозаводе. Коллективом филиала велась новая разработка БЦВМ с системой команд крупносерийной машины «Аргон-15», «Аргон-15А», получившей наименование «Аргон-15К». Для БЦВМ «Аргон-15К»,

производимой на Кишиневском заводе, впервые в СССР была внедрена технология печатных плат рельефного тиснения. В филиале был создан участок по проектированию и изготовлению микросборок для радиоэлектронной аппаратуры.

К моменту распада СССР в филиале работало 980 человек со средним возрастом 30 лет. Ведущие специалисты филиала после прекращения по известным причинам его деятельности заняли заметное место в структурах исполнительной власти Республики Молдова.

Дальневосточный филиал. История образования Дальневосточного филиала связана с переездом во Владивосток из Ленинграда группы ученых Ленинградского института точной механики и оптики (ЛИТМО) с кафедры С. А. Майорова, занимавшихся проблемами технической диагностики.

Кандидаты технических наук Валерий Павлович Чипулис и Рафаил Семенович Гольдман создали и возглавили лабораторию технической диагностики в отделе технической кибернетики при Президиуме Дальневосточного филиала Сибирского отделения АН СССР, на базе которого 1 июня 1971 г. был создан Институт автоматики и процессов управления. Позднее, в 1982 г., при реорганизации института по предложению НИЦЭВТ на базе лаборатории технической диагностики при институте был организован проблемный научно-исследовательский отдел систем автоматизации диагностирования во главе с д.т.н. В. П. Чипулисом, вошедший в структуру комплексного отделения № 4 НИЦЭВТ по разработке бортовых ЦВМ и комплексов. В декабре 1985 г. при образовании НПО «Персей» отдел был преобразован в Дальневосточный филиал НИЦЭВТ, его директором стал д.т.н. В. В. Здор, главным инженером — д.т.н. В. П. Чипулис.

Филиалу наряду с работами по технической диагностике был предложен новый перспективный комплекс работ, ориентированный на исследования, связанные с использованием изделий электронной техники на арсениде галлия.

По проблемам технической диагностики в филиале трудились четыре доктора технических наук (В. П. Чипулис, Р. С. Гольдман, С. Г. Шаршунов, Ю. В. Малышенко) и несколько кандидатов технических наук. Высокий научный потенциал коллектива филиала, разработавшего и внедрившего на Брестском электромеханическом заводе эффективную методологию проектирования узлов и блоков вычислительной техники с учетом требований технической диагностики, позволил в заводских условиях при серийном производстве БЦВМ автоматизировать контроль узлов и блоков на тестах (95–98% глубина контроля) и исключить как таковую финишную наладку собранных изделий.

В 1990-е гг. на базе филиала был образован НИИ «Галс», который возглавил В. В. Здор.

В связи с резким падением уровня объемов ГОЗ в 1990-е гг. творческое сотрудничество НИИ «Аргон» с НИИ «Галс» сошло на нет, а В. П. Чипулис, возглавлявший весь комплекс работ по технической диагностике с НИИ «Аргон», возвратился в Институт автоматики и процессов управления (ИАПУ) и возглавил в его структуре воссозданную лабораторию технической диагностики.

Межведомственный координационный совет по БЦВМ (МКС № 16)

На НИЭМ до включения в состав НИЦЭВТ были возложены функции головного в стране института по направлению бортовой вычислительной техники (Решение ВПК от 16.10.1963 г. № 246), а директор НИЭМ Сергей Аркадьевич Крутовских возглавил Совет главных конструкторов по БЦВМ.

С НИЦЭВТ решением ВПК от 23.01.1970 г. № 22 функция головной организации по БЦВМ была снята и ни на кого не возложена. При отсутствии межведомственной координации количество разработок разнотипных неунифицированных ЭВМ военного назначения резко возросло.

Минрадиопромом позднее предпринимались определенные шаги по упорядочению разработок ЭВМ военного назначения. Так, в 1975 г. (приказ МРП от 28.02.1975 г. № 89) НИЦЭВТ назначается основной организацией по обеспечению вычислительными средствами радиолокационных систем ПВО, а в 1976 г. (приказ МРП от 27.02.1976 г. № 99) — головной организацией по созданию БЦВМ универсального типа.



В. В. Пржиялковский

И только после обращения Отдела оборонной промышленности ЦК КПСС в ВПК о недопустимости дальнейшего роста количества разработок разнотипных ЭВМ специального назначения для систем и объектов, что шло вразрез с мировой тенденцией по созданию унифицированных семейств ЭВМ для военных систем, в декабре 1977 г. было принято решение о создании МКС № 16 (Решение ВПК от 09.12.1977 г. № 307).

Головной организацией по решению проблемы унификации БЦВМ был определен НИЦЭВТ, который к этому времени выполнил ряд разработок унифицированных БЦВМ межведомственного назначения. Наряду с МКС № 16 в оборонных ведомствах, ведущих разработку средств бортовой вычислительной техники, были созданы координационные советы и назначены главные

конструкторы по направлению БЦВМ. В частности, в Минрадиопроме был создан КС-9, главным конструктором был назначен В. В. Пржиялковский — директор НИЦЭВТ, Генеральный конструктор ЕС ЭВМ, ставший и главным конструктором БЦВМ комплекса «Аргон» (приказ МРП от 16.03.1978 г. № 109). Он же возглавил Межведомственный совет главных конструкторов по БЦВМ. При Совете главных конструкторов были организованы рабочие группы специалистов по направлениям унификации, в которые вошли ведущие специалисты организаций — разработчиков БЦВМ.

Разработке средств бортовой вычислительной техники для систем и объектов специального назначения предшествовала большая научно-исследовательская и организационная работа целого ряда головных научных центров промышленности, НИУ Минобороны по видам вооружений. К этой работе привлекались также профильные НИИ Академии наук, ведущие вузы страны, в том числе в рамках государственных программ по фундаментальным и поисковым исследованиям.

При Президиуме АН СССР работала секция по бортовой вычислительной технике, входящая в Научный совет по проблемам движения. Тщательно изучался зарубежный опыт создания БЦВМ по открытым и закрытым источникам информации. В директивных документах, наряду с определением заданий на разработку конечных изделий бортовой техники, как правило, присутствовали и конкретные задания смежным отраслям промышленности, в первую очередь предприятиям электроники по созданию новой компонентной базы. То есть бортовая вычислительная техника, требования к основным техническим характеристикам которой постоянно росли при жестких ограничениях по массе и габаритам, являлась для смежников «локомотивом», побуждающим соответствовать мировому уровню. Технические задания на ОКР не только тщательно отрабатывались между заказчиком и исполнителем и аккредитованными при них представительствами Гензаказчика, но и проходили жесткий фильтр и согласование с НИУ Минобороны, осуществлявшими военно-научное сопровождение разработки на всех стадиях, от согласования технического задания до принятия в штатную эксплуатацию. Огромное внимание при этом уделялось выполнению планов мероприятий по результатам испытаний систем и объектов, направленных на повышение качества и надежности разработанных изделий.

Так, на протяжении ряда лет складывалась школа разработки и изготовления средств бортовой вычислительной техники, правила и требования которой передавались, как эстафетная палочка, от поколения к поколению разработчиков.

Работа МКС № 16 находилась под постоянным контролем аппарата ВПК. Научно-методическое руководство деятельностью МКС № 16 осуществляли от ВПК Юрий Евгеньевич Антипов, Анатолий Леонидович Нефёдкин, Борис Михайлович Астахов.

Предложения Совета оформлялись директивными письмами и соответствующими решениями ВПК.

С учетом появившегося в стране значительного парка унифицированных ЭВМ общего назначения — ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ, — которыми были оснащены вычислительные центры предприятий промышленности и НИУ Минобороны, вопрос программной совместимости вновь создаваемых БЦВМ с ЭВМ общего назначения носил принципиальный характер.

Опыт создания таких машин, например в НИЦЭВТ ряда БЦВМ А30, А40, А50, программно совместимых с ЭВМ общего назначения Ряд-1 ЕС ЭВМ, показал существенные преимущества такого подхода для отдельных классов систем и объектов. БЦВМ, в частности управляющие, для которых массогабаритные характеристики являлись приоритетными, были отнесены в отдельный класс — проблемно-ориентированные БЦВМ. На таких принципах и с такими подходами была разработана государственная программа создания семейств бортовых ЭВМ (СБ ЭВМ) из 16 базовых унифицированных моделей, которыми закрывались потребности в бортовой вычислительной технике находящихся в разработке систем и объектов на обозримый период. Через год была принята и программа создания бортовой периферии для проектирования бортовых вычислительных комплексов. К 16 базовым моделям СБ ЭВМ в последующие годы добавилось две модели для космических объектов, разработанных НПО «ЭЛАС» и четыре модели для новых объектов ПРО. Основной элементной базой, на которую ориентировались разработки СБ ЭВМ, являлись матричные БИС. Однако из-за общего кризиса 1990-х гг., и в частности базовой отрасли — электроники, разработчики бортовой аппаратуры, обеспечивающие паритет создаваемой техники специального назначения с ведущими мировыми державами, вынуждены были перейти на частичное использование электронной компонентной базы (ЭКБ) иностранного производства.

Литература

1. Михайлов В. А., Штейнберг В. И. Гонка без финиша // Радиопромышленность. — 2009. — Вып. 2.
2. Михайлов В. А. Новые страницы в истории БЦВМ комплекса «Аргон» // Радиопромышленность. — 2013. — Вып. 4.
3. «ДОРА» — новая технология разработки аэрокосмических БЦВМ. НИИ «Аргон» // Аэрокосмический курьер. — 1999. — Вып. 2. — С. 72–73.
4. Штейнберг В. И. Комплекс БЦВМ «Аргон» за 40 лет — динамика развития // Развитие вычислительной техники в России и странах бывшего СССР: история и перспективы материалы международной конференции «SoRuCom-2006», Петрозаводск, 3–7 июля 2006 г.
5. Штейнберг В. И. Элементная база — основа динамики развития БЦВМ комплекса «Аргон» // Динамика радиоэлектроники. — М.: Техносфера, 2007.
6. Михайлов В. А. К 60-летию НИИ «Аргон». Интервью с директором Михайловым // Вестник авиации и космонавтики. — 2008. — № 6.
7. Михайлов В. А., Штейнберг В. И. Последний старт «Аргон-16» // Аэрокосмический курьер. — 2011. — Вып. 6. — С. 52–53.
8. Михайлов В. А., Попов С. О., Штейнберг В. И. Опыт разработки вычислительных средств для авиационных терминалов связи с использованием СБИС СНК 1867ВЦ8Ф // Радиопромышленность. — 2013. — Вып. 4.

Х.-Г. Юнгникель¹

Аспекты технологического пути ЕС ЭВМ на фоне развития технологий ИТ и общей архитектурной гонки в социалистических странах: анализ с позиций 2017 года²



Х.-Г. Юнгникель

Посвящается памяти Виктора Владимировича Пржиялковского, Генерального конструктора ЕС ЭВМ с 1977 по 1990 г.

Предисловие

Сегодняшние экономические процессы, бизнес-модели и даже личная жизнь нескольких миллиардов людей существуют и осуществляются в рамках беспрецедентных процессов «дигитализации», «цифровой революции». Это триумфальное шествие цифрового мира, микроэлектроники и ее интеллектуального использования было подготовлено временем широкого внедрения в практику систем обработки информации, развернувшегося примерно 50 лет назад.

¹ Главный конструктор ЕС ЭВМ от ГДР с 1981 по 1990 г. <http://www.eser-ddr.de/>

² Статья была написана автором по-русски. Все же редакционное руководство сборника посчитало целесообразным сделать некоторую стилистическую обработку, однако вносить при этом редакторские правки было решено крайне осторожно. Выраженная в конце текста благодарность отмечает этот факт. Представляется, что для тех, на кого статья рассчитана, такое отношение к тексту не может породить препятствий к пониманию.

Прим. ред.: Исходный формат статьи представлен по адресу http://familia.open-oracle.ru/documents/2/Technologie_Aspekte_ESEVM_ru.html. В русской электронной версии этой статьи на сайте Виртуального компьютерного музея (<http://www.computer-museum.ru/articles/es-evm/1469/>) приведены все гиперссылки на материалы и ресурсы, которые упоминает автор.

То внедрение было обязано замечательному труду сотен тысяч инженеров, технологов, программистов и менеджеров, работу которых возглавляли выдающиеся личности. Все они заложили важные основы нынешнего потенциала нашей экономики, функций государства и всей нашей сегодняшней жизни.

Единая система электронных вычислительных машин (ЕС ЭВМ) стала в странах СЭВ краеугольным камнем заложенного в то время фундамента, задав последовавшему далее развитию ориентацию на международные стандарты. Ретроспективный взгляд на прошлые события дает нам, без сомнения, импульсы и задает направления сегодняшнему движению вперед.



Ханс-Георг Юнгникель с послом СССР в ГДР П.А. Абрасимовым, 1975 г.

Единая система ЭВМ: краткий очерк истории¹

Единая система ЭВМ имела огромное экономическое и техническое значение для народного хозяйства СССР, ГДР и других социалистических стран. Она была создана в 1969 г. в соответствии с Межправительственным соглашением по разработке, производству и применению Единой системы электронной вычислительной техники. Три поколения системы ЕС определяли с середины 70-х гг. эффективность процессов организации и автоматизации народного хозяйства и были стержнем систем обработки данных в экономике и в государственных организациях. Тысячи систем работали в разных странах, в первую очередь на верхних уровнях.

Значение ЕС ЭВМ, ее история, ее развитие ценою творческих усилий целого поколения в течение более 20 лет — в целом все это более полно описано в многочис-

¹ Настоящая статья анализирует в основном технологический кризис ЕС ЭВМ. Такой анализ сегодня ценен для историков, но адресован также тем, кто считает для себя выгодным представить результаты огромной работы двух поколений инженеров, программистов, работников производства и эксплуатации в черных оттенках; представить историю через фильтры «современных объективистов», полагая выгодным для себя давать такие оценки.

ленных трудах ее *последнего Генерального конструктора Виктора Владимировича Пржиялковского* и его соратников. Вот некоторые из опубликованных статей:

- «Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники» (Историческая справка; В. В. Пржиялковский);
- «Операционные системы ЕС ЭВМ» (В. В. Пржиялковский);
- «Единая система ЭВМ стран социалистического содружества»;
- «Очерк становления Единой системы ЭВМ» (В. К. Левин, действительный член РАН).

История развития работ по ЕС ЭВМ в ГДР и их взаимосвязь с экономикой СССР подробно описаны на сайтах домена www.eser-ddr.de. В частности, там имеются такие статьи:

- «К созданию ЕС ЭВМ: начальный период» (Интервью с первым ГК от ГДР);
- «Работы по созданию операционных систем ЕС ЭВМ» (В. В. Пржиялковский; на немецком языке);
- «Деятельность внешней технической разведки ГДР по обеспечению работ по ЕС ЭВМ»;
- «Вопросы экономической эффективности ЕС ЭВМ и влияние ЕС ЭВМ на народное хозяйство».

Отметим особую роль руководства ведущих организаций по разработке систем. Оно проделало многогранную и сложную работу, позволившую на много лет сохранить значение ЕС ЭВМ как информационно-технической основы в странах СЭВ (Соглашения по экономическому сотрудничеству соцстран).

Главную роль, несомненно, сыграл *Генеральный конструктор системы*, директор Научно-исследовательского центра электронной вычислительной техники (НИЦЭВТ) до 1990 г., выдающийся организатор и специалист высокого ранга, внесший весомый вклад в развитие вычислительной техники в СССР и в странах содружества — участницах Единой системы. Он сумел успешно вести работы в сложных условиях до 1990 г. — конца работ в международном масштабе.

Мы *сегодня* отчетливо видим, что во всем мире возникали как кризисные явления застоя в архитектуре предлагавшихся ИТ-систем, так и скачки ИТ и что на разных стадиях развития элементной базы ИТ эти явления проявлялись по-разному.

Сегодня мы знаем, что никакие искусственные аспекты ИТ-архитектур не в состоянии по-настоящему компенсировать отставание и недостатки элементной базы ИТ-систем *массового применения*.



В.В. Пржиялковский

Имеются, однако, пути достижения высокой производительности для специальных задач там, где находят себе применение подходящие алгоритмы параллельной обработки полей данных (например, в матричных модулях), или же многослойные аппаратные структуры, подходящие в основном для параллельной и независимой работы (например, в БЭСМ-6), или, позже, схемы суперконвейеров (super-pipeline) — в машине «Электроника ССБИС».

Продвинутое состояние элементной базы, однако, несомненно, оказывает влияние на развитие IT-архитектур в том или ином направлении.

ЕС ЭВМ Ряда 3 и Ряда 3/4, использовавшая архитектуру CISC системы IBM/360, а тем более 390, испытала влияние этих моментов особенно сильно.

При этом сложности и противоречия архитектурно-технологического развития систем в социалистических странах (в СССР и в ГДР) составляли только часть — и даже не основную — общих сложностей и противоречий. Руководство организаций-разработчиков ЕС ЭВМ (и других систем) находилось в своеобразном «многомерном пространстве» действия сил и противоречий, «векторами» которого были поначалу сильная политическая и экономическая поддержка, а позже — в основном критика «из центра», нереальность выставляемых требований, невыполнение необходимых условий, сложности с соблюдением объемов и сроков поставок комплектующих (часто в условиях отсутствия вторичных поставщиков, second source), срыв сроков для инвестиционных объектов, давление других соревнующихся школ и организаций и т.д.



ЕС 2157



ЕС 7069

Отдельной «плоскостью» этого «пространства» были в основном факторы, обусловленные объявленным эмбарго США вместе с западным миром. Отсутствие на мировом рынке, изоляция от него и его выгод разделения труда также значительно повлияли на работы. Сверх того, тормозящее воздействие оказывали отделение секретных работ от общеэкономических, общие недостатки системы планирования, ярко выраженная «самостоятельность» отдельных направлений в министерствах и ведомствах, зачастую опиравшаяся на сугубо личные интересы руководства. Множество параллельно ведущихся технических линий усилило дробление и без того небольшого рынка и привело к отрицательной обратной связи: нет больших объемов — тогда плохая экономика,

плохие возможности капитальных вложений в важные направления — отсюда нарастающее отставание от ведущих мировых достижений.

IT-системы и используемые в них архитектуры всегда призваны дать максимально удобные свойства для взаимодействия человека с машиной в той или иной области применения, а системщики и архитекторы для следования этой цели стремятся использовать последние достижения технологий с учетом их экономической целесообразности.

Явления технологического кризиса ЕС ЭВМ были обязаны, помимо названных выше факторов общего отставания, также недостаточным уровнем IT-технологий во всех странах социализма. Для примера вспомним ситуацию с накопителями на магнитных и оптических средах, оптоволоконных массовых изделий, дисплеев, сетевого оборудования и т.д.

Объединение соцстран в общий (многосторонний) рынок оказалось чисто виртуальным; методика многосторонней специализации стран блокировалась

Looser Export Controls Don't Matter in East

(Continued from Page 45) selected long ago to become self-sufficient in computer hardware and made no secret about it. Those in the West who oppose exports of computers and other high-technology products believe that such equipment could be diverted for military purposes or for espionage use by local police forces. These arguments are laughable in the face of reality. The Soviet Union alone is more credited with nuclear warhead capability, as anyone who has followed the fall negotiations is well aware. At the same time, even a dozen of the most powerful American companies would hardly make any difference at all in the balance of power.

As for repressing the currency, these countries were doing a splendid job of it even in the printed and paper era. The main of their police forces has always been, "Give us the man, and we'll give you all the laws he has broken." Meanwhile, the Soviet Union, Eastern Europe and even China are busy developing their own computer industries to meet most of their demand. Any foreign competition, not and hopefully perhaps even get a foothold in Third World countries.

An export director of Robotron in East Germany recently revealed that his company has no agreement with the Central Data Corp. under which East EC 1000 computers exported to Third World countries can be equipped with CDC peripherals. Western exports of computers and office equipment to the whole Soviet Bloc from 20 different countries peaked in 1977 at about \$100 million. The Bloc represents less than 7% of the global installed value of DP equipment and only a small percentage of that amount to the Western market share.

In 1978, IBM reported a paltry \$18 million worth of DP equipment to all communist countries, a figure that represents less than 1% of the company's revenues—hardly a market share worth talking about. The U.S. Department of Commerce stopped sponsoring DP trade shows in the East as early as 1976 and individual corporate participation in Eastern trade shows has slackened off. At the Leipzig Trade Fair last March and at the Hannover Trade Fair in April, the Soviet Bloc countries began announcing their Real 2 systems, which consist of more than 150 different DP products. These range from the large 100K Soviet number-cruncher, claimed to be capable of speeds up to 8 million operations per second, to a choice of microprocessors and business machines of which Robotron of East Germany is becoming a leading manufacturer.

During the 1970s, the Soviets staged a large Real 2 equipment exhibition in Moscow in which 200 different communist countries participated. The latest Real 2 equipment was introduced to large numbers of Soviet Bloc end users. This show was hardly even mentioned outside the Soviet Bloc. Western manufacturers are clearly excluded from the most important Soviet Bloc DP events.

The French Connection

What have been in the news are the Soviet-French and Soviet-French DP agreements under which CII Honeywell Bull and other French equipment manufacturers are to help the Soviets and China develop their respective computer industries. Considering the fact that French DP technology is not at the very cutting edge of the industry, the latest cooperation announcements appear to have all the earmarks of continuing the attempt to liberalize export controls of the Western world and not to offer in a larger share of its DP markets.

Fair Share of State

Nevertheless, there is little question that export controls and end-user installation licensing is a hindrance to free trade and that a strengthening of the procedures is in order. But the real objective of protecting the market share of high-technology manufacturers must be fairly kept in sight. On the other hand, a clear-cut limit must be drawn on exports of DP manufacturing technology and equipment beyond which no licenses would be granted until a fair share has been acquired by the owners of such advanced technology or equivalent payments in hard currencies received for transfer of licenses with their installations on marketing rights.

While the government should monitor its regulations of high-technology trade, for which it is a remarkably ill-equipped, the manufacturers should not expect it to undertake their financial risks in transactions with the East, either. We all know that communist countries observe their financial obligations scrupulously, but whether many of these are really profitable to Western manufacturers is another matter altogether.

The Soviet Bloc is well-sufficient and rich in natural resources such as oil and strategic materials that the West must import. Rather than financing sales to the East with Western loans, payments should be demanded in these scarce and valuable commodities. The chance is that when the communist countries are confronted with all these trade realities, the present DP trade will be a thing of the past.

At Last... à la Carte On Line Programming \$92-\$275 per month

OWL
On-Line Without Limits

NCI, Inc.
3750 American Drive
Baltimore, Maryland 21286
(410) 481-1111

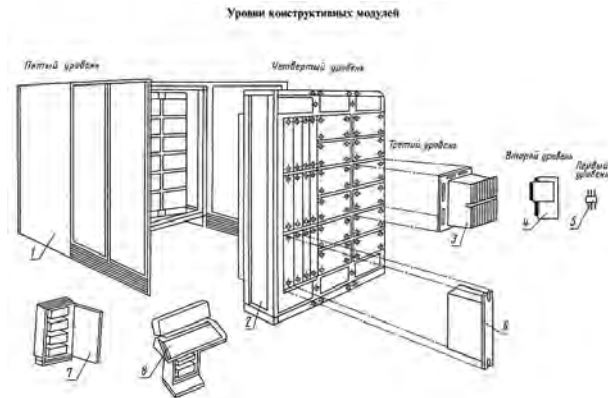
тем, что все поставки по экспорту/импорту согласовывались в двустороннем порядке (см. «Вопросы экономики ЕС ЭВМ» в ГДР, на сайте www.eser-ddr.de).

Отсутствие реальных критериев управления экономикой и замена их политически желанными целями привели к выбору серьезно неоптимальных решений. Отсутствие многостороннего планирования перед выполнением крупных инвестиций, или даже совместных капитальных вложений в определенные направления, обернулось большим препятствием к совместной работе и привело к усилению национальных программ развития. Реальное воздействие на инвестиционную активность стран могли оказать только лишь двусторонние договоры под управлением Госплана СССР.

В то время, когда на Западе разделение труда и повсеместно общемировой сбыт своих ведущих продуктов, практиковавшиеся несколькими рыночными и технологическими гигантами, сформировали сильнейшие стимулы для быстрого роста нескольких ведущих фирм,— в странах СЭВ Госплан СССР и другие органы не могли делать ничего более, как подчеркивать в документах важность той или иной линии техники, нередко меняя при этом веса и оценки.

На начальном периоде существования ЕС ЭВМ изделия этой системы имели в СССР и в ГДР большое народно-хозяйственное значение; они применялись в большом количестве и служили основой информатизации!

ЭВМ Ряда 1 можно было строить на сравнительно простых электронных компонентах, почти аналогичных элементам прототипа. В производство таких элементов, как TTL-логики, многослойных печатных плат, стандартных разъемов и др., были сделаны большие инвестиции. В это время американская фирма Control Data Corporation (CDC) увидела отставание ЕС ЭВМ в области накопителей на магнитных дисках и предприняла шаги по экспорту своих дисков, заручившись разрешением отойти от эмбарго. 17 сентября 1979 г. в журнале Computerworld появилась статья о ЕС ЭВМ. Фирма CDC купила машину ЕС-1040 и после тестирования подготовила в адрес Белого дома заключение, в котором отмечалось, что машины ЕС ЭВМ по техническому уровню мало



ГОСТ 25122-82. Единая система электронных вычислительных машин. Конструкции базовые технических средств. Основные размеры

отличаются от западных, и, следовательно, регламентации эмбарго смысла не имеют, а только наносят вред интересам фирм США. Отмечалось также, что дисковые системы CDC работали без какого-нибудь внесения изменений в операционные системы ЕС.

Однако со временем во многих направлениях большое экономическое значение приобрела микроэлектроника и ключевую роль стали играть Министерство электронной промышленности СССР (министр В. Г. Колесников) и микроэлектронная промышленность ГДР (под руководством некоторых «стратегов» в Берлине). Необходимые капитальные вложения (на каждое направление технологии) были огромными. Требовались сотые позиции, сверхточное сложнейшее оборудование, чистые материалы, сложные чистые помещения, совершенно новая научная база...

Электронная промышленность кое-как, с отставанием лет на 5–8 от мирового уровня, покрывала нужды важнейших отраслей в СССР, в первую очередь военных. Что оставалось, распределяли на «насуточно важные» экономические нужды. Такое положение дел, к сожалению, сильно ударило после 1985 г. и по направлению ЕС ЭВМ, несмотря на то, что НИЦЭВТу требовались современные комплектующие также для собственного производства систем по оборонной тематике (см. ниже).

Уровень и технологии микроэлектронной промышленности СССР, как и в ГДР, во многом не могли удовлетворить жестким запросам разработчиков высокопроизводительных ИТ-средств. Ради объективности необходимо признать, что и электронная промышленность также боролась с большими экономическими проблемами, сложностями получения инвестиций, а прежде всего страдала от некоторой изоляции от передовых мировых поставщиков сложнейшего оборудования и материалов. Нужно, следовательно, констатировать, что и в этой отрасли объективные причины отставания превалировали над субъективными.

И в СССР, и в ГДР вдобавок в середине 80-х гг. в качестве первостепенной общенародной необходимости были определены средства проектирования схем LSI/VLSI. Руководители, как один, однако, «забыли», что современные системы проектирования Запада находятся на 6–8 лет впереди, копировать их было бессмысленно и очень дорого! Чтобы сократить отставание, потребовались бы долгие годы импорта средств проектирования в условиях жесткого эмбарго. «Свои» машины, таким образом, всегда отставали бы как минимум на 5–8 лет. Несмотря на *огромные капитальные вложения* в развитие микроэлектронной промышленности и в другие направления, у наших стран никогда не было шансов сократить отставание от Запада: главная причина, помимо эмбарго, — это изолированность от мировой валютной системы, вызванная отсутствием конвертирования национальной валюты, и искаженное ценообразование.

После того, как потребность в сфере экономики наших стран в системах типа ЕС ЭВМ — т.е. в системах обработки данных — была кое-как покрыта, ведущей техникой у нас была объявлена 32-разрядная VAX фирмы DEC, работающая (по архитектуре RISC) в реальном времени в системах автоматизации промышленности. Она использовалась в самых разных сферах управления и автоматизации и была сравнительно недорогой — если считать в долларах. Машины оценивались по количеству команд в секунду, без учета их общей производительности. Голые цифры получились, конечно, выше, чем у «CISC»...

Когда в мир широким фронтом вошли персональные компьютеры типа Intel/IBM, а с ними новое поколение сетевых терминалов, то 32-разрядная техника фирмы DEC быстро потеряла свое значение — на Западе лет на 6–8 раньше, чем в соцлагере.

ЕС ЭВМ как машины mainframe

Машины системы ЕС ЭВМ, особенно старшие модели, по своему назначению должны были занимать место на *вершине компьютерных иерархий*, т.е. находиться *по производительности и системным параметрам* (надежность, сохранность данных, безопасность операционных систем ...) значительно выше 32-разрядной техники Системы малых ЭВМ (СМ ЭВМ)/VAX. Они должны были обеспечить совместимость огромного количества программ и данных и преемственность работы сквозь поколения машин этого семейства. Такой «королевский» статус сохранить было очень сложно! Всю историю НИЦЭВТ, от «становления» до «расцвета» и до «развала», В. В. Пржиялковский изложил в «Исторической справке» (копия; «справка» — в Виртуальном музее).

В силу стратегической позиции IBM в мире и некоторых специфических для Германии оперативных возможностей в ГДР с самого начала был сделан выбор в пользу «IBM-оригинала» — еще до того, как в Москве «наверху» было принято решение об ориентации на какой бы то ни было прототип. Работы в ГДР велись еще до того, как в Москве принималось решение.

Решению вопроса определения прототипа в СССР содействовало определенное воздействие со стороны Председателя Совета министров ГДР. Специалисты из ГДР показали своим коллегам, как программным реверсом можно получить исходный код операционной системы прототипа, т.е. основу всех дальнейших работ. Виктор Владимирович Пржиялковский и ведущие специалисты НИЦЭВТ спустя много лет с благодарностью вспоминали об этом в частных беседах, а позже сообщали в открытых публикациях.

Перед началом работ по ЭВМ в ГДР был решен вопрос выбора между прототипами Siemens и IBM. Как известно, обе фирмы разработали машины почти по одинаковым «принципам работы» и договорились поделить рынок ФРГ между собой, однако машины Siemens (например, Н60, С 70) намеренно немного отличались по структуре адресации с тем, чтобы продавать собственные ОС. У специалистов из ГДР имелась равным образом полная информация по обеим системам.

Сделанный выбор прототипа был, несомненно, перспективно правильным, сэкономил много времени и блужданий и сильно помог последующей кооперации стран ЕС ЭВМ: под руками постоянно имелся правильный «эталон». Уровень прикладных программ значительно вырос.

Структура, предлагавшаяся IBM, и вообще структура CISC имели еще одно важное свойство — они позволяли строить ряд программно совместимых компьютеров с широкой линейкой производительности. Однако свойства структуры CISC вместе с «принципами операций» готовили для машин высокой производительности в будущем очень неприятный сюрприз — такие структуры сложно перенести в большие интегральные схемы (БИС) (см. ниже).

В СССР и в ГДР статус машин ЕС ЭВМ по их стратегическим требованиям и месту в ИТ-системах несколько отличался: СССР должен был делать, помимо массовых машин нижнего уровня, еще старшие машины с производительностью в десятки и сотни миллионов операций в секунду, а ГДР специализировалась на средних...

В СССР и в ГДР большая доля ЕС ЭВМ эксплуатировалась в системах обороны и госбезопасности, но только в СССР особенность архитектуры 360 использовалась в спецмашинах (БЦВМ «Аргон»). Этот факт особым образом требовал устойчивости развития. ГДР по части военной техники полностью полагалась на советские базовые системы.

Дальше, надо учитывать, что в СССР имелась сильная отечественная компьютерная школа АН СССР. Исторически Академия наук вела свою компьютерную школу с архитектуры «БЭСМ». Разработка БЭСМ-6 была завершена в мае 1967 г., ее Главным конструктором был Сергей Алексеевич Лебедев. В 1968 г. был начат выпуск этих машин на Заводе счетно-аналитических машин (САМ). В своей архитектуре она имела некоторые отличительные характеристики, способные дать достаточно высокое быстродействие и гибкость программирования, но эти машины не были предназначены стать системно массовыми, они были громоздкими, а их слабая надежность в основном была результатом используемой элементной базы. Машины, кроме того, были очень слабо оснащены программными средствами — первые машины БЭСМ-6,

поставленные в ГДР, не имели вообще никаких ОС, там стоял простой ассемблер — и весьма бедно оснащены периферией.

Основными характеристиками БЭСМ-6 были: элементная база — транзисторный парафазный усилитель с диодной логикой; 48-разрядное машинное слово; быстродействие — около 0,8 млн операций в секунду (CDC 6200, выпускавшаяся с 1964 г., обеспечивала быстродействие того же порядка); конвейерный центральный процессор с отдельными конвейерами для устройства управления и для арифметического устройства; 8-слойная физическая организация памяти; виртуальная адресация памяти и расширяемые регистры страничной приписки; кеш на 16 48-битных слов; система из 50 команд длиной 24 разряда (по две в слове). Программа «Диспетчер 68» (Д-68) вначале обеспечивала мультипрограммный режим пакетной обработки заданий, управление виртуальной памятью, управление внешними запоминающими устройствами и устройствами ввода-вывода. Позже появилась ОС ДИСПАК, которая обеспечивала работу в пакетном и диалогово-пакетном режимах и комплексирование машин.

Сторонники своей отечественной архитектуры имели большое влияние на центральные решения! Основной причиной, видимо, был тот факт, что «Большая Электронная Счетная Машина» (БЭСМ) с ее специальными математическими алгоритмами была первой в СССР быстродействующей ЭВМ и обеспечивала требуемую производительность для систем воздушной обороны, для космических расчетов, расчетов по аэро- и гидродинамике и т.д., что возвело ее на стратегические позиции.

К зоне ответственности Минрадиопрома относилось, как известно, обеспечение компьютерными средствами обороноспособности страны, включавшими не только ЕС ЭВМ или «Аргон». В системах обороны стояли помимо ЭВМ типа «Эльбрус» также и машины школы М. А. Карцева (НИИВК) и других направлений. Задачи стояли ответственные, очень масштабные, в том числе для комплексов противоракетной обороны. Стоит только вспомнить времена холодной войны в космосе («Star Wars»). Для таких задач, в основном реального времени, структура ЕС ЭВМ не подходила. Такой параллелизм привел к острым дефицитам ресурсов. Эта ситуация особенно повлияла на концепцию старших машин ряда ЕС ЭВМ после 1985 г. Перед НИЦЭВТ возникли большие трудности с выработкой концепции ЕС ЭВМ «Ряд 4» на основе тогда совершенно непригодной элементной базы ECL, широко используемой в СССР.

Ясно одно: кто требовал от машин ЕС ЭВМ, предназначенных для обработки коммерческих данных, высоких характеристик обработки научно-технических задач, тот не понял существа информационных процессов. Тем не менее и для класса

научно-технических задач были достигнуты видные успехи — например, были разработаны матричные модули, позволяющие многократно (до 70 раз) увеличивать производительность. Советские матричные процессоры, такие как ЕС-2345 и ЕС-2700, или ЕС 1055.С 003 из ГДР обеспечивали выполнение важных народно-хозяйственных задач (геологическая разведка, моделирование сложных задач гидродинамики, ...), сохраняя все достоинства наличия стандартной периферии ЕС ЭВМ. Только ГДР поставила в СССР более 50 матричных модулей ЕС 1055.С 003.

Виктор Владимирович в трудные годы развития ЕС часто на заседаниях СГК (Совет главных конструкторов) по ЕС ЭВМ указывал на такие различия, однако лишь позже мне стала понятна истинная причина тех слов — они были вызваны трудностями по обеспечению ресурсами программы развития ЕС ЭВМ в то время, когда линия «Эльбрус» пользовалась преимуществами.

Указанные выше обстоятельства оказались существенным препятствием для последующего внедрения логики СБИС. Я уже упоминал, что и «Эльбрусы» не работали по волшебным желаниям и им также нужны были современные технологии. Но таковых не было и для них, их перспектива по элементной базе была вовсе не лучше!

СуперЭВМ школы Лебедева сумели своими «аргументами» дополнительно ослабить позиции ЕС ЭВМ. В. В. Пржиялковский по этому поводу писал:

«В двенадцатой пятилетке (1986–1990) ресурсы, выделяемые министерством на финансирование работ по ЕС ЭВМ, неуклонно сокращались. Дальнейшую ставку Минрадиопром делал на систему “Эльбрус”, планируя разработать и производить несколько моделей различной производительности аналогично ЕС ЭВМ. На фоне полного отсутствия микроэлектронной базы для обеих систем в министерстве разворачивались дискуссии о достоинствах и перспективности их архитектур. *Планы ускорения производства БИС И-300 не обсуждались...*» (выделено Г.Ю.)

Матричные схемы (masterslice) — это логические БИС, строящиеся с использованием универсальных логических базовых матриц. Их конкретная функция программируется с помощью двух верхних слоев металлизации. БИС И-300 по технологии ЕСЛ были выбраны в НИЦЭВТ для создания старших машин. Применение таких матричных БИС способно сильно сократить количество типов базовых матриц, получаемых от заводов микроэлектроники. А процесс программирования может быть выполнен самостоятельно в менее сложных лабораториях.

Физический объем машины нужно сильно уменьшить. Это может быть достигнуто путем монтажа голых (бескорпусных) кристаллов (flip chips) на промежуточном

носителе. Такой вариант лет на 8–10 рассматривался как единственный путь размещения сложной логики операционных принципов IBM/390 или Ряда 4 в малом конструктивном объеме, позволяющий избежать больших потерь в связи со временем распространения логических сигналов. Дополнительную сложность создала необходимость использовать водяное охлаждение.

Мне на всю жизнь запомнилось высказывание В. В. Пржиялковского на одном из заседаний Совета главных конструкторов: «...даже если бы мы имели ECL-логику с бесконечно большой скоростью, то делать машины значительно быстрее мы могли бы лишь при условии, что время передачи сигналов тоже удастся сильно сократить, т.е. когда удастся коренным образом повысить плотность элементов, ведь электрического сигнала быстрее света нет!..»

Конструкторы «Эльбруса» стояли перед точно такими же проблемами, поэтому «дискуссии о достоинствах и перспективности их архитектур» были лицемерными, как отметил В. В. Пржиялковский. Целесообразно здесь пояснить также такие слова Виктора Владимировича:

«Выделение из состава НИЦЭВТ микроэлектронных подразделений крайне отрицательно сказалось на сроках создания машины четвертого поколения ЕС ЭВМ — ЕС-1087 (Главный конструктор д.т.н. Ю. С. Ломов). Она прошла испытания только в 1988 г. В том же году руководство Пензенского завода ВЭМ, видя трудности с получением БИС, а также в связи с ростом выпуска на предприятии машин “Эльбрус-2”, отказалось производить ЕС-1087 взамен ЕС-1066 и ЕС-1068».

За этой лаконичной заметкой кроется целый комплекс обид или сомнительных решений со стороны Минрадиопрома и сторонников «отечественного Эльбруса» на инициативы НИЦЭВТ. Ожидая, что металлизацию схем И-300 не удастся организовать на заводе по электронике в Зеленограде, НИЦЭВТ решил собственными силами и средствами строить у себя лабораторию по изготовлению достаточно большого количества готовых схем И-300! Организация итерации разработки решалась бы также значительно проще. Огромными усилиями руководству института удалось построить нужный цех. А потом: «Выделение из состава НИЦЭВТ микроэлектронных подразделений»!

Виктор Владимирович обсуждал вопросы наилучших путей реализации машин Ряда 4 также при личных со мной встречах и лично показал это подразделение с большой гордостью и надеждой на быстрое продвижение работ...

В ГДР ситуация с будущей элементной базой также была сложная, но там, однако, была выбрана ориентация на CMOS (К-МОП)-технологии и матричные БИС на ее базе. Виктор Владимирович был в курсе...

Хотелось бы здесь обратить внимание также на технологическую направленность в сторону БИС- (и позже СБИС-) микропроцессоров, которая была взята за основу в работах по ЕС ЭВМ-4 для ЭВМ ЕС-1130 и которая впоследствии стала основной в реализации архитектуры IBM (смотри полную статью):

«Нормальными темпами шло проектирование только одной ЭВМ — ЕС-1130. Она проектировалась на 11 типах микросхем микропроцессорного набора К-1800, выпускаемого Вильнюсским объединением “Вента”. Это были микросхемы средней степени интеграции, но в сложившихся условиях для ЭВМ ЕС-1130 они были вполне приемлемы. Разработка ЭВМ была успешно завершена в 1989 г. При *пятикратном росте* производительности по сравнению с ЕС-1036 она занимала вдвое меньшую площадь и потребляла *в пять раз меньшую мощность* из сети. *В очередной раз демонстрировалось решающее влияние степени интеграции микроэлектронной базы на технико-экономические параметры ЭВМ.*

...В 1995 г. производство ЕС-1130 было остановлено».

После 1990 г. стала известна программа «Электроника СС БИС», советская векторно-конвейерная суперЭВМ на больших интегральных схемах (БИС), архитектурно сходная с линией Cray, — введенная в опытную эксплуатацию в 1989 г. Она была призвана покрыть огромный стратегический дефицит СССР в суперкомпьютерах. Эта разработка НИИ «Дельта» при МЭП, под руководством В. А. Мельникова, была выполнена на базе матричных схем типа И-200, в то время как работы по «Эльбрусу-3» и ЕС ЭВМ-4 велись на базе системы матричных БИС типа И-300. Пиковая производительность системы в двухмашинном варианте составляла 500 MFLOPS. В том же году был разработан проект многопроцессорной системы «Электроника СС БИС-2» с производительностью до 10 GFLOPS. Проект предполагалось реализовать на более совершенных БИС (И-400 и, возможно, И-500) (см. статью «Электроника СС БИС»).

По одним только этим фактам, спустя много лет, ощущается, каково было давление на параметры программы ЕС ЭВМ Ряда 4, а также сколь напряженной была конкурентная ситуация в области изготовления матричных схем. И очередной раз становится очевидным, какое огромное влияние имеет микроэлектронная база

Много лет спустя были опубликованы очень детальные воспоминания одного из близких товарищей Виктора Владимировича — Юрия Сергеевича Ломова, главного конструктора многих старших моделей ЕС ЭВМ, специалиста и организатора высокого уровня. Там убедительно показано, что советские архитектурные школы по ИТ находились на несомненно мировом уровне, причем некоторые решения,

обрисованные в статье Ю. Ломова, можно считать наиболее передовыми, если отталкиваться от имевшейся практики IBM.

В статье читаем (с. 76) о периоде застоя разработок, связанном с отставанием развития микроэлектроники в СССР; о стратегии НИЦЭВТ по преодолению проблем «по частям», когда разработки планировались поэтапно, примерно синхронно с фактически выполнявшимися этапами работ по БИС (и СБИС) в МЭП. Там же припоминаются возникшие в то время мысли о том, чтобы на «третьем этапе переходить на проектирование ЭВМ на основе универсальных микропроцессоров». (Подобные концепции существовали и у разработчиков в ГДР.)

Если сегодня взглянуть на последовавшие после этапы работ фирмы IBM по супермашинам, располагающимся в «вершине пирамиды» современных комплексных систем ИТ, то мы увидим, конкретно на примерах систем IBM/S 10, а потом IBM zEC 13, насколько близки были мысли высококлассных архитекторов и системщиков из НИЦЭВТ мыслям экспертов из IBM. Замыслы советских разработчиков и их коллег в ГДР во многом соответствовали этапам развития мэйнфреймов фирмы IBM, пройденным реально какое-то время спустя.

Разница «всего лишь» в том, что фирма-гигант IBM не только имела огромный потенциал в области разработки архитектур, но и располагала миллиардами долларов, необходимыми для создания сложнейших технологических процессов, и целыми крупными подразделениями по разработке и производству собственных СБИС (zEC 13 построена, например, по технологии 22 нм).

Подобные концепции НИЦЭВТ были приостановлены решениями МРП



Отраслевая выставка МРП на площадке НИЦЭВТ. П.С. Плешаков, Я.П. Рябов, В.В. Пржиялковский, В.Г. Макурочкин

и борьбой архитектур. Виктор Владимирович и его соратники были, без сомнения, на высоте по части архитектуры, но были вынуждены мириться с фактами общего отставания, прежде всего в области микроэлектроники.

Можно в общем сказать, что решения «наверху» прежде всего были связаны с политически мотивированным требованием достижения мировых уровней, однако при этом во многом отсутствовало понимание необходимых для того технологических и рыночных условий. Хотя идея «общего рынка соцстран» (СЭВ) и совместного создания ИТ-систем и была «шагом в правильном направлении», система экономической самостоятельности и национальные интересы оказывались сильнее идей рынка СЭВ.

Некоторый теоретический путь *сосредоточения всех сил на очень ограниченном числе направлений ИТ-архитектур и технологии для периферийных устройств* вместе с их микропроцессорным обеспечением был на практике чистой иллюзией уже в условиях СССР, а тем более в условиях СЭВ.

О целесообразности работы по зарубежным прототипам

Эта тема до сих пор является предметом острых споров и критики. Обратимся, однако, к некоторым фактам.

На уровне правительств соцстранами было решено строить Единую систему с использованием «операционных принципов системы IBM/360» — тогда бесспорного мирового лидера в области ЭВМ универсального класса. Эти «принципы» представляли наиболее перспективный взгляд на современную с позиций того времени массовую архитектуру ЭВМ, а их выбор избавил наши страны от долгих пустых академических споров и способствовал экономии крупных средств, а главное, значительного времени. Применение *архитектуры/360* не представляло нарушения прав интеллектуальной собственности, тем более что с самого начала работ все технические стандарты и набор комплектации должны были строго соответствовать нормам СССР/СЭВ, т.е. конструктивное исполнение проектировалось по нормам ГОСТ, а элементы должны были производиться в странах СЭВ.

В начале работ принципиально важным аспектом этого решения был учет возможностей кооперации в *мировом масштабе* с расчетом на возможности импорта широкого набора устройств и программных средств; планировался, таким образом, «прямой системный союз» с Западом. Сроки импортных закупок могли практически опережать собственные разработки примерно на 4–5 лет, т.е. на одно поколение. Импорт послужил в первую очередь «эталоном» для контроля точного выполнения программной совместимости и периферийных интерфейсов, а также для временной

комплектации систем в случае отсутствия возможностей комплектации своим оборудованием или программными средствами.

А в ходе *развития работ по трем поколениям* ЕС ЭВМ опережающие системные разработки прототипа однозначно определяли дальнейший путь и уберегали от дорогих и долгих блужданий. Несколько иная ситуация была с операционными системами ЕС ЭВМ, «мозгом» систем. Фирмой IBM операционные системы поставлялись в комплекте целой системы, т.е. в виде машинных кодов, т.е. результата ассемблирования или компиляции программ разработчиков IBM. Для работ по ЕС ЭВМ необходимо было, однако, наличие исходного кода (source code) программ разработчиков системы. Требовался, следовательно, re-engineering (т.е. дизассемблирование или декомпиляция) — для получения основы для последующего трудоемкого процесса разработок — программ разработчиков.

Предоставление новейших материалов прототипа службами внешней технической разведки было «второй линией» поддержки — сильной и неизбежно необходимой помощью для работ (детали смотри на немецком языке), однако также редко в виде «source code» отдельных фрагментов.

Однако представления или утверждения, будто операционные системы ЕС ЭВМ (см. упомянутую статью В. В. Пржиялковского) были простыми копиями, свидетельствуют о полном невежестве тех, кто так полагал. Структура аппаратных средств, а также наличие других специфических требований к своим ОС требовали значительной переработки и доработки функциональных модулей. Разработчики должны были, кроме того, — в целях полноценного коммерческого использования систем — гарантировать отсутствие так называемых «закладок» среди миллионов строк кода. Частичная работа с исходными материалами прототипа не допускала никаких рисков по обнаружению таких «меток». Создание документации, организация полноценного и ответственного сопровождения пользователей требовали понимания всех деталей исходных материалов.

На основе версии прототипа создавались также системы, в итоге значительно отличающиеся от нее, системы с повышенной защитой доступа и системы для защиты данных, предназначенных для спецзаказчиков в СССР.

Самообъявленные критики, кроме того, пренебрегают тем фактом, что надежность работы операционных систем ЕС ЭВМ и их устойчивость к сбоям и потерям данных имели очень высокий уровень.

Глубокий смысл полной системной совместимости с решениями IBM дал о себе знать в начале 1990-х гг., когда Россия в массовом порядке стала импортировать

системы «second hand» и компоненты фирмы IBM. Имеющиеся специфические средства и прикладные системы в организациях-покупателях России были перенесены специалистами по ЕС ЭВМ и других организаций в импортированные системы без проблем и без особого труда. Все участники и эксперты тогда высоко оценили свойства совместимости ЕС ЭВМ. Для работников НИЦЭВТ это давало много заказов...

Аспекты развития архитектуры и экономики ИТ-техники и необходимые народно-хозяйственные условия

Рассматривая сегодня пройденные этапы развития архитектур «больших машин» с момента объявления архитектуры IBM/360 (1964) до появления системы IBM z (Enterprise 196—Z196, 2010 г.), мы наблюдаем *тесную корреляцию* между оптимизированным использованием имеющейся в распоряжении аппаратной технологии, преимущественно уровнем интеграции микроэлектроники и ИТ-архитектурой. Существует взаимосвязь характера машинных команд со структурой основных аппаратных модулей (например, по концепции гарвардской архитектуры). Вместе с этим строится программная философия, включающая использование различных уровней асемблирования и других методов программирования.

Из этого вытекает, что структуры операционных систем и большинства прикладных программ следовали траекториям переходов от CISC к RISC, перемен в компьютерных сетях и в других «архитектурных особенностях». Сложилась связь архитектуры и структуры процессоров в виде взаимного влияния друг на друга. Архитектура CISC изначально была нацелена на очень экономное использование дорогих аппаратных ресурсов и на достижение высокой производительности в условиях сравнительно слабой микроэлектроники.

Выпуск и оптимизация RISC-процессоров происходили, когда уровень интеграции сильно возрос и процессы обработки перекладывались на компиляторы и RISC-схемы, которые, в частности, приобрели структуры для обработки списков и др.

Истинным технологическим рычагом, обеспечившим продвижение архитектур RISC, прежде всего была доступность дешевой, мощной оперативной памяти, использовавшейся для оптимизации программ. Программы получались эффективными, даже несмотря на более длинный RISC-код и увеличение количества машинных циклов. Целью этого периода стало лишь использование соответствующих максимально возможных характеристик полупроводников, а прежде всего предельных структурных *размеров* чипа, для достижения максимальной производительности по числу команд (!) при соблюдении ограничений технологии по числу контактов корпусов и выделяемой

мощности (!). Отсюда короткие команды, узкие адресные шины и шины данных и пр. Все делалось для того, чтобы процессорные структуры разместить на одной БИС с высокой частотой такта, без лишних «проводников». Следствием стал, в частности, отказ от программирования ассемблером для операционных систем.

Многие крупные фирмы-изготовители компьютеров в этот период начали разрабатывать собственные RISC-схемы. Такие машины получили широкое применение в областях, где компьютеры раньше были экономически невыгодны. Переориентация на RISC-архитектуру происходила и в СССР, и в ГДР с известным запаздыванием в технологии и связанным с этим отставанием по части производительности (performance). Электронная промышленность увидела шанс задействовать свой (достаточно скромный) технологический уровень для массового производства — в виде собственных компьютеров.

Социалистические страны торопились получить быстрые результаты. В связи с этим примерно 10-летним технологическим разрывом они попали в очевидный тупик, как близорукие, не видя, что на горизонте уже появилась универсальная массовая архитектура Intel, способная примерно на то же самое и на стремительное распространение в новые сферы экономики.

Многие эксперты тогда давали стратегический совет: *пропустить архитектуру VAX и сконцентрироваться на микропроцессорных персональных компьютерах, на системах ЕС ЭВМ и на локальных сетях*, но наталкивались только на острую критику...

32-разрядная волна с архитектурой VAX набрала в 80-е гг. в СССР и ГДР темпы. На Западе процессор Intel 8086 был объявлен в 1978 г. Советский аналог КР1810ВМ86 появился примерно лет на восемь позже. В ГДР выпускалась линия Intel; второе поколение систем микропроцессоров — ММЕУ 80601 — серийно производилось с 1990 г. (Intel 80286 и другие 286-совместимые схемы: U 80606, U 80608 и U 80610). Они использовались, помимо систем числового программного управления станками и другими машинами, также в персональных компьютерах второго поколения ЕС-1835 — вместе с первыми матричными схемами CMOS собственного проектирования и изготовления, на базе U5300.

Специалистам и многим руководителям было ясно одно: развитие технологии микроэлектроники окажет огромное влияние на экономику и общество в целом. Но мало кто решался сделать вывод, что «не надо гоняться за многими зайцами», и мало кто имел то влияние и ту компетенцию, чтобы определить главные направления. В частности, значение персональных компьютеров поздно оказалось в центре внимания руководства, как следствие — отставание микроэлектроники.

Хотелось бы здесь еще раз подчеркнуть: ЕС ЭВМ была основана на «операционных принципах» фирмы IBM. Концерн на их разработку затратил огромные средства. Впоследствии для IBM/360 и 390 повсеместно появилось огромное количество прикладных программ. В основе архитектур IBM/360–390 лежала так называемая философия CISC (Complex Instruction Set), т.е. ЭВМ со сложным набором команд. Машинные команды CISC отличаются наличием многих относительно мощных и частично параллельных операций, оптимизированных для исполнения на сложных аппаратных структурах. Машины с набором CISC-команд долгое время создавались с использованием техники микропрограммирования; их структура позволяла параллельно выполнять разные типы команд и осуществлять, к примеру, одновременные действия с разными устройствами управления вводом-выводом («каналами»). Этот подход, наряду с его специфическим архитектурным ноу-хау фирмы, соответствовал существовавшей в 1964 г. элементной базе (медленной и низкоинтегрированной) и основной для того времени ориентированности на коммерческую обработку данных. Одновременно с этим очень бережно использовался объем весьма дорогой по тем временам оперативной памяти. Кроме того, для этого этапа было характерно, что наборы команд процессоров становились все обширнее с тем, чтобы обеспечить выполнение все более сложных арифметических операций посредством только одной машинной команды и получить более быструю и эффективную обработку. Однако микропрограммирование процессоров вело к постоянному увеличению их сложности. Это позже создало дополнительные трудности по переводению их в схемы LSI/VLSI...

Нельзя, однако, не отметить, что и сама фирма IBM по «технологическим причинам» оказалась *в трудном положении* на этапе производства IBM /308X, когда требования к производительности своих машин вынудили ее перейти к более компактному размещению процессорных структур. Серьезную преграду составили известная физика распространения сигналов между схемами и большая мощность рассеивания ECL-схем.

Это физически неизбежное обстоятельство касается вообще всех быстродействующих электронных устройств, однако если структура обрабатываемых процессоров привязана к определенной архитектуре, то оно сказывается особенно остро. Сегодня во всем мире «победили» CMOS-технологии для универсальных структур, дойдя внутри себя до наноуровневых размеров, — но для сверхбыстрых процессоров их тепловой режим вынуждает также идти на сложные решения, например, по охлаждению.

IBM решила эту проблему введением сложной промежуточной структуры — керамического носителя TCM100 (Thermal Conduction Module), который использовался

в ее системах 308X. Огромные технологические проблемы потребовали специальной керамики с 33 слоями, где размещалось 118 голых чипов (flip chips), каждый с 121 контактом, и которые бонд-технологией (flip chipmontage) контактировались с помощью 36 тыс. специальных контактных шарообразных площадок. TSM100-модули охлаждались водой!

В НИЦЭВТ обходить сложности правильного логического проектирования новой архитектуры (Ряд 4/390) задумали в свое время симуляцией с помощью реальной ECL-логики, однако за схемы по типу TSM100 решились (насколько мне известно) не братья. Для проекта «Ряд 4» остановились на системе микросхем И-300. Базовые кристаллы таких схем рассчитывали получить от завода по микроэлектронике в Зеленограде, а нанесение слоев металлизации для логического «программирования» планировали осуществлять силами специального подразделения НИЦЭВТ. Эти планы были сорваны, как говорилось выше.

В ГДР развитие CMOS-технологии как перспективного базового направления легло в основу планов по разным типам схем — логическим и схемам памяти. Для решения проблем компактной и быстрой логики для ЕС ЭВМ — Ряда 4 была принята также концепция CMOS и было решено использовать матричные схемы типа U5300. Планировалось изготовить примерно 50 типов логики на двух базовых матрицах. Для серийного воспроизведения параметров, годных для Ряда 4, требовалось, однако, определенное время.

Генеральный конструктор ЕС ЭВМ В. В. Пржиялковский был в курсе и этих планов, и его временных аспектов... По срокам выпуска Ряда 4 СССР и ГДР в конце 80-х гг. оказались примерно в одинаковом положении.

В ГДР также готовилась структура, аналогичная имевшейся в НИЦЭВТ, — в городе Карл-Маркс-Штадт рядом со зданием, где работали разработчики машин, было точно так же спроектировано подразделение по конечному изготовлению матричных БИС U5300 для машины ЕС-1150 и для целого ряда других проектов в различных высокоразвитых отраслях промышленности: в машиностроении, в текстильной промышленности и т.д. Здание было возведено в 1990 г., но в Германии после 1990 г. матричные БИС и ЭВМ Ряда 4 были уже никому не нужны... Вместо ЕС ЭВМ без особых проблем в большом количестве установились Siemens (вместе с новыми программами) и IBM-машины (без смены пользовательских программ). Железобетонный каркас здания стоял до 2014 г.

Отметим, что фирма Siemens выпускала свои ЭВМ только примерно до 1995 г. и что последним мэйнфреймом, построенным на немецком заводе, стала машина H100,

работавшая на операционной системе BS 2000 (по архитектуре 390) на базе логики CMOS/ECL. Выработку концепции по следующему поколению *своих* машин фирма, однако, уже закончить не сумела. Возникли те же проблемы перехода на VLSI-логику и проблемы физических размеров машин. По этой причине Siemens закрыла свое немецкое производственное подразделение по ЭВМ класса mainframe. Эту линию продолжала фирма Fujitsu, использовав BS 2000 и элементную базу CMOS/X86 до 2008 г. (!). Siemens сохранила, как последний европейский производитель, лишь направление персональных компьютеров — до середины 2005 г.

Несколько слов о RISC-компьютерах.

После того как развитие технологии микроэлектроники обеспечило возможности интеграции процессоров со структурами очень большой сложности на *одном* кристалле (chip), открылись пути к существенно новой форме построения архитектуры компьютеров: RISC-компьютеры (Reduced Instruction Set). Схема RISC существенно отказывается от сложных команд в пользу высокой скорости такта и более низкого расхода на расшифровку команд, ориентируется на незначительную ширину поля данных и длину команды (32 бита) и поэтому стала примерно на 10–15 лет выгодным решением для интегрирования комплексных структур в кристалле микропроцессоров; 32-битную RISC архитектуру, естественно, можно размещать на кристалле значительно эффективнее (пользуясь одновременно всеми дополнительными преимуществами миниатюризации). И проблемы охлаждения решаются проще.

Через несколько лет очередной технологический шаг по наращиванию производительности микропроцессоров привел к тому, что фирмы-производители, предлагавшие собственные схемы для построения RISC-компьютеров, вынуждены были прекратить соревновательную гонку с современными микропроцессорами Intel и AMD.

Эти микропроцессоры имеют, как известно, внешнюю архитектуру, построенную по модели CISC, однако *внутри* они используют все существенные преимущества RISC-дизайна. Начиная с Pentium Pro, процессоры Intel обладают присоединенной функциональной единицей, которая связывает ядро RISC со слоем эмуляции CISC. Примерами таких процессоров являются I-8086, I-80386, Motorola 68000 и центральный процессор системы z от IBM.

Согласно Wikipedia, чистые или близкие по типу RISC-процессоры в современных универсальных вычислительных машинах, как правило, больше не используются. Современные машины mainframe почти полностью построены на структурах с микропроцессорами линии Intel x86. Позиция Intel на рынке с успешным *массовым*

использованием делает мелкие серии фирменных чипов вычислительных машин типа RISC нерентабельными. А массовое распространение создает основу для достижения очень выгодных экономических показателей. Intel и AMD выпускают примерно каждые два года новые микропроцессоры, часто с новой «субнанотехнологией» — со структурными размерами до 16 нм и меньше (!). Их обороты достигают десятков миллиардов долларов в год; средств на разработку новых передовых решений достаточно, а разработчики и поставщики наиболее востребованного сверхсовременного оборудования также в состоянии следовать за этими темпами!

Производители же с фирменными процессорами не способны выдержать такую гонку! Сняты с производства DEC Alpha, HPPA-RISC, Sun SPARC, и лишь сама IBM делает чипы PowerPC, XScale, MIPS и StrongARM: редкие или исчезнувшие в универсальных вычислительных машинах.

Мы видим на примере процессоров фирмы Intel или AMD, что только на уровне «субнаноструктур» можно реализовать сложные 64-разрядные CISC-структуры в одном кристалле. В этом случае среди многих других при создании чип-корпуса возникает задача минимизировать количество внешних контактов и отвода большого количества тепла...

Огромные затраты средств, вызванные указанными изменениями основных принципов архитектуры, охватили мировую экономику и повлекли существенные изменения в технической политике и в экономике, особенно в некоторых ее отраслях.

Напрашивается актуальный вывод не только для стран, как, например, Россия, но и для многих фирм Европы: следует ориентировать свою микроэлектронную промышленность на специфические сегменты продуктов там, где стоимость и значение интеллектуального труда сильно перевешивают недостатки слабой микроэлектронной технологии. Примерами такого подхода являются управляющие модули сложных объектов, таких как самолеты или автомашины, как аппаратура по защите данных и т.д. А для высокопроизводительных структур, таких как суперкомпьютер, наиболее выгодно использовать стандартные микропроцессоры!

Роль суперкомпьютеров в современном мире огромна! Разработка современных суперкомпьютеров — это та область деятельности, где доминирующими факторами являются доля и величина интеллектуального труда. Большинство суперкомпьютеров построено на основе микропроцессоров. Важной для такого их употребления является поддержка микропроцессорной архитектурой параллельной работы десятков и даже сотен тысяч ядер по схеме конвейеров или матриц. Преобладающее количество процессоров среди TOP500 — это x64-совместимые CISC-процессоры (76%:

Intel Xeon и AMD Opteron). RISC-процессоры используются в архитектуре BlueGene (PPC), имеющей 18% в рейтинге. Ведущие системы достигают сегодня (2016) 90 петафлопс.

Отметим, что по этому же пути идут сегодня и специалисты АО «Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники», где разработана высокопроизводительная вычислительная платформа EC1740.0001, пиковая производительность которой 640 Гфлопс, построенная на процессоре AMD Opteron 6200 (6300).

Архитектура IBM и положение фирмы на мировом рынке – по-прежнему стабильные факторы

В течение десятилетий путь IBM был ориентирован на архитектуру, которая обеспечивала бы непревзойденную позицию на *вершине существующей пирамиды современных прикладных систем* по обработке данных и одновременно сохранение большого количества своих основных клиентов. Воплощением современной архитектуры универсальных вычислительных машин фирмы IBM являются системы z (раньше zSeries). По сравнению с предшествующей архитектурой S/390 системы z отличаются прежде всего наличием 64-разрядной адресации. Продолжают поддерживаться и старые программы, создававшиеся под адресацию 31 или 24 бита. Система z при этом объявлена как система «Zero Downtime»: все компоненты ее являются избыточными, особыми средствами защищены от аварий, они сверхнадежны... Современные модели IBM z13 могут работать параллельно (до 85 разделов LPAR) с различными операционными системами.

В истории своих машин mainframe IBM неоднократно расширяла и дополняла пользовательскую направленность. Начав с традиционных характеристик нагрузки, Workloads (много транзакций, банки данных, OLTP, Batch и Quality of Service — QoS), она с 2001 г. открыла в своих продуктах для пользователей машин mainframe новые направления по нагрузкам Linux-Workloads (WebSphere Analytics и Oracle) и наконец также Java-Workloads. 10 лет спустя системы mainframe поставлялись уже для решений в области Cloud и Operational Analytics.

Из этого *напрашивается вывод*: стабильность и целенаправленность «гиганта IBM» и далее могли указывать организациям стран СЭВ и ЕС ЭВМ целесообразное направление системной политики!

Однако: действия по разрушению основ социалистического строя с непосредственным участием самого Генерального секретаря и его «близких доверенных лиц»

привели к таким хаотическим переменам, в результате которых *самостоятельное исправление* ошибок и недостатков строя оказалось нереальным.

Без действенного международного разделения труда и торговых связей невозможно представить, каким образом можно было бы сократить разрыв с Западом и развивать высокие технологии! Такой вывод мог бы послужить одной из основ для действий по исправлению ошибок прошлого.

Дополнение

Мировая арена технологий, напрямую связанных с ИТ-системами, имеет *огромное разнообразие направлений*. Выше мы рассмотрели в самых общих чертах неразрывную связь между свойствами и развитием компьютерных архитектур и развитием микроэлектронных технологий.

Развитие дисковых накопителей и сетевых технологий, взрывное развитие мобильной техники и освоение ею огромного рынка частных потребителей и т.д. — все это совершается под влиянием создаваемых сложнейших технологий, завоевывающих мировой рынок с его огромным потенциалом!

В последнее время наблюдаются заметные успехи в развитии искусственного интеллекта. Появляются новые бизнес-схемы, фирмы на базе совершенно новых «платформ» — типа Apple, Google, Alibaba.

Критерий успеха — в умении использовать тенденции и реакцию рынка для создания сильного и стабильно растущего цикла воспроизводства продуктов. Мы видели выше на небольших примерах, какое огромное значение имеет мировой рынок и рыночный обмен на равноправных условиях. Какие цели сегодня снова преследуют администрация США и сторонники жесткого курса в Пентагоне, вновь объявив эмбарго в отношении России? Ответ ясен: Россия для них осталась стратегическим противником и «успех» прошлых лет в использовании эмбарго «тянет» на повторение старой истории!

Резюме

Относительно развития свойств компьютерных архитектур

- За период прошедших 50 лет начальная фаза развития архитектур характерна преобладанием типа CISC. На какое-то время пришелся этап RISC, отмеченный прямо-таки взрывным распространением и сопровождавшийся преувеличенными уверениями в преимуществах этой архитектуры. После снова вернулась — на последовавшем витке спирали развития микропроцессоров — эпоха CISC-структур.

- Следует отметить, что всего несколько ведущих западных фирм смогли экономически выдержать давление своих конкурентов в контексте развития μ -электронных технологий и возрастающей глобализации; многие сошли с дистанции в этой «архитектурной и технологической гонке». Процессы глобализации в огромной мере ускорили этот процесс.
- Выдающиеся качества современных микропроцессоров сегодня (2017) позволяют с позиции потребительских свойств mainframe-ЭВМ не обращать особого внимания на такие архитектурные различия процессоров, как CISC или RISC. Эти «внутренние» различия благодаря высокой степени интеграции в основном отступают на задний план.
- В настоящее время все важнее становятся «внешние» архитектурные свойства микропроцессоров, в число которых входят такие, как удобство масштабирования, пригодность к конвейеризации, параллельной локальной, или для сетевой работы.
- μ -процессоры с их сверхмалыми структурными размерами — вместе с развитием (внешних) архитектур для суперкомпьютеров и распределенных систем — являются основой для развития современных ИТ-систем! Нужно констатировать, что дальнейшее развитие ИТ по части основы для структур обработки данных надолго будет связано с универсальными массовыми микропроцессорами.
- Только очень немногие мировые лидеры по разработке и производству мощных микропроцессоров сегодня обладают всемирной монополией, средствами и знаниями по их развитию.
- В построении интерфейса «человек — машина» рост (выгодных) технологических возможностей отодвигает внутреннюю архитектуру элементов — микропроцессоров — все дальше на задний план!
- Огромное значение приобретают процессы сбора и «анализа» данных и элементов знаний, как персональных, так и разного рода коммерческих... Эта область сопровождается развитием новых поколений программных продуктов, а также новых мощных систем, таких как централизованные надежные хранилища данных или же поисковые машины.

Новые направления, основанные на явлениях квантовой физики или на использовании оптических элементов, еще долго будут заметны лишь на «краях» поля действия, там, где физические свойства выступают на передний план перед экономическими аспектами.

Общие выводы

- Компьютерная промышленность СССР, ГДР и других государств СЭВ в условиях существовавшего общественного строя сыграла *огромную положительную роль* в развитии этих стран. Выдающуюся роль в работах по ЕС ЭВМ сыграли НИЦЭВТ и его директор до 1990 г., *Генеральный конструктор ЕС ЭВМ*, выдающийся организатор и специалист высокого ранга.
- Виктор Владимирович и его соратники находились, без сомнения, «на уровне» в отношении ИТ-архитектуры; помимо прочего, они независимо от Запада предлагали такие решения, которые позже оказались реализованы в мировом масштабе. Советская архитектурная школа значительно опережала технологические возможности социалистических стран, но руководство НИЦЭВТ и руководители ЕС ЭВМ других стран вынуждены были мириться с фактами общего технологического статуса, прежде всего в микроэлектронике.
- Руководство НИЦЭВТ дало начало организации очень важной работы, суть которой заключалась в том, чтобы научиться своими силами и средствами проектировать и изготавливать специализированные микроэлектронные элементы с учетом все возрастающей интеграции. Это был дальновидный, важный шаг в будущее. Мы видим на примере фирмы ИВМ, насколько существенными те решения могли бы оказаться для будущего.
- Компьютерная промышленность соцстран находилась, наряду с известными прочими причинами отставания, в среде существенных сложностей и противоречий по части технологии и архитектуры, оказывавших более серьезное влияние, нежели аналогичные факторы на Западе.
- Архитектура по ЕС ЭВМ для НИЦЭВТ предъявила дополнительные требования — жесткие условия по внешним воздействиям для «гражданских» ЭВМ, а тем более для спецмашин типа «Аргон». В СССР считалось, что CMOS-технология микропроцессоров непригодна для выполнения таких требований (хотя Intel 8086 работал на Space Shuttle в космосе).
- В СССР под руководством НИЦЭВТ помимо работ по крупным ЭВМ были начаты работы по массовому выпуску персональных компьютеров (ПК, типа ИВМ) — с сильным отставанием от хозяйственной необходимости. Это способствовало аналогичным планам других министерств. Документ того времени по потребностям ПК явно доказывает это.
- Отделение «Устройства Karl-Marx-Stadt» комбината Robotron — по разработкам ЕС ЭВМ — в 1988 г. определило для себя в качестве главной ориентации

на *определенный период* времени разработку ПК на базе микропроцессоров Intel — в союзе с большими заводами Robotron в Земмерде и Карл-Маркс-Штадте и с предприятием микроэлектроники в Эрфурте. Использовались там и первые разработки по U 5300-БИС. Это была четкая ориентация на стабильность и на будущее массового рынка.

- Разумеется, у изолированной ГДР не было шансов значительно развивать это направление в условиях эмбарго и практического отсутствия социалистического рынка. Под эту линию ПК удалось собрать большинство мощнейших промышленных комбинатов ГДР, однако до конца собственной валютной политики страны доля комплектации из валютных импортных составляющих составляла значительную часть стоимости ПК, сопоставимую со стоимостью готового ПК, приобретенного на Западе.

Некоторые аспекты работы после 1990–1991 гг.

- Появление возможностей конвертации рубля в России и марки в бывшей ГДР полностью подорвали экономический фундамент производства/продажи «своих» изделий...
- Многие ведущие специалисты в бывшем СССР и ГДР, прежде всего из ведущих институтов по ЕС ЭВМ — НИЦЭВТ и Robotron Karl-Marx-Stadt (Chemnitz), успешно пошли новым путем.
- Ориентация специалистов ИТ, занимавшихся ЕС ЭВМ, на «professional services» — на миграцию существующих прикладных систем и систем данных, на интеллектуальное использование самой современной микроэлектроники, преимущественно стандартных микропроцессоров, для создания суперкомпьютеров, высокопроизводительных серверов, компьютерных сетей — была в высшей степени логичной. Их последовательность, эффективные знания, а также «региональные» знания экономических структур и особенностей во многих случаях дали хорошие результаты и открыли для них новое будущее!
- Есть направления, где технологический уровень кроется в сфере опыта и интеллекта, научного потенциала, наличия высококвалифицированных людей... «Professional services», приложение ума и знаний для построения сложных систем, применение опыта десятилетий (как, например, для космических аппаратов) — это единственное направление, где инженеры и системщики могут сегодня приложить свои силы...

Интеллектуальное применение (массовых и дешевых) микропроцессорных элементов является тем направлением, где масса инженеров и системщиков сегодня должны приложить свой ум, интуицию и труд.

Россия сегодня располагает мощной основой для IT-промышленности, прежде всего в виде квалифицированных инженеров и системщиков, математиков и программистов. Россия сегодня занимает, однако, лишь среднее место (июнь 2016) в рейтинге суперкомпьютеров, судя по открытым данным. Есть цели для ускорения работ как важное направление для крупных народно-хозяйственных задач страны. Примером такого пути, среди много других, можно назвать также и АО «Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники» с его разнообразными направлениями работ, среди которых работы по суперкомпьютерным технологиям (см. сказанное выше).

С некоторым оптимизмом можно констатировать, что добрые отношения России с Китайской Народной Республикой (занимающей в указанном рейтинге две ведущие позиции) открывают огромные возможности получить самые современные изделия, необходимые для труда системных разработчиков, инженеров и других IT-специалистов. Высокая квалификация русских экспертов тем самым открывает широкие возможности и позволяет достигнуть результатов системных разработок, вполне сравнимых с имеющимися в мире!

Большая заслуга в развитии IT-технологий в СССР и в России, в развитии широкого общественного признания целесообразности ориентации на международные стандарты и на международную кооперацию принадлежит специалистам и руководителям программы ЕС ЭВМ и ее бывшему Генеральному конструктору — Виктору Владимировичу Пржиялковскому, работавшему до конца своих дней главным научным сотрудником АО «НИЦЭВТ», Герою Социалистического Труда, директору НИЦЭВТ с 1977 по 1991 г.

Автор приносит Владимиру Викторовичу Пржиялковскому глубокую признательность за существенную помощь при редактировании и исправлении русского текста этой статьи.

Ю.С. Ломов

ЕС ЭВМ сквозь призму отечественной и мировой вычислительной техники

Введение

В 1964 г. была представлена модель машины IBM System/360 (IBM 360, System/360), которая дала начало ряду программно совместимых ЭВМ единой архитектуры. Она появилась как некоторая новая точка отсчета в развитии ЭВМ общего назначения, как констатация того, что детско-юношеский этап развития — создание счетно-решающих устройств — закончился. Вычислительная техника (ВТ) «возмужала» и становится универсальным средством преобразования информации. Безусловно, это был революционный шаг создания нового проекта и новых механизмов в области организации вычислительного процесса. Задачей данного проекта явились критический анализ существовавших в то время компьютерных технологий и на его основе создание новых

подходов или совершенствование старых, ориентированных на перспективу развития ЭВМ общего назначения. Другими словами, был осуществлен анализ и синтез идей, концепций, технологий, новых механизмов, приемов и способов их реализации, составляющих в то время совокупные мировые научно-технические достижения. И этот банк мировых достижений пополняется не механически, а путем творческого процесса их оптимизации в рамках новых требований, условий и форм в соответствии с объективными научными законами существования и развития.



Пульт модели 91 системы IBM 360

Безусловно, в копилку таких достижений внесли свой вклад и отечественные ученые и инженеры. Наука развивается путем накопления новых научных знаний, которые формируются из практического опыта и проверяются на нем. И в этот раздел научного познания, разработку всего многообразия ЭВМ первого и второго поколений, отечественная школа внесла, пожалуй, больший вклад, чем любая другая страна мира. Мы на практике опробовали разнообразные системы команд, системы счислений, форматы команд и данных, способы адресации, а также разнообразные подходы и методы организации вычислительного процесса и многое другое. И этот опыт не мог быть не востребован.

Своеобразие работы корпорации IBM заключалось в том, что она не была простым сложением предыдущих достижений. Это была интеграция достоинств и компенсация недостатков всего многообразия механизмов в рамках одной системы на более высоком уровне их взаимодействия и с новым качеством. Научно-техническим результатом явилась выработка интеграционно-компенсационных соглашений, выраженных в документе «Принципы работы IBM System/360». Эту огромную научно-исследовательскую работу IBM выполнила, поставив проектирование ВТ на рельсы строго научного подхода.

До появления IBM System/360 мировая вычислительная техника представляла собой набор ЭВМ различной архитектуры, определяемой их назначением, с разнообразной номенклатурой устройств, несовместимым программным обеспечением и т.д. Пользователи и производители, да и сами разработчики устали решать накопившиеся к началу 1960-х гг. проблемы. Пользователям при таком многообразии ЭВМ трудно было формировать стратегию развития и наращивать мощность вычислений. Разработчики не могли добиться нужной эффективности при объединении ЭВМ в системы. Сервисные службы испытывали сложности при поддержке многочисленных и разнообразных аппаратно-программных средств. Поэтому решение IBM создать совместимый ряд ЭВМ с разной производительностью, способных работать с одними и теми же программами, было воспринято Западом как вполне обоснованное, логичное и само собой разумеющееся. Закономерность и объективная необходимость такого проекта не подвергались сомнению. Концептуальная составляющая проекта была одобрена и принята.

В Советском Союзе при всем богатстве реализуемых идей и опыте практического конструирования не нашлось ведущей организации, которая могла бы выполнить подобную работу. Многочисленные мощные компьютерные коллективы отраслевой науки не могли этого сделать по определению, поскольку каждый из них решал свою ведомственную задачу. А после того как проект фирмы IBM был не только

опубликован, но и подтвержден практическими разработками ЭВМ третьего поколения, Советский Союз, как и все страны, занимавшиеся созданием ВТ, вынужден был «сверять свои часы» на предмет готовности и возможности разрабатывать и производить продукцию такого уровня.

Кроме научно-технической составляющей, проект IBM содержал еще одну, не менее, а даже, может быть, и более важную составляющую. Он предполагал и предлагал международное разделение труда при создании масштабного коммерческого проекта. Экономическая привлекательность подвигнула многие, в том числе и высокоразвитые, страны отказаться от собственных разработок этой наукоемкой и высокотехнологичной техники, включившись в международное разделение труда по развитию ВТ на основе проекта IBM. Начались совершенствование и оптимизация отдельных предложенных программных и аппаратных компонент проекта и практическая работа по его реализации во многих странах мира. Ряд фирм стали выпускать машины, совместимые с IBM System/360, например семейство 470 корпорации Amdahl, компьютеры Hitachi UNIVAC 9200/9300/9400 и др.

Участие Советского Союза наравне с западными странами в таком сотрудничестве по понятным причинам было исключено. США с помощью Координационного комитета по многостороннему контролю экспорта (КОКОМ) строго контролировали оборот компьютерных технологий с целью защиты своего военного превосходства (в этой системе были утечки документации, программ и образцов техники, возможно, контролируемые. — *Прим. Э. Пройдакова*), вытекающего из превосходства этих технологий в странах КОКОМ (все страны — члены блока НАТО, а также Япония). Такой жесткий контроль был вызван тем, что, как подсчитал Государственный департамент США, примерно 50% поступавших в него заявок на экспорт было связано с компьютерными технологиями. Эта ситуация отражала тот факт, что компьютерная индустрия становится важнейшей в странах КОКОМ, создавая огромные преимущества как экономического, так и военного характера. Не учитывать это, а тем более не предпринимать никаких мер в этом направлении — ошибка, которая хуже преступления. Поэтому в условиях практически полного отсутствия доступа к мировым научно-техническим и технологическим ноу-хау, в условиях, когда полностью исключалась возможность покупки лицензий на производство или поставку высокотехнологичной техники в нашу страну, — в таких условиях СССР развернул собственный проект, получивший наименование «Единая система ЭВМ» (ЕС ЭВМ). Проект, включающий разработку широкого спектра моделей ЭВМ и всей необходимой для их эффективной работы номенклатуры периферийных устройств, а также создание всей необходимой

элементно-конструктивной базы нового поколения. Проект такого масштаба кроме Советского Союза могли позволить себе только США. Шаг вынужденный, но необходимый. Рассчитывать мы могли только на собственные силы.

На распутье двух дорог

Две дороги — та и эта.
Та прекрасна, но напрасна.
Эта, видимо, всерьез.

Б. Окуджава

Катализатором необходимых перемен в отечественной вычислительной индустрии, безусловно, явилось производство за рубежом средств вычислительной техники по проекту System/360. А оно было несравнимо с отечественным производством. Например, «компьютер System/360 был принят “на ура”»: в первый же месяц было заказано более 1100 экземпляров, что значительно превысило ожидания и возможности самой IBM» [1]. Поразительная цифра. Весь парк отечественных машин 1964 г. оценивался тем же порядком работающих ЭВМ. К 1972 г. парк ЭВМ третьего поколения западного альянса достиг 70 тыс. машин. Затратив на разработку и производство около 45 млрд долларов, корпорация IBM серией машин S/360 захватила 70 % рынка ЭВМ западных стран. Ежегодно затраты Министерства обороны США на ВТ составляли 6 млрд долларов.

Это открывало преимущественные возможности росту экономического и военного потенциала этих стран. Могли ли мы тогда с очень ограниченным парком средств вычислительной техники второго поколения сохранять хотя бы разумный паритет? В странах Совета экономической взаимопомощи (СЭВ) положение было еще хуже. В области компьютерных технологий страны социалистического лагеря отстали от Запада примерно на 10 лет. А речь шла ни много ни мало об отрасли, которая определила великую техническую революцию XX в. Было бы странно, если бы руководство СССР не отреагировало на этот вызов. И оно отреагировало.

Еще в планах народно-хозяйственного развития на 1966 г. было предусмотрено создание «комплекса типовых высоконадежных информационных вычислительных машин», получившего условное название «Ряд». Выбор пути реализации этого плана требовал научного обоснования. Появилось поручение разработать аванпроект по ОКР «Ряд», в котором определялась «разработка комплекса типовых высоконадежных

информационно-вычислительных машин с диапазоном производительности от 10 тыс. до 1 млн операций в секунду, построенных на единой структурной и микроэлектронной технологической базе и совместимых системах программирования для вычислительных центров и автоматизированных систем обработки информации» [2]. Главным по аванпроекту сначала стал Институт точной механики и вычислительной техники (ИТМиВТ), а затем — Конструкторское бюро промышленной автоматики (КБПА). В середине 1967 г. аванпроект, разработанный КБПА и дополненный другими предприятиями (в разработке аванпроекта могли принимать участие все желающие), был принят межведомственной комиссией, возглавляемой академиком А. А. Дородницыным. Именно эти исследования, а не «преступное решение» [3] кого-то из руководителей страны стали научно-технической основой постановления от 30 декабря 1967 г. «О развитии производства средств *вычислительной техники*». Вслед за этим между странами социалистического содружества было заключено межправительственное соглашение и образована Межправительственная комиссия по сотрудничеству в области вычислительной техники. Базой этого сотрудничества должно было стать создание ряда программно совместимых ЭВМ третьего поколения, сопутствующих им средств вычислительной техники и всей необходимой инфраструктуры: производственных мощностей, элементно-конструктивной базы, многослойных печатных плат, кабельной продукции, автоматизированных технологий изготовления и наладки и т.д. «*Единая система ЭВМ социалистических стран*» (ЕС ЭВМ) — вот полное название проекта, который разрабатывался в кооперации со странами — членами СЭВ. Между этими странами была определена ответственность за разработку и производство конкретных средств вычислительной техники и согласованы объемы поставок этой техники по двусторонним договорам. СССР по понятным причинам принимал участие в создании всей номенклатуры. С этой целью к проекту были привлечены научно-исследовательские институты Москвы, Минска, Еревана, Казани, Пензы, Винницы и др.

Если со структурой организации разработки проекта было все более-менее понятно, то с выбором направления проекта ЕС ЭВМ полной ясности не было. Хотя по мере разработки аванпроекта все больше отечественных специалистов склонялись к ориентации на IBM System/360 как на прототип по следующим обстоятельствам:

- актуальность концепции программной совместимости, подтвержденная крупными западными фирмами (Siemens, RCA, ICL) и одобренная многими странами мира;
- комплексность и целостность проекта как в аппаратной, так и в программной части;

- достаточная обоснованность проекта и перспективность его развития;
- оригинальность научно-технических решений, опирающихся на опыт разработок предыдущих поколений ЭВМ, что было близко и понятно отечественным разработчикам;
- эффективность и привлекательность коммерческой составляющей System/360;
- отсутствие каких-либо специфичных свойств проекта, ограничивающих его применение в нашей стране, равно как и в других странах мира;
- авторитет и высокая, не вызывающая сомнений конкурентоспособность фирмы IBM.

Мнение отечественных специалистов формировалось в пользу System/360 еще и по следующим причинам:

- отсутствовало единое или какое-либо преобладающее мнение по поводу пути перспективного развития отечественной ВТ;
- неразвитость (зачаточность) отечественного программного обеспечения (ПО), отмеченная в январе 1967 г. авторитетной комиссией во главе с академиком А. А. Дородницыным, принявшей решение «о важности и обязательности воспроизведения структуры прототипа для обеспечения преемственности ПО» [2];
- отсутствие объединяющей программы, координирующей деятельность многочисленных коллективов разработчиков на общую перспективу, и отсутствие желающих взять на себя ответственность по разработке и реализации интегрированного отечественного проекта, хотя для централизованной системы управления в стране оптимальным был именно такой проект.

На основе подготовленного аванпроекта, обосновывавшего этот выбор, началась разработка конкретных моделей ЕС ЭВМ, программно совместимых с IBM System/360. Но оказалось, что вопрос о направлении разработки еще не решен. Не все ведущие специалисты по ВТ согласились с выбором вектора развития.

По инициативе М. К. Сулима (заместитель министра радиопромышленности) и Б. И. Рамеева (заместитель Главного конструктора ЕС ЭВМ, начальник отделения программного обеспечения Научно-исследовательского центра электронной вычислительной техники (НИЦЭВТ)) 18 декабря 1969 г. состоялось совещание, на котором рассматривалось два прототипа: IBM System/360 и система английской компании ICL. Безусловно, IBM 360 обладала на тот момент лидирующей архитектурой среди массовых компьютеров общего применения, и здесь другого мнения быть не могло. Тем не менее организаторами совещания было предложено ориентироваться на систему ICL [4]. Основным аргументом обоснования этого предложения было

то обстоятельство, что корпорацией ICL в случае сотрудничества было обещано все: документация, программное обеспечение, образцы моделей и т.д. А самое главное, она предлагала любую помощь в разработке и даже совместную разработку. В то время для System/360 не просматривалась возможность все это получить как легально, так и нелегально. Ситуация была достаточно странной.

С одной стороны, Госдепартамент США был в то время обеспокоен возможным доступом стран социалистического лагеря к технологиям производства компьютерной техники в связи с его значительным расширением. США были спокойны за страны — члены КОКОМ. Их беспокоили государства, которые не входят в КОКОМ, но активно используют новую технику IBM. Более того, эти страны разрабатывают и расширяют поставки компьютерных технологий. Это особенно касается развивающихся стран Азии, которые становятся главным каналом утечки технологий. Принимаемые КОКОМ меры до определенного момента способствовали поддержанию разрыва в уровне компьютерных технологий между западными странами и странами — членами СЭВ. А как поддерживать этот разрыв в новых условиях? Путь один — ужесточить контроль над экспортом с целью предупреждения передачи в страны СЭВ передовых технологий производства электронной техники и ЭВМ. Над этим работают лучшие экспертные умы. Госдепартамент США создает специальные комиссии с целью выработки рекомендаций правительству США, ужесточающих доступ к научно-техническим ноу-хау (например, Комитет по изучению международных тенденций в вычислительной науке и технологиях (Committee to study international development of computer science and technology board)). Особенно их беспокоит распространение программных средств, которые приобретают все большее значение в компьютерных системах, а их гораздо легче приобрести. И вдруг страна — член КОКОМ, страна — член НАТО, самый верный партнер и соратник США совершенно бескорыстно, как нас убеждают, обещает передать странам, против которых и разрабатываются ограничительные меры, новейшие технологии. И не только передать, но и встать плечом к плечу в конкурентной борьбе с IBM, т.е. с США. Такое возможно? В любом случае нельзя забывать вечную мудрость: «Бойся данайцев, дары приносящих!»

С другой стороны, сторонники ICL, корни которой восходят к технологиям известной американской корпорации RCA, наверное, искренне считали, что предложение совместной разработки и есть приглашение к сотрудничеству в рамках международного разделения труда. Конечно, предложение было заманчивым. Тем более что для реализации собственного проекта, подобного проекту IBM, на основе отечественного опыта уйдут годы, а новые современные машины с системными возможностями



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

применения нужны были еще вчера. Об этом свидетельствует следующий пример. В середине 1960-х гг. по предложению генерального конструктора В. С. Семенихина (в последующем академик) один из крупных оборонных проектов выполнялся на основе широкого использования средств отечественных ВТ, в частности ЭВМ серии «Урал». Автор этой статьи с 1965–1967 гг. работал в Научно-исследовательском институте автоматической аппаратуры (НИИАА) и участвовал в этом проекте. Но реализовать проект в этом варианте не удалось. Не позволило реальное состояние средств отечественных ВТ. Проект был реализован другим способом, без применения средств ВТ, хотя предложение В. С. Семенихина было и прогрессивным, и перспективным. Но для этого необходимы были вычислительные средства с более развитыми

системными свойствами, чем те, которыми обладали отечественные ЭВМ. «На тот период несколько центров конструирования и производства вычислительной техники в Киеве, в Москве, в Минске, в Пензе и др. выпускали продукцию, несовместимую ни аппаратно, ни программно. Достаточно сказать, что в “Минске-32” был принят семибитный байт, а в БЭСМ — вообще шестибитный, что делало проблематичным простой обмен данными между такими машинами, не говоря уж об их совместимости с западной техникой. Не было практически никаких стандартов на аппаратные интерфейсы. И, что особенно важно, мягко говоря, “хромало” серийное производство ЭВМ» [5]. Недостаточная развитость системы прерываний и механизмов реального времени ограничивала системные возможности отечественных ЭВМ. Отсутствовали компьютерные технологии третьего поколения.

Таким образом, вопрос перестройки отечественного «компьютеростроения» назрел и перезрел. И в этот момент откуда ни возьмись появляется волшебная палочка-выручалочка — фирма ICL. Странники направления ICL искренне считали (или их убедили), что если «официально жениться» на английской красавице ICL, деве непорочной чистоты, то это становится нашей законной отечественной разработкой. Иначе почему после принятия решения в пользу IBM все сразу забыли об ICL и заговорили и до сих пор говорят, что вместо отечественного пути развития мы пошли по пути копирования? Как будто выбор делался не между IBM и ICL, а между отечественной разработкой и копированием.

Ориентация на мировые тенденции развития ЭВМ общего назначения была если не единственно возможным путем развития отечественной ВТ, то самым эффективным и быстрореализуемым, который избавил страну от долгих бесплодных академических споров и способствовал экономии крупных средств, а главное, значительного времени. Уже с начала 1970-х гг. началось практическое использование ЕС ЭВМ первой очереди в гражданской сфере, на экспорт и для Министерства обороны, в том числе в системы генерального конструктора В. С. Семенихина, главного конструктора В. И. Дракина, В. А. Шабалина и др. А в 1981 г. за разработку изделий ЕС ЭВМ для системы оборонного назначения, разрабатываемой в НИИ АА генеральным конструктором академиком В. С. Семенихиным, НИЦЭВТ был награжден орденом Трудового Красного Знамени.

Окончательное решение было принято 18 декабря 1969 г. Этому предшествовали двухгодичные острые дебаты между странами на уровне правительств, плановых органов, научных организаций. Активнейший участник тех событий академик В. К. Левин убежден, «что при любом другом из мыслимых тогда вариантов проведения работ результат был бы плачевным» [2].

В том, что советские специалисты встретили появление IBM System/360 неоднозначно, нет ничего противоестественного. Безусловно, ими руководило опасение за судьбу своих разработок и за будущее отечественной ВТ. Противоестественно другое. Чем вызваны беспрецедентные нападки на все, что связано с проектом ЕС ЭВМ, в наше время? Казалось бы, за прошедшие 50 лет на основе добросовестных оценок и конструктивной критики сделаны аргументированные оценки и выводы по проекту ЕС ЭВМ, способствующие прогрессу отечественной ВТ. И за это время ни новых фактов, ни новых аргументов не появилось. Просто есть мнение некоторых «авторитетов», которые в обстановке безнаказанности темпераментно, с иллюзией убежденности, но бездоказательно утверждают, что проект ЕС ЭВМ потерпел «сокрушительный провал», тем самым искажая и уничтожая целый пласт истории отечественной ВТ. Но это было время, когда медленно, но верно сокращалось отставание в области разработки и производства машин класса мэйнфреймов. Когда в нашей стране разрабатывались и производились все классы ЭВМ для общегражданского и специального применения со всей необходимой инфраструктурой. Когда усилиями наших ученых и инженеров за короткий срок была создана и организационно оформлена учреждением Государственного комитета (ГКВТ) новая высокотехнологичная отрасль — разработки и производства средств ВТ. И все это было достигнуто в условиях существенной форы, которую имели западные страны. Даже за рубежом в начале 1980-х гг. отмечали, что перспективы СССР и стран СЭВ в компьютерных технологиях улучшаются, хотя все еще остаются ограниченными. И эти выводы подтверждают конкретные факты сравнения отечественных и зарубежных разработок 1980-х гг.

Цель автора данной статьи — не дискуссия с воинствующим невежеством и сумышленным негативным представлением того времени. Его цель как свидетеля того времени — рассказать о фактической стороне проекта ЕС ЭВМ на фоне тех событий, которые происходили у нас в стране и за рубежом. Добросовестный научный анализ прокладывает путь в будущее. Информационная война с прошлым разрушает это будущее. Уничтожение результатов прошлого — это современное варварство.

IBM 360 и копирование

В конце 1960-х гг. перед отечественной ВТ со всей остротой встала задача преобразования компьютерной индустрии. Это признавали все — и сторонники ориентации на иностранный аналог, и противники этого пути развития. «Многообразие выпущавшихся ЭВМ и их несовместимость друг с другом на программном и аппаратном уровнях не удовлетворяло их создателей. Необходимо было навести маломальский

порядок во всем множестве производимых компьютеров, например, взяв какой-либо из них за некий стандарт» [6]. Так и поступили. Выбрали мировой стандарт. К сожалению, готового отечественного не нашлось. Это позволило, кроме внутрикомпьютерных (архитектурных и структурных) технологий ЭВМ, внедрить в отечественную практику единые с мировыми стандарты, интерфейсы и определения, которые стали фундаментальными основами информатики. Например, благодаря широкому распространению принципов работы IBM System/360 принятые в ней 8-битные символы и 8-битный байт как минимальная адресуемая ячейка памяти стали стандартом для всей информационной технологии. Другой путь — «развод» с мировой ВТ — грозил непредсказуемыми последствиями для отечественных информационных технологий, связанными не только с техническим, но и с цивилизационным отставанием. «Поэтому заимствовать западные технологии и стандарты, ориентироваться на совместимость было абсолютно необходимо, причем опережающими темпами» [5].

Для того чтобы решить задачу совместимости, необходимо и достаточно было точно воспроизвести принципы работы этой системы. И совсем не обязательно копировать архитектуру моделей этой системы. Важно, что использование принципов работы System/360 не нарушает прав интеллектуальной собственности IBM. В самом документе подчеркнуто, что *принципы работы не патентуются, поскольку могут быть реализованы многими способами*. Если бы это было не так, то структура всех ЭВМ одного ряда была бы одинаковой. И в этом случае различие в производительности определялось бы только разной тактовой частотой их работы. Но это не так. Структурная организация самой младшей модели (малой производительности) принципиально отличается от структуры старшей модели (высокой производительности). И ее проектирование представляет не менее сложную задачу, чем проектирование старшей. Другими словами, при проектировании той или иной модели необходимо принятие соглашения относительно элементов структуры, которые обязательны во всех моделях и которые обеспечивают их программную и информационную совместимость. Обязательные элементы формируют *архитектуру системы*. Такое обязательное средство, как система команд, например, обеспечивает свойство *универсальности* архитектуры системы. Совокупность моделей, представляющих собой как бы одну вычислительную машину, определяет такое свойство архитектуры системы, как *эффективность*. Обязательные программные средства в совокупности с обязательными аппаратными средствами и едиными форматами представления данных гарантируют *совместимость*. Обязательные средства контроля

и автоматического восстановления вычислительного процесса обеспечивают свойство *надежности*. Обязательные средства поддержания непрерывности вычислительного процесса определяют *эксплуатационные* свойства архитектуры системы, обязательные системные средства — свойства *многопроцессорности* (до 16 процессоров) и *многомашинности*.

Все остальные элементы не обязательны. Их применение диктуется повышением эффективности каждой отдельной модели и определяет архитектуру каждой модели в отдельности. Следует подчеркнуть: «*архитектуру модели*». Архитектура моделей, составляющих ряд совместимых ЭВМ, не только может быть разной, она принципиально разная. Иначе нельзя построить эффективный ряд. Например, в System/360 использовались как простые архитектуры последовательной организации вычислительного процесса для младших моделей, так и суперскалярные архитектуры для старших моделей. И нынешние утверждения, что модели ряда имели одну архитектуру, а их различная производительность достигалась только настройкой на определенную частоту работы, демонстрируют поверхностное представление о системах совместимых машин. Каждая модель ряда оптимизировалась по своему критерию. И в области архитектуры, и в области оптимизации вычислительного процесса при проектировании отдельных моделей степеней свободы было ровно столько же, сколько их было у разработчиков моделей IBM. И при их выборе решающим был ранее полученный практический опыт разработки, который, как известно, является единственным критерием истины.

Известно, что некоторые разработчики проекта IBM 360 рассматривали ряд моделей с индексом разброса по производительности, равным 50 (младшая модель — 20 тыс. операций в секунду, старшая — 1 млн операций в секунду). Особое сомнение вызывала возможность создания младшей модели. И в решении по этому вопросу мог помочь опыт создания отечественной серии «Минск». Концепция машин этой серии была сформулирована под руководством В. В. Пржиялковского. В ней, в частности, предусматривалась «необходимость применения ЭВМ



ЭВМ «Урал»



ЭВМ «Минск-32»

не только для решения научных задач, но и их широкого применения в народном хозяйстве для обработки социально-экономической информации», что совпадает с концепцией System/360. В то время это было смелое заявление. Поэтому данная задача решалась по частям, постепенно приближаясь на основе опыта к реализации этого постулата в полном объеме. Первая машина второго поколения — это «Минск-2». Базовая система команд, научно-технические и инженерные задачи. Потребовались и новые компоненты для эффективного решения этого класса задач. Например, применена «экономичная система прерываний при работе устройств ввода-вывода». Следующая машина, «Минск-22», была предназначена для обработки деловой информации. При этом развивались компоненты «обработки информации при планово-экономических расчетах». Затем «Минск-23» — «машина с символьным представлением информации, переменной длиной слова и команды, предназначенная для обработки алфавитно-цифровой информации». И наконец «Минск-32» — это уже универсальная вычислительная машина для решения научно-технических, инженерных, логических и планово-экономических задач.

Как можно было не узнать в моделях IBM/360 знакомые черты и сходу их отвергать? Имелся богатейший практический опыт, который вполне мог быть использован. Это с одной стороны. С другой — зачем же разработчикам младшей модели ЕС ЭВМ (а именно они создавали серию «Минск») заниматься копированием, обладая таким опытом?

И если бы создатели моделей ЕС ЭВМ не обладали опытом разработки всего спектра ЭВМ второго поколения, то, может быть, нам и оставался бы один путь — копирование. Но над проектом работали специалисты, разработчики серий М-20, «Минск», «Урал», «Наири» и т.п. Трудно представить, что опытные инженеры вдруг стерли из памяти все свои идеи и перешли на «тупое» копирование при высоких степенях свободы проектирования. Этого они сделать никак не могли. Они же прекрасно знали (сами создавали правила игры), что с самого начала работ были приняты решения о технических стандартах и решения по всему спектру комплектующих, которые должны строго соответствовать нормам, утвержденным в СССР и странах СЭВ. Другими словами, конструктивное исполнение ЭВМ ЕС закладывалось по нормам ГОСТ и комплектующие должны были производиться в СССР и странах СЭВ. Научные знания

и опыт, накопленные в процессе конкретных разработок, аккумулируются и развиваются коллективами, использующими эти знания в новых разработках. Что мешало, например, разработчикам серии «Минск» использовать свой опыт при создании младших моделей ЕС ЭВМ, разработчикам серий «Раздан» и «Наири» — при создании средних моделей? Ничто не мешало, тем более что и главные конструкторы отдельных моделей указанных серий возглавляли разработку первых моделей ЕС ЭВМ. И они воспользовались этим опытом в полной мере.

Они прекрасно понимали, что проект создания техники двойного назначения не мог быть тогда реализован на зарубежной операционной системе (ОС). И наши разработчики отдавали себе отчет в том, что для копирования необходимо воспроизведение всех элементов: архитектуры ЭВМ, конструкции, элементно-компонентной базы, операционной системы и т. д. Действительно, для того чтобы создать точную копию, или, как сегодня говорят, клон, нужно иметь все те же компоненты, которые присутствуют в оригинале. Почему-то это хорошо понимали за рубежом, тщательно блокируя возможность нашего доступа к этим компонентам, и никак не хотят понимать у нас.

Что же оставалось делать нам при создании продукта, подобного по функциональному уровню зарубежному? На этот вопрос точнее всего ответила вышеупомянутая комиссия в докладе президенту США: «Советские специалисты активно развивают направление создания собственных функциональных дубликатов избранных аналогов. В отличие от технологии обратного проектирования, когда стремятся создать точную копию аналога, *функциональное копирование является наиболее слабой формой дублирования*, когда конечный продукт будет функционировать точно так же, как его прототип, хотя и имеет другую структуру». К этому остается лишь добавить, что другой была не только структура (архитектура моделей), но и сопутствующие компьютерные технологии третьего поколения, которые нам пришлось создавать самим. И за годы разработки ЕС ЭВМ многие отечественные компьютерные технологии, особенно производственные, были доведены до уровня зарубежных стран. Но некоторые, например технологии элементной базы, производства специальных



ЭЦВМ «Урал-16»

подшипников, пластмассы с нужными свойствами и др., довести не удалось. И все же выбранный путь был преодолен с опорой на отечественный опыт, отечественные компьютерные технологии, отечественное производственное оборудование и отечественную конструкторскую мысль.

За прошедшие 50 лет в рамках проекта ЕС ЭВМ создано четыре поколения высокотехнологичных средств ВТ. За рубежом пройден путь от IBM System/360 до системы z10 ЕС, составлявших основу мирового рынка ВТ все эти годы. Беспрецедентный случай в истории ЭВМ, который говорит о том, что все эти годы система находилась в процессе постоянного развития в соответствии с растущими потребностями пользователя. Предсказать заранее такое было невозможно. Таким образом, время убедительно ответило на вопрос о научно-техническом и коммерческом уровне выбранного в 1964 г. вектора развития ЭВМ общего назначения — фундамента вычислительной техники.

Проект ЕС ЭВМ

ЕС ЭВМ в зеркале времени

Отечественная ВТ, которая до середины 1950-х гг. сохраняла паритет по мировому уровню, а в некоторых аспектах и превышала его, в 1960-е гг. уже имела ряд серьезных проблем, в том числе и в архитектурно-структурном плане. В то время, когда мы застряли во втором поколении, вокруг уже начался и ускоренными темпами набирал силу новый компьютерный век — век массового производства машин третьего поколения, во многом определивших лицо современного общества. А индустрия ВТ в СССР и в странах СЭВ в 1960-е гг. развивалась в условиях целого ряда проблем и противоречий. Это в первую очередь проблемы, обусловленные плановой экономикой, невозможностью участия в международном разделении труда, а также изоляцией от западных рынков и ограниченными инвестициями. Кроме того, на развитии ВТ в сильной степени сказывалось технологическое отставание, особенно в области микроэлектроники. И все компьютерные направления должны были довольствоваться одинаково скромной, отсталой электронной базой.

Все эти проблемы привели к тому, что, в отличие от Запада, в стране был недостаточный парк ЭВМ, отсутствовал подготовленный пользователь. Не было адекватного западному запросу общества (потребителя) на создание новейшей электронной техники, вследствие чего она слабо внедрялась в сферу жизни общества. И это на фоне того, что на Западе все более мощные аппаратные и программные средства становятся товаром. Эта продукция выпускается в больших сериях, становится

жизненно важной для процветания компьютерной промышленности, и не только компьютерной. Страны — члены КОКОМ обладали огромным преимуществом, их сила в области ВТ во многом зависела от их производственных возможностей. И эта производственная (коммерческая) составляющая жизненно необходима для технического развития. Развитие компьютерной индустрии (как национальной, так и международной) сильно обусловлено компьютерными технологиями, и эта взаимосвязь становится условием технологического первенства. От нее напрямую зависит развитие компьютерных сетей в коммерческой и научной деятельности, а также разработка автоматизированных систем проектирования (САПР) и производство средств ВТ. Фактор массовости коммерческой вычислительной техники стал настолько важным, что КОКОМ поставил на первое место технологии коммерческих машин, за ними — технологии военных компьютеров стран КОКОМ, затем — технологии военных компьютеров стран СЭВ, и на последнем месте стояли технологии коммерческих ЭВМ стран СЭВ. За рубежом никогда не подвергали сомнению наши успехи в области разработки архитектур и программных продуктов. Наоборот, признавали эти успехи и использовали их. Но постоянно подчеркивали, что страны СЭВ слабы в сфере производства компьютеров, поскольку не обладают как соответствующим оборудованием, так и технологиями для серийного выпуска высокотехнологичных средств ВТ нужного качества и в нужных количествах. Научиться разрабатывать и производить такую технику — вот главный смысл, вот главная задача, которая стояла перед разработчиками ЕС ЭВМ. А для этого необходим был решительный шаг от разнообразия к унификации, от моделей с различными принципами работы к серии совместимых машин с едиными принципами работы в соответствии с вектором и темпами мирового развития ЭВМ.

Сегодня очевидно, что отдельные академические споры о преимуществе той или иной архитектуры велись скорее с позиций личностных восприятий, а не на базе комплексного научного и экономического анализа. За дискуссиями о преимуществах той или иной архитектуры в «верхах» скрывались истинные проблемы ВТ. История прошлых десятилетий наглядно показала несостоятельность таких споров. Тем не менее, несмотря на глобальность проекта ЕС ЭВМ, он отвергается целиком на основании сравнения по нескольким параметрам: совместимость, архитектура, надежность, производительность. Неправомерное сравнение, хотя бы потому, что в отечественной практике нет объекта для сравнения. Проект ЕС ЭВМ можно сравнивать только с аналогичными зарубежными системами: IBM 360/370/3080, Amdahl 470 и т.д.

Совместимость

Да, мы стремились к программной совместимости проекта ЕС ЭВМ и систем IBM 360/370/3080 и в этом смысле — к функциональной идентичности. Наш подход ничем не отличался от выбора специалистов многих стран мира, которые, согласившись с предложенным стандартом, стали создавать собственные IBM-совместимые продукты. Совместимость — это закономерный принцип развития информационных технологий (ИТ). Но почему-то этот непреложный факт вызывает неприятие, если дело касается проекта ЕС ЭВМ. «Выгоды от правильной структуризации алгоритмов и полного доведения этого знания до аппаратуры были принесены в жертву совместимости, простоте, эволюционному пути развития» [7]. Сегодня хорошо известно, что архитектура систем IBM 360/370/3080 позволяла осуществлять структуризацию алгоритмов при их взаимодействии с аппаратурой. Этот принцип широко и эффективно использовался при разработке старших моделей как зарубежных систем, так и ЕС ЭВМ.

Совместимость была и остается основополагающим принципом разработки самых массовых компьютеров. Она позволила создать и накопить беспрецедентный объем прикладного ПО. Принцип совместимости, реализованный в проекте ЕС ЭВМ, давал возможность нашим пользователям одинаково успешно применять как отечественные, так и зарубежные достижения, совместно или отдельно использовать как отечественную, так и зарубежную технику без переработки своих программных продуктов. Таким образом, речь шла об использовании не только программных продуктов, но и современных технических средств. К примеру, на Старой площади (в ВЦ ЦК КПСС. — *Прим. ред.*) в вычислительном комплексе ВК 2Р-60 для перестраховки вместо отечественных накопителей на магнитных дисках (НМД) применялись новейшие НМД фирмы BASF. И каких-либо трудностей при этом не возникало.

Глубинный смысл совместимости проекта ЕС ЭВМ, который никто не подозревал и к которому никто не готовился, проявился в 1990-е гг., когда в Россию в массовом порядке стали завозиться системы «second hand» и компоненты систем IBM, тогда оборудование ЕС ЭВМ легко и просто было интегрировано в импортированные системы. В результате этого было продлено существование сотен ранее созданных вычислительных центров, автоматизированных систем и сетевых устройств, благодаря чему был сохранен наработанный задел и не потребовалось новых трудоемких разработок.

Зарубежных экспертов это привело в состояние, близкое к шоку: как советские специалисты смогли создать программные продукты, которые без всяких доработок и настроек устанавливались и работали на зарубежной технике, к которой СССР не имел доступа? А операционные системы без проблем обеспечивали работу всей

поставляемой периферии. Средства ЕС ЭВМ и IBM 360/370 не только успешно соединились, но, так сказать, «породнились» благодаря единой «кровеносной системе» (принципам работы).

Хорошо известно, что НИЦЭВТ, будучи головным по разработке бортовой техники, использовал для БЦВМ опыт создания ЕС ЭВМ. По инициативе генерального конструктора ЕС ЭВМ А. М. Ларионова, его заместителя В. В. Пржиялковского, главных конструкторов В. М. Карасика, А. Ф. Кондрашева и его заместителя В. И. Штейнберга было предложено обеспечить создание бортовых цифровых вычислительных машин (БЦВМ), программно совместимых с моделями ЕС ЭВМ. В последующие годы главным конструктором В. И. Штейнбергом был реализован ряд таких бортовых машин — А-30, А-40, А-50, — ставших основой для бортовых вычислительных комплексов авиационного и мобильного базирования. Это был качественно новый подход в бортовой тематике, сказавшийся на темпе, сроках и качестве разработок специального назначения как у нас в стране, так и в странах СЭВ. Это было сделано впервые в мире. Ценность этого предложения состояла не только в конкретных достижениях, указанных выше. Был выбран верный вектор направления развития бортовой тематики. Спустя 10 лет меморандумом министра обороны США было разрешено использование коммерческих технологий в оборонных программах. Этим технологиям присущи большие объемы потребления, и они имеют сравнительно низкую стоимость при сохранении высокого уровня качества, а также отличаются применением стандартизированных решений. В результате технологии гражданского рынка как более развитого, насыщенного ВТ и финансово эффективного стали применяться в военной сфере. Большинство новейших военных компьютерных систем используют стандарты де-факто и де-юре общегражданских, общепромышленных аппаратных и программных технологий. Это ключевая тенденция, используемая всеми странами мира. В 1990-х появилась концепция разработки и развития бортовой ВТ, получившая название «интегрированная модульная авионика» (ИМА). Принцип совместимости был развит и распространен на все средства, используемые при проектировании, совершенствовании (наращивании) и модернизации бортовых продуктов. В интерпретации рынка лучшие технологические компьютерные достижения, результаты стандартизации из области общегражданских, общепромышленных аппаратных и программных технологий для изделий, применяемых в военных системах, получили наименование COTS (Commercial Off-The-Shelf) — готовые к применению. Концепция COTS подразумевает различное конструктивное исполнение модульных компонентов при наличии нескольких градаций военного исполнения:

- изделия COTS — готовые к применению модули коммерческого исполнения;
- изделия ROTS (Rugged Off-The-Shelf) — готовые к применению модули повышенной надежности;
- изделия MOTS (Military Off-The-Shelf) — готовые к применению модули военного исполнения.

Все исполнения обеспечивают главное — быстрое и качественное создание конечного продукта и его необходимый конкурентоспособный жизненный цикл. Концепция ИМА заставляет разработчика встать на путь использования наиболее распространенных открытых, стандартизованных технологий, адаптированных на уровне механических, логических, электрических и системотехнических международных и отечественных стандартов для создания широкого спектра законченных приложений коммерческого, промышленного и специального применения.

Таким образом, в настоящее время для реализации систем специального назначения в большинстве случаев ставится вопрос о выборе и адаптации ряда конкретных готовых к использованию компьютерных продуктов и технологий (ГИПиТ), а не вопрос создания новой технологии или продукции.

Отечественные разработчики приняли концепцию ИМА и внесли свой существенный вклад в ее развитие. Бортовой технике повезло — не нашлось критиков, как в случае ЕС ЭВМ. Никому в голову не приходит сказать, что по бортовой тематике мы приняли за основу иностранный аналог. В наше время это называется правильно — международное разделение труда. Эффективность этого шага наглядно продемонстрирована всему миру применением бортовых средств авионики, разработанных для наших авиационно-космических систем (АКС) на современном этапе.

Принцип программной совместимости и за рубежом, и у нас в стране позволял переносить огромные массивы разработанной системной и прикладной программной продукции на вновь разрабатываемые машины, экономя время (годы) и труд тысяч программистов для создания нового продукта. На государственных испытаниях ЕС-1066 дополнительно к предусмотренным проверкам проводился прогон ранее разработанных программных продуктов, представленных членами комиссии. Проверялась как сама возможность такого переноса, так и требует ли это специальной доработки и настройки, поскольку критики ЕС ЭВМ не то что высказывали сомнения, а прямо заявляли, что «все надо переписывать». Всего было представлено 44 задания, включавших 110 задач, написанных на всех современных на то время языках высокого уровня (ЯВУ). Задания (вычисление функций с различной точностью, матричные операции, операции битовые со сдвигом, решение систем

уравнений в частных производных и т. д.) были сформированы из эталонного пакета Института прикладной математики (ИПМ) АН СССР, пакетов п/я М-5539, п/я М-5487 и др. Общее время проверки составляло 140 ч. Известная задача из Арзамаса была решена за 14,5 ч. Предыдущая модель, ЕС-1060, решала эту задачу за 80 ч. Кроме того, была продемонстрирована возможность одновременной обработки до 64 задач. Для этого было образовано четыре виртуальных машины, в каждой из которых обрабатывалось в режиме VVT до 16 задач. Работа проходила под управлением отечественной операционной системы, разработанной совместно специалистами СССР и ГДР. Целую неделю комиссия посвятила этим дополнительным проверкам и ничего подобного и даже близкого к тому, о чем сказано выше, не обнаружила. Так проверялась каждая модель ЕС ЭВМ.



ЭВМ ЕС-1060

Архитектура

В первой половине 80-х гг. прошлого столетия за рубежом и у нас в стране были разработаны высокопроизводительные ЭВМ: IBM 3081 (1982 г.), ЕС 1066 (1984 г.) и «Эльбрус-2» (1985 г.). Анализ и сравнение этих разработок дает некоторое представление о достижениях и проблемах отечественной ВТ того периода. Вот как Б. А. Бабаян оценивает эти работы: «Мы выиграли соревнование с НИЦЭВТ, который в то время копировал машины IBM, не являвшиеся суперкаляром. Мы сравнивали с двумя машинами, ЕС-1060 (старая машина, аналог IBM 3033) и ЕС-1066 (самая новая на тот момент машина НИЦЭВТ, аналог IBM 3081). Мы превзошли первую в 10 раз, а вторую в 2 раза на однопроцессорном “Эльбрус-2”, а на двухпроцессорном “Эльбрус-2” — в 5 раз. Это была конкуренция не с НИЦЭВТ, а с IBM, так как они сделали точные (clock precise) копии машин IBM, а технологическая база у нас была одна» [7].

Модель IBM 3081 — это двухпроцессорный вариант серии моделей четвертого поколения системы IBM 3080, построенной по архитектуре с присоединенным

процессором. Присоединенный процессор — это процессор, не имеющий собственного кэша и использующий для доступа к оперативной памяти кэш процессора, совместно с которым он работает. Производительность присоединенного процессора составляет 45% от таковой основного полного процессора. К тому же присоединенный процессор снижает производительность основного на 15%. Архитектура IBM 3083 (однопроцессорный вариант) была развитием скалярной архитектуры IBM 3033. Одной из особенностей архитектуры 3081 является возможность адресации более 16 Мбайт памяти и использование 31-битной адресации вместо 24-битной, как у предыдущих моделей и ЕС-1066.

ЭВМ ЕС-1068.90 — это двухпроцессорный вариант ЕС-1066, построенной по классической схеме работы двух одинаковых процессоров на общее поле оперативной памяти. Архитектура ЕС-1066 обладает многими механизмами суперскалярных компьютеров: конвейер на восемь станций (ступеней), несколько исполнительных блоков параллельного исполнения команд, предсказание ветвлений с одновременной буферизацией трех потоков команд, технология динамического преобразования адресов, буферы быстрого преобразования адреса, т.е. кэш адресов, — оставаясь все же скалярной.

Архитектура «Эльбруса-2» — суперскаляр. Эта архитектура была известна задолго до создания «Эльбруса». Ее использовали корпорации CDC и Burroughs, а также IBM в модели IBM 360/91 еще в середине 1960-х гг. Это вовсе не означает, что все проблемы данной архитектуры были решены. Применение суперскаляра не только сужает диапазон использования ЭВМ общего назначения, переводя ее из зоны универсального класса в специализированный, но и требует значительного дополнительного оборудования, увеличивает стоимость и энергопотребление. Поэтому данная архитектура не использовалась в проекте ЕС ЭВМ. В 1972 г., промоделировав суперскаляр центрального процессора IBM 360/91 [9], мы уже знали,



ЭВМ «Эльбрус-2»

что «механизм, который позволял переставлять операции, был все-таки очень сложным. При пяти-шести арифметических устройствах он не “тормозил”, а когда их стало 10–15–20, он уже не успевал, “захлебывался» [10]. Мы знали также, что дело не только в количестве арифметических устройств, а и в ограниченности архитектуры SISD. С развитием структуры ЭВМ этой архитектуры становятся определяющими факторы, приводящие к нарушению непрерывности потока команд и данных. И в этой связи в значительной мере возросло влияние таких параметров, как логическая зависимость команд, прерывания, ветвления, конфликтность, взаимное влияние уровней обработки запросов, стратегия распределения исполнительных ресурсов и стратегия управления. Суперскаляр «захлебывается», когда логическая зависимость команд достигает 5–6 команд. Если в 1960-х гг. применение этой архитектуры было оправданно требованиями таких «монстров», как Лос-Аламос и НАСА, готовых на любые издержки ради решения своих задач, то к 1980-м гг. архитектура SISD исчерпала себя, а высокой производительности стали добиваться другими способами. И заявления, что за рубежом архитектура суперскаляра не применялась потому, что там до нее додумались только в 1995 г., является по меньшей мере лукавством. Действительно, в это время Intel реализовала суперскаляр в микропроцессоре. Тем самым она не избрала, а увековечила итог развития архитектуры SISD, одного из величайших достижений человеческой мысли. Сделала его всеобщим достоянием, доступным для дальнейшего широкого и разумного использования. Технология элементной базы к тому времени достигла такого уровня, что вполне позволяла это сделать.

Производительность IBM 3083 (однопроцессорный вариант), по самым скромным подсчетам, в 1,35 раза выше «Эльбруса 2» и в 3 раза выше ЕС-1066. Проверили на знаменитой задаче из Арзамаса. Время ее решения на ЕС-1066–14,5 ч (акт государственных испытаний), на «Эльбрусе-2» — 7,25 ч [7], а IBM 3083 должна решать эту задачу за 3,2 ч, т. е. в 2,24 раза быстрее. Кроме того, IBM 3083 — одна стойка, ЕС-1066 — 3 стойки, а «Эльбрус-2» — 6 стоек (для всех машин взята центральная часть). Большую роль в успехе серии IBM 3083 сыграло творческое и рациональное отношение к разработке. Перед разработчиками стояла дилемма: либо два полных процессора в двух стойках, каждая из которых на треть не заполнена (это давало бы возможность получить максимально возможную производительность двухпроцессорной модели), либо заполнить это свободное место. Но чем? Они придумали процессор без памяти — присоединенный процессор — и получили в двух стойках 4-процессорный (IBM 3084), а в одной стойке — 2-процессорный вариант (IBM 3081), пусть и с несколько пониженной производительностью по сравнению с двухстоечной машиной. Однако,

разместив в двух стойках 4-процессорный вариант, разработчики окупили потери одностоечного варианта. Но прежде всего результат IBM, конечно, достигнут за счет применения технологий четвертого поколения.

Под каким микроскопом увидели в машинах проекта ЕС ЭВМ точные копии (clock precise) моделей фирмы IBM вообще и в ЕС-1066 копию модели 3081 в частности?

Создание конкретных компьютеров — это, безусловно, важный и естественный процесс развития ИТ. Но более важным является создание этих компьютеров в соответствии с научными, техническими и экономическими закономерностями развития ИТ-систем. Важно определить вектор развития и целенаправленно поддерживать это направление, перекидывая мост в будущее поколение, создавая для этого необходимые предпосылки. И проект ЕС ЭВМ блестяще справился с этой задачей.

Первым принципом блестяще воспользовались при проектировании серии машин IBM 3080. Вторым — тогда, когда вместо архитектуры SISD начали реализовывать архитектуру SIMD, а затем — MIMD. Похоже, у нас многие поверили в то, что разработка архитектуры — простой перебор вариантов в поисках наилучшего. «Вычислительная техника — это схема архитектуры из конечного числа дискретных компонентов. Их много, но конечное число. Теоретически конечное число дискретных элементов имеет конечное число реализаций, хотя и баснословно большое. Из этого конечного числа реализаций — одна наилучшая. Ее просто надо найти» [10]. И еще: «Архитектура — это дом». Архитектура — скорее стиль, объединяющий разнообразные дома, отражающие тем не менее единую идею строительства. Уже по одному этому условию число реализаций существенно ограничено. Такая трактовка понятия архитектуры, очевидно, навеяна высказыванием знаменитого физика Людвиг Больцмана и его печатающими обезьянами. Он утверждал, что все во Вселенной, в том числе и *сложность*, произошло чисто случайно. И поэтому бесконечно долгое одновременное печатание тысячи обезьян рано или поздно приведет к желаемому конечному результату. Например, к отрывку из текста «Гамлета». Однако лучшее, что удалось создать таким образом, — это «Вавилонская библиотека» (рассказ Х. Л. Борхеса), содержащий *вымышленные* бессмысленные тексты. Дело в том, что, какое бы упорядоченное или сложное поведение ни зарождалось, оно, скорее всего, будет разрушено следующим нажатием клавиши. Больцман и сам признавал ошибочность своего постулата, но в нем есть зерно истины. Если бы этот текст не просто печатался, а вводился в компьютер, то компьютер мог бы рано или поздно интерпретировать эту бессмыслицу как некую программу. Классификация Флина и была такой программой, наметившей магистральный путь развития

вычислительной техники от последовательной обработки информации к массово-параллельной. И первым, кто отказался от архитектуры SISD в пользу SIMD, был Сеймур Крэй, оставивший в 1972 г. работу в CDC и организовавший собственную компанию Cray Research, которая занялась проектированием сверхбыстродействующей ЭВМ, известной под названием Cray-1. Первый экземпляр Cray-1, самый высокопроизводительный продукт ВТ на то время, в 1976 г. был установлен в Лос-Аламосской национальной лаборатории. Затем были созданы машины Cray-X-MP (1982 г.), Cray-2 (1985 г.), Cray-Y-MP (1988 г.) и Cray-3 (1993 г.), каждая из которых открывала новые горизонты для решения высокопроизводительных задач, ставя рекорды по производительности. Обогнав Запад по архитектуре, «Эльбрус-2» ни тогда, ни позже не достиг производительности ЭВМ Cray.

Хочется особо подчеркнуть, что дело не в машине «Эльбрус-2» и не в ее архитектуре. Это была ЭВМ с собственной ОС и оригинальной архитектурой, создаваемая для определенных целей и конкретного заказчика. Дело в том, что «Эльбрус-2» не стал и не мог стать коммерческим проектом.

Долгая борьба за повышение производительности, которая началась с последовательного порядка выполнения команд, продолжалась попыткой организации параллелизма в рамках одного процессора, в настоящее время вышла на устойчивый магистральный путь глобальной параллельной обработки информации. При создании электронно-вычислительных средств супервысокой производительности превалирующей стала архитектура MIMD. Используя все преимущества современной микропроцессорной технологии, архитектура MIMD дает большую гибкость по сравнению с другими архитектурами. При наличии адекватной поддержки со стороны аппаратных средств и программного обеспечения суперкомпьютер может работать как однопользовательская система, обеспечивая высокопроизводительную обработку данных для одной прикладной задачи, или как многопрограммная машина, выполняющая множество задач параллельно, или как некоторая комбинация этих возможностей. Реализация архитектуры MIMD открыла новую главу в решении *главной научной проблемы классических компьютеров — резкого повышения уровня производительности, поставив в повестку дня новую научно-техническую задачу на ближайшую перспективу — задачу создания вычислительных систем экзафлопсного уровня производительности*. Организация вычислительного процесса перспективного суперкомпьютера — это комплексная задача (единая технология) разработки архитектуры, системного программного обеспечения и прикладных приложений. Увеличение числа ядер, по мнению экспертов, не единственный путь повышения

производительности. Этой же цели служат такие свойства архитектуры, как гибридность, гетерогенность, иерархичность, мультитредовость, масштабируемость, отказоустойчивость, энергоэффективность. Отечественные конструкторы работали и работают над такими архитектурами. А IBM благодаря целенаправленности и настойчивой последовательности, судя по рейтингу TOP-500, и здесь занимает лидирующее положение. Вернее, настойчивость и целеустремленность проявляются в том, что IBM проводит полномасштабные НИР по всем направлениям возможного развития ВТ. И если по каким-то причинам мы не можем проводить такие работы, то хотя бы следует ориентироваться на результаты этих НИР. В международный список самых высокопроизводительных компьютеров TOP-500 (июнь 2017 г.) попали 169 суперкомпьютеров из США, 160 — из Китая, по 17 — из Великобритании и Франции, 33 — из Японии, 28 — из Германии. Российский компьютер всего лишь на 49-м месте в мире. По этим данным можно судить, как развивалась отечественная компьютерная отрасль, обогнавшая по архитектуре еще в 1985 г. все мировые страны на 17 лет.

Достижение предполагает открытие новой перспективы. В области универсальных вычислений достижения ЕС ЭВМ, например, открыли перспективу массовой компьютеризации страны и создания, а главное, широкого использования больших систем (федерального уровня) различного применения. Уже в то время было ясно, а сейчас совершенно очевидно, что специализированные архитектуры при всей безусловной их необходимости в силу чисто экономических и рыночных закономерностей принципиально в общегосударственном масштабе не могут заменять универсальные ИТ-архитектуры.

В 1985 г. на базе ЕС-1068.90 был разработан высокопроизводительный комплекс ЕС-1066.17 (главный конструктор Ю. С. Ломов). Производительность в базовой комплектации (четыре матричных процессора ЕС-2706) составляла 200 млн операций в секунду. Комплекс допускал присоединение до 16 устройств ЕС-2706. В этот же период в Киеве была разработана ЕС-1766 (макроконвейерная архитектура) (главный конструктор С. Б. Погребинский) с производительностью, которая при использовании 256 устройств оценивалась в 2 млрд операций в секунду. Разработан мультипроцессор динамической архитектуры ЕС-2704 (В. А. Торгашёв, В. У. Плюснин) с производительностью 100 млн операций в секунду. Эти разработки не существовали виртуально. Все эти машины прошли Государственные испытания. Более того, они производились. К этому следует добавить работы И. В. Прангишвили, М. А. Карцева, А. В. Каляева и др. Так что утверждения, что в области высокопроизводительных вычислений кроме «Эльбруса-2» у нас ничего не было и путь на Олимп

нам был закрыт [6] принятым в 1967 г. решением, опровергаются конкретными отечественными разработками. Путем разработки специальных устройств с суперконвейерной архитектурой и присоединения их к ЭВМ общего назначения в те годы шли многие зарубежные фирмы, включая и IBM, для создания систем суперпроизводительности.

В ряд суперкомпьютерных проектов того времени входит разработка продукта, подобного компьютерам Крэй, — «Электроники СС-БИС» (главный конструктор В. А. Мельников).

Технология

Технологии создания ЭВМ насчитывают несколько десятков позиций. Очень важно, чтобы архитектурный проект был соотнесен с технологическими возможностями. Яркой иллюстрацией этого является следующий пример. Еще в 1960-х гг. Э. В. Евреинов и Ю. Г. Косарев в монографии «Однородные универсальные вычислительные системы высокой производительности» выдвинули идею построения ЭВМ с параллельной архитектурой. Что это, как не массово-параллельная архитектура современных супер-ЭВМ? Сколько усилий Эдуард Владимирович прилагал для того, чтобы доказать эффективность этой архитектуры сначала на аппаратуре второго поколения в Минске (использовались ЭВМ серии «Минск»), затем в Москве в НИЦЭВТ (на ЭВМ серии ЕС), но ничего из этого не получилось. Однако по мере развития элементной базы и технологий программирования эта идея приобретала черты практической реальности. Полностью реализовать идею стало возможным только в наше время, на современном этапе развития компьютерных технологий.

Не бывает так, что завтра мы начинаем разработку ЭВМ нового поколения, а сегодня уже готовы все технологии этого поколения. На момент начала разработки проекта ЕС ЭВМ в СЭВ технологий



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

для создания ЭВМ третьего поколения не существовало. Проблемы технологии того периода достаточно подробно и основательно рассмотрены Главным конструктором ЕС ЭВМ в ГДР Хансом-Георгом Юнгникелем в работе [8]. В данной статье проблемы технологии рассматриваются только в плане разработки вышеупомянутых ЭВМ.

Разработка, освоение и эффективное использование ЕС ЭВМ стало важной государственной задачей, к решению которой было привлечено более 60 организаций академий наук, промышленности и учебных заведений стран — участниц соглашения. Этими организациями создавались технологии всех отечественных ЭВМ третьего поколения. Но в большей степени их использовал проект ЕС ЭВМ, поскольку по нему делалась вся внешняя номенклатура, внешние запоминающие устройства (ЗУ), системы телеобработки и интеллектуальные абонентские пункты. Одним из достижений проекта ЕС ЭВМ является то, что в процессе разработки были созданы и доведены до уровня зарубежных стран многие компьютерные технологии. Прежде всего это касается производственных технологий. По существу, были созданы новые производства, способные выпускать высокотехнологичную продукцию крупными сериями. Что касается элементной базы четвертого поколения, то во второй половине 1980-х гг. удалось запустить только производство матричных БИС, строящихся на основе универсальных логических базовых матриц по технологии энергетически насыщенных ЕСЛ. И то только потому, что их конкретная функция самостоятельно программируется разработчиком ЭВМ. Так что за уровень наших ЭВМ на базе разработанных к середине 1980-х гг. технологий третьего поколения мы были относительно спокойны. Хотя бы потому, что мы видели, как заволновались там, за рубежом. В частности, фирма CDC предлагала пересмотреть ограничения эмбарго, которые потеряли смысл из-за высокого технического уровня ЕС ЭВМ [8]. И позиции ЕС ЭВМ только усилились после разработки моделей ЕС-1055 и ЕС-1066.

Переход на элементную базу четвертого поколения сопровождался некоторым кризисом, вызванным матричными БИС — единственным, что было в нашем распоряжении. Матричные БИС плохо ложились на структуры компьютеров с архитектурой CISC и позволяли проектировать по так называемой наобумной логике (когда структура разрезается на матричные заготовки без какого-либо научного обоснования). Зарубежные страны по-разному выходили из этого положения. В то время, например, появилась архитектура RISC, которая менее критична к применению матричных БИС. За рубежом уже было разработано несколько машин четвертого поколения: серии 470 и 580 фирмы Amdahl, ЭВМ M200H фирмы Hitachi и ЭВМ серии

4300 корпорации IBM. В этих ЭВМ на БИС использовались различные типы конструкций: кассетный (ЭВМ серий 4300 и M200H), плоскостной (ЭВМ серии 470), этажерочный (ЭВМ серии 580). К тому времени и наши технологии позволяли реализовать подобные типы конструкций. Но мы пошли по пути максимального снижения многочисленных проблем при проектировании на матричных БИС и разработали технологию линии ЕС-1087 — ЕС-1181, моделей четвертого поколения [11]. IBM в моделях серии 3080, наоборот, обратилась к беспрецедентному усложнению технологии, справедливо считая, что правильный выход из создавшейся проблемной ситуации только один — создание БИС с осмысленной регулярной логикой, т.е. микропроцессоров. И они сделали шаг в этом направлении, разработав сложную промежуточную структуру — керамический модуль TCM100 (Thermal-Conduction Module). Сколько лет IBM работала над этой технологией — неизвестно, но если бы мы начали подобную разработку, то, точно теперь известно, закончили бы ее тогда, когда она уже никому не нужна. Вся технологическая сложность заключалась в специальной керамике с 33 слоями, где размещалось 118 голых чипов (flipchips), каждый из которых содержал 121 контакт. Модуль соединялся со следующим уровнем конструкции с помощью 1800 шариковых выводов. Этот уровень имел 36 тыс. контактов, которые по бонд-технологии (flip chipmontage) контактировали с модулями TCM100. И хотя энергопотребление по отношению к IBM 360/3033 было снижено с 68 до 23 кВт, отвод тепла от чипов TCM не обеспечивался воздушным охлаждением. В модели IBM 370/3081 применяется водяное охлаждение. Новая базовая технология позволила достигнуть цикла 26 нс на процессор. Каждый процессор IBM 3081 работал на высокой тактовой частоте, почти 38,5 МГц, и был быстрее 3033 (тактовая частота 17,24 МГц) в 2,1 раза в однопроцессорном варианте и в 3,0 раза в двухпроцессорном. Кроме того, данная технология позволяет в рамках одной конструкции легко установить несколько процессоров, поэтому три модели серии IBM 3080 появились одновременно.

Никто в мире не смог повторить эту технологию. С ее помощью IBM обошла нас по производительности настолько, что, даже применив самую сложную технологию, на которую мы были тогда способны, достигнуть такой производительности все равно не удалось бы. Проиграв в производительности, мы выиграли в простоте, создав конструкцию ЭВМ четвертого поколения, не требующую водяного охлаждения. Более того, мы отказались от централизованного воздушного охлаждения. Большие (старшие) машины ЕС ЭВМ приблизились по эксплуатационным требованиям к персональным ЭВМ.

Надежность

Как уже упоминалось выше, еще в планах народно-хозяйственного развития на 1966 г. было предусмотрено создание «комплекса типовых *высоконадежных* информационных вычислительных машин». Что машины должны быть высоконадежными, подчеркивалось особо. Очевидно, это требование появилось из опыта эксплуатации ЭВМ первого поколения. Достаточного опыта эксплуатации ЭВМ второго поколения еще не было. Представление о надежности машин второго поколения можно получить из свидетельства космонавта Георгия Гречко. В своих воспоминаниях «Цитаты из жизни» он рассказывает о своем опыте работы на ранних БЭСМ: «Скорость маленькая, память ужасная, барабаны большие. Все время возникали биения, головки цеплялись за барабаны. Сдирали магнитный слой. Лампы перегорали. Это была ламповая машина. Всего того, что было предназначено для охлаждения, не хватало. Программы на перфолентах. Приходили на работу — в одном кармане дырокол, чтобы пробивать дырочки, которых не хватало. В другом кармане — клей. Даже зимой ночью были открыты все окна, работал вентилятор, который хотелось выключить. Но висела табличка: “Вентилятор друг труда, пусть работает всегда”. Мы работали в верхней одежде». И в таких условиях научили ракеты попадать в цель.



Зал накопителей на магнитных барабанах

Требование высокой надежности не было «благим» пожеланием. Оно появилось на основании научного прогноза, который исходил из следующего. В Советском Союзе и странах СЭВ не было достаточного опыта разработок на монолитных интегральных схемах (ИС) необходимой надежности. Ориентировались на американские данные, по которым надежность ИС приближалась к надежности транзистора. Это значит, что вся структура ИС, состоящая из 15–20 приборов, ведет себя как один компонент и надежность ИС примерно равна надежности планарного транзистора. В работе [12], например, на середину 1967 г. прогнозировалось, что интенсивность отказов понизится до $1 \cdot 10^{-8}$ 1/ч. До этого она

у разных фирм составляла от $4,4 \cdot 10^{-4}$ до $1,1 \cdot 10^{-7}$ I/ч. При этом в системах, построенных на ИС, надежность должна повышаться за счет следующих факторов:

- уменьшается общее число компонентов;
- уменьшается число малонадежных соединений;
- уменьшается объем ручного монтажа;
- сокращается число поставщиков компонентов;
- снижается мощность, рассеиваемая в системе;
- уменьшается число компонентов, подвергающихся механическому износу, за счет улучшения механических конструкций.

Прогнозировалось (аванпроект по проекту Ряд), что применение монолитных ИС снизит стоимость вычислительных устройств (процессоров) в 3–5 раз по сравнению с вариантом построения устройств на дискретных компонентах и повысит их надежность примерно в 30 раз. Но это только прогноз. Достичь этих показателей практически невозможно. Во-первых, не только указанные факторы влияют на надежность. Во-вторых, по большому счету для этого надо создать высокотехнологичное серийное производство монолитных ИС и компонентов для них. При этом надежность ИС, в свою очередь, зависит от многих факторов. Даже IBM на начало производства моделей System/360 не смогла наладить выпуск нужного количества монолитных микросхем. «IBM оставила в стороне интегральную схему, а вместо нее использовала технологию изготовления толстопленочных логических интегральных схем, которые, грубо говоря, находились между интегральной схемой и транзистором» [1]. И наконец, каждое новое поколение меняет полностью культуру производства и эксплуатации ЭВМ. Меняет правила и требования при изготовлении электронных устройств, а также при проведении профилактических и ремонтных работ, требования к обслуживающему персоналу. Для машин первого и второго поколений это было не так критично. Для ЭВМ третьего поколения несоблюдение этих требований стало настоящим бедствием. До такой степени, что в некоторых организациях считали ЭВМ второго поколения надежнее компьютеров третьего поколения и «предпочитали использовать старую добрую БЭСМ-6 пятнадцатилетней давности. Дело в том, что работать на ЕС-1060 в дневное время было практически невозможно — постоянные “зависы”, в то же время любое зависание БЭСМ-6 рассматривалось как ЧП, настолько они были редки» [6]. Вот это замечание «в дневное время», когда в машинном зале появляется много людей, понятия не имеющих о новых требованиях и правилах, и определяет в данном случае суть проблемы. Выходом из этого положения было введение пакетной обработки, что соответствовало более современному (более эффективному) характеру решения задач и новой организации работы



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

машинных залов. Так что, перефразируя А. Ахматову, можно сказать: «когда б вы знали, из какого сора» растет надежность... Здесь все важно.

Механизмы повышения надежности закладываются еще на стадии разработки архитектуры. Архитектурные свойства надежности при проектировании моделей ЕС ЭВМ с учетом отечественной и мировой практики связаны с обязательным применением специальных аппаратно-программных средств:

- гибкой системы обработки машинных ошибок (контроль по четности, контроль по четности с предсказанием четности, контроль по mod 3, контроль дублированием, анализ недействительности кодов, корректирующие коды);
- обнаружения и исправления ошибок;
- прогнозирования отказов;
- поддержания (восстановления) непрерывности вычислительного процесса при случайных сбоях для процессора (повторение всех команд, повторение прерываний, средства обеспечения толерантности);

- поддержания (восстановления) непрерывности вычислительного процесса при случайных сбоях для процессора ввода-вывода (аппаратно-микропрограммное повторение операций ввода-вывода, повторение команд на уровне канал — устройство управления);
- восстановления в составе сервисной операционной системы пульта управления (поддержка команды ДИАГНОЗ, обработка машинных ошибок, возможность восстановления микропрограмм, формирование логаута и развертка логаутов в виде кадров пульта управления);
- восстановления операционной системы в процессоре (МСН) и в каналах (ССН);
- динамического преобразования адресов, позволяющего изолировать одну программу от другой при совместном использовании одних и тех же ресурсов.

Машины второго поколения не обладали и не могли обладать таким набором архитектурных свойств надежности. И в этом плане архитектурная надежность ЭВМ третьего поколения выше по потенциалу машин второго поколения.

Но надежность ЭВМ зависит не только от свойств их архитектуры. Как уже упоминалось, на момент начала разработки проекта ЕС ЭВМ технологий для создания ЭВМ третьего поколения в нашей стране не существовало. Их приходилось создавать и отрабатывать параллельно с разработкой моделей, что, безусловно, влияло на параметры надежности ЭВМ. И наша задача состояла не только в том, чтобы создать эти технологии, но и в решении более сложной проблемы — доведения их до уровня, сравнимого с мировым.

И в первую очередь это касалось создания полупроводниковой элементной базы, которая является основополагающей для вычислительной техники. А ключевым моментом для создания современных интегральных схем является наличие производственного оборудования (например, литография) и материалов (например, порошковый кремний, фоторезист). Оборудование для полупроводников является очень сложным. Для того чтобы выдерживать экономическую конкуренцию, производитель современных интегральных схем должен непрерывно модернизировать технологическое оборудование. Тем более что для вычислительных систем требуются интегральные схемы с более высокими характеристиками, например радиационно-стойкие и противостоящие индуцированным электромагнитным импульсам. А для этого приходится изменять принципы конструирования и отдельные технологические стадии, хотя основное оборудование остается таким же, как применяемое в промышленности. А это, в свою очередь, требует огромных капитальных затрат.

«Законодателями мод» этой базовой технологии ЭВМ в то время являлись Япония и США. «По сведениям одного из экспертов российского МЭП, работавшего в свое

время генеральным директором крупного НПО, преимущество американцев всегда заключалось в огромных инвестициях в электронное машиностроение. В США были и остаются совершенно секретными не столько технологические линии производства электронных компонентов, сколько оборудование по созданию этих самых линий» [3]. Опираясь на эти технологии и имея при этом неограниченный доступ к мировым научным ноу-хау, достаточные вычислительные мощности для проверки и оптимизации проектных решений, системы автоматизации проектирования, за рубежом разрабатывали ЭВМ, которые тут же становились эталоном, поднимающим планку ВТ на новую высоту, в том числе и по параметрам надежности.

Корпорация IBM использовала собственную оригинальную элементную базу для своих нужд, которая не поступала в продажу на мировых рынках. Например, отечественная электронная промышленность для ВТ третьего поколения ориентировалась на схемы среднего уровня интеграции. Несмотря на видимые успехи в их создании, они все же не дотягивали до уровня мировых образцов как по параметрам, так и по уровню интеграции. И это отставание с годами становилось все ощутимее. Анализ причин недостаточных темпов развития микроэлектроники показал, что отсутствие современного оборудования и качественных материалов предопределяет невозможность производства ИС удовлетворительного качества. ИС не работали не потому, что ставились на платы «с американской топологией» (такое и в голову не могло никому прийти), и не потому, что их «параметры не дотягивали до аналогов», а в силу слабого качества их изготовления. В этом плане разработчика особенно мучили проблемы корпусирования, вернее проблемы с пластмассой для корпусов микросхем. Недостаточные параметрические характеристики можно было компенсировать усложнением организации вычислительного процесса при разработке структуры ЭВМ. Тем более что стационарные ЭВМ не так критичны к массогабаритным показателям, как БЦЭВМ (бортовые цифровые ЭВМ). А вот для компенсации надежности параметров приходилось проводить многолетнюю и трудоемкую работу, направленную на ликвидацию первопричины слабой надежности элементной базы, которая включала сбор и анализ статистики отказов, эксперименты, тестирование и бесконечные совещания с производителем микросхем по выработке планов мероприятий.

Интегральные схемы того времени в пластмассовом корпусе «пробивались» и отказывали «от любого ветерка»: возмущения на солнце, статического электричества, синтетического белья, включения-выключения электропитания и т.д. Конструкция моделей ЕС ЭВМ экранировала внешние воздействия, но при открытых шкафах, например, при наладке в цеху, при профилактике в машинном зале частота отказов увеличивалась

многократно (помните — в дневное время). Как с этим бороться? Были разработаны специальные наладочные технологии, которые, в частности, предусматривали заземление наладчиков (они, по существу, были прикованы к стойкам) и рекомендации по их одежде. Кроме того, были разработаны и внедрены специальные технологии входного контроля и электротермотренировки электронной компонентной базы перед установкой. Были разработаны и внедрены специальные ударно-вибрационные стенды. И наконец, автоматизированные модули на протяжении всего процесса производства контролировали состояние элементной базы и отбраковывали проблемные элементы.

Хотя разработка и производство полупроводниковой элементной базы являются ключевыми для ВТ, не менее важными представляются и определяющие виды технологий. К ним, например, относятся:

- технологии базовой упаковки (платы, кабельные изделия, разъемы, корпуса микросхем и т.д.);
- технологии создания новых материалов и новых компонентных ингредиентов;
- технологии запоминающих устройств (ЗУ) на магнитных дисках со всей совокупностью технологий производства пакетов или технологии ЗУ на магнитных лентах и оптические ЗУ;
- технологии создания всей совокупности программного и математического обеспечения;
- технологии автоматизации проектирования (системы автоматизации проектирования, САПР), разработки конструкций, рассеивания тепла, технологии дизайнерской эстетики и создания удовлетворительных пользовательских характеристик. И многие, многие другие.

И для создания современного высокотехнологичного продукта вычислительной техники обязательным условием является то, что все эти многочисленные технологии должны соответствовать мировому уровню. В этой работе участвовали не только компьютерщики, но и десятки научно-исследовательских институтов фундаментальной науки, с которыми предметно работал и НИЦЭВТ через тематические институты прикладной науки по тематике ЕС ЭВМ. Надежность ЭВМ третьего поколения обеспечивалась как архитектурной составляющей моделей ЕС ЭВМ, так и их реализацией на интегральной элементной базе. Повышению надежности способствовал переход от компьютерных технологий второго поколения (навесной монтаж, ручная пайка, визуальный контроль и т.д.) к технологиям третьего (многослойные печатные платы, пайка волной, сначала накрутка навесного монтажа, затем большие печатные платы, плоский кабель и т.д.) [11]. А также внедрением автоматизированных линий

и гибких роботизированных производств сборки и контроля закладывалась производственная составляющая надежности. Все это вместе взятое позволило, например, поднять в 3 раза надежность ЭВМ ЕС-1061 по сравнению с ее предшественницей ЕС-1060, а кроме того, довести качество продукции до такого уровня, когда после ее изготовления требовалась не наладка изделия, а тестирование и проверка на соответствие техническим условиям (ТУ), когда ЭВМ начинает работать у пользователя сразу после монтажа и включения питания. Но для этого потребовалось более 10 лет целенаправленного, напряженного совместного труда ученых, схемотехников и конструкторов НИИ, а также технологов и других специалистов заводов.

В результате всех усилий по повышению надежности отечественных ЭВМ был разработан ГОСТ, который устанавливал следующие требования по надежности для компьютеров общего назначения:

- для ЭВМ с производительностью до 20,0 млн команд в секунду и памятью не менее 8 Мбайт — 750 ч с 01.07.89, 1000 ч с 01.01.91, 2000 ч с 01.01.93;
- для ЭВМ с производительностью выше 20,0 млн команд в секунду и памятью не менее 32 Мбайт — 500 ч с 01.07.89.

Неужели можно вполне серьезно утверждать, что все это ничего не стоит по сравнению с отечественными технологиями разработки и производства ЭВМ второго поколения? Неужели что-то стоит за заявлениями, что ручное производство ЭВМ второго поколения обеспечивало более высокую надежность, чем автоматизированные технологии производства ЭВМ третьего поколения? Только если потерять реальную почву под ногами или впасть в состояние глубокого сна разума.

Средства повышения надежности ЭВМ — объективная и необходимая составляющая архитектуры современных ЭВМ. Развитие этих средств — бесконечная и упорная борьба за надежность, которая начинается на стадии выбора архитектуры и проектирования конкретного образца, продолжается на производстве и в машинном зале пользователя. Она не затихает ни на секунду. Она продолжается и в наши дни, меняется лишь тактика. С ростом производительности ЭВМ возрастает цена простоя. В связи с этим основной упор делается на поддержание непрерывности вычислительного процесса. Хорошей иллюстрацией этого служат средства восстановления ЭВМ ЕС-1066 [11], а также IBM 3081 и z10 EC. Система «3081 обладала «двойной» архитектурой, т.е. у нее было два процессора, которые делили один и тот же кэш. Их нельзя было разбить на два компьютера, поскольку они были неделимы. Однако операционная система была настолько сложной, что даже если бы один из процессоров вышел из строя, система продолжала бы работать. Приложение, использовавшее дефектный процессор, дало бы сбой, но так

аккуратно, чтобы операционная система опознала бы сбой и отправила его в нужное место для “вылетевших” приложений (мы отслеживали его в консоли ОС и исправляли сами либо перенаправляли проблему команде поддержки). Я не хочу этим сказать, что процессоры IBM 3081 постоянно ломались, напротив, это происходило редко. А вот устройства памяти с прямым доступом (DASD) довольно часто выходили из строя, хотя чаще всего сбои происходили, когда нам приходилось выключать их питание и периодически проводить резервирование. Такое поведение было ожидаемо, и у нас всегда были запланированы “дыры” в расписании для ремонта особо проблематичных устройств. Как правило, лишь один-два из нескольких сотен DASD выходили из строя во время каждого выключения питания» [1].

А вот так проблемы надежности решены в системе z10 EC: «Даже если забыть на мгновение о поразительной производительности и гибкости System z10 EC, то все равно потрясает надежность этих машин. К примеру, они обладают функцией lock-stepping, когда каждая ориентированная на результат команда запускается дважды и результаты сравниваются, чтобы убедиться в их аналогичности. Если результаты получаются разными, то команда выполняется повторно и компьютер пытается определить, где произошла ошибка. Он может даже передавать “на лету” инструкции другим процессорам, таким образом, исключая негативное влияние ошибки — если смотреть со стороны пользователя. Более того, при использовании кластерной технологии Parallel Sysplex (кластеризация до 32 мэйнфреймов в единую логическую единицу) можно обновлять все программное и аппаратное обеспечение на любом мэйнфрейме без какого-либо простоя и приостановки работы» [1]. Впечатляет, нет? Не хотелось бы скопировать? Или лучше, опираясь на этот опыт (учиться не стыдно), создать что-то свое, подобное? В конце концов, у нас большой опыт создания «надежных систем из ненадежных элементов». Системы z10 EC эксплуатируются и, возможно, продаются до сих пор. Во всяком случае, в 2010 г. еще продавались. Отечественный пользователь был лишен удовольствия поработать на чем-то подобном, поскольку развитие нашей вычислительной техники было приостановлено в начале 1990-х гг. в связи с известными событиями.

Для поколения компьютерщиков, выросших на ПЭВМ и всевозможных гаджетах и считающих, что проблема надежности решена, для справки приведу показатели надежности современных суперЭВМ. «Оценки, полученные различными экспертами, показывают, что следование применяемым в настоящее время технологиям приведет к тому, что в 2020 г. система производительностью 1 эксафлопс будет иметь следующие показатели надежности: длительность наработки на отказ: не более нескольких минут (возможно, меньше)» [13]. Можно, конечно, устроить «саботаж» таким

разработкам и вернуться к «старым милым» БЭСМ-6, но вот сколько миллиардов этих установок потребуется для того, чтобы выполнить ту работу, которую выполняет суперЭВМ за несколько минут, если даже все БЭСМ-6 будут работать круглосуточно без отказов целый месяц? Да и площади для их размещения потребуются значительно больше. Значительно увеличится и потребление энергоресурсов.

Заключение

Наверное, отсутствие в отечественной практике больших комплексных проектов породило практику оценивать достижения ВТ-систем в основном на основании лишь отдельных свойств или технических параметров. Они представляются решающим критерием оценки ценности для общества создаваемого высокотехнологичного продукта ВТ. Архитектуры ЭВМ, которыми увлекались в нашей стране и на которых основывались все наши достижения, — лишь одно из средств, одна из технологий для создания компьютерной промышленности. Это ограниченные оценки. К сожалению, такое явление, как оценка проектов по отдельным параметрам, сохранилось до сих пор, о чем свидетельствует современная критика проекта ЕС ЭВМ.

Оценивать результаты проекта ЕС ЭВМ следует прежде всего с позиций комплексного, целостного анализа, который может дать действительную и полную картину, поскольку основной особенностью проекта ЕС ЭВМ является его глобальность.

Система ЕС ЭВМ была первой общегосударственной, построенной по мировым стандартам системой с мощной центральной единой организационной структурой. Проект ЕС ЭВМ был первым совместным индустриальным проектом стран — участниц соглашения и в условиях существующего общественного строя сыграл заметную роль в их развитии.

Проект ЕС ЭВМ был важной государственной задачей, связанной с созданием в СССР новой высокотехнологичной отрасли (индустрии) ВТ со всей необходимой инфраструктурой и в совокупности с современными средствами производства. К решению этой задачи было привлечено более 60 организаций промышленности, академий наук и учебных заведений стран — участниц соглашения. Коллективы этих организаций благодаря таланту и упорству ученых, инженерно-технического персонала и рабочих создали широкую номенклатуру высокотехнологичных продуктов, которые заложили основу современных средств ВТ, вошедших сегодня в труд и жизнь миллионов людей. Важнейшим моментом проекта является то, что его конечные продукты получили массовое применения. Десятки тысяч средств ВТ, разработанных и произведенных в рамках проекта ЕС ЭВМ, говорят сами за себя. В результате в СССР

была создана стандартная база и прочная основа для информатизации всей страны. Это исторический итог реализации проекта ЕС ЭВМ!

Решающим для осуществления проекта ЕС ЭВМ и одним из его существенных достижений явилось создание современных на то время операционных устройств. IBM для разработки операционных систем потребовались 2 млрд долларов и многолетняя работа примерно 2000 программистов. Такие масштабы ставили перед разработчиками ЕС ЭВМ с учетом времени, казалось бы, неразрешимые проблемы. Но программисты ГДР нашли решение. Это их гордость и выдающийся вклад совместно с отечественными математиками в проект ЕС ЭВМ.

Машины системы ЕС ЭВМ, особенно старшие модели, занимали достойное место в компьютерной иерархии. Ни один серьезный критик или историк-обозреватель не может этого отрицать.

На основе исторического опыта разработки ЕС ЭВМ можно утверждать, что специализированные архитектуры в силу экономически-рыночных закономерностей *принципиально* в общегосударственном масштабе не могут заменять универсальные ИТ-архитектуры.

Принцип программной совместимости моделей ЕС ЭВМ позволил создать отечественную единую систему программирования, которая обеспечивает управление всеми техническими средствами в различных вычислительных системах, автоматизацию программирования и накопление архива в виде проблемно-ориентированных пакетов прикладных программ.

Конструкторы ЕС ЭВМ всегда находились в курсе мировых достижений и проблем ВТ. Имея богатый опыт проектирования как общегражданских, так и специальных изделий с использованием всех самых передовых средств, они внесли определенный вклад в развитие и совершенствование всех видов бортовой техники: «ползающих», «ездящих», «летающих», всяких иных.

Выдающую роль в рамках работ по ЕС ЭВМ сыграли НИЦЭВТ и Совет главных конструкторов стран — участниц соглашения. Имея глубокие научные и инженерные знания, огромный опыт конструирования, они обеспечили разработку современной высокотехнологичной продукции и перспективу развития средств ВТ.

«Мэйнфреймы являются примером наивысших достижений человечества не только потому, что в них вложено столько труда и способностей, но и благодаря той великой роли, которую они сыграли и продолжают играть в жизни человека. Как бриллианты, они представляют собой комбинацию множества обычных составляющих, которые при определенном сочетании, силами природы или выдающейся

мысли, становятся чем-то гораздо более совершенным, чем обычный набор компонентов» [1].

Советские инженеры, как и инженеры стран — участниц соглашения, впитавшие весь опыт мирового сообщества, внесли свой вклад в развитие информационных технологий мэйнфреймов, из-за чего блеск этих бриллиантов стал немножко ярче.

Литература

1. История мэйнфреймов: от Harvard Mark I до System z10 EC // Tom's Hardware. 19.10.2009. http://www.thg.ru/cpu/mainframe_history/
 2. *Левин В. К.* Становление Единой системы ЭВМ // История отечественной электронной вычислительной техники: 2-е изд., доп. — М.: Столичная энциклопедия, 2017.
 3. *Бабаян Б. А.* // znanie-sila.ru/online/issu...
 4. *Малиновский Б. Н.* История вычислительной техники в лицах // http://www.computer-museum.ru/books/vt_face.htm
 5. Советские компьютеры могли переплюнуть IBM? // Internetua. 20.01.2010. <http://internetua.com/Covetskie-kompuateri-mogli-perepluanut-IBM>
 6. *Сосновский В., Орлов А.* Советские компьютеры: преданные и забытые // Великая страна СССР. <http://www.great-country.ru>
 7. *Бабаян Б. А.* История создания ЭВМ «Эльбрус» // История отечественной электронной вычислительной техники: 2-е изд., доп. — М.: Столичная энциклопедия, 2014.
 8. *Юнгникель Х.-Г.* Аспекты технологического пути ЕС ЭВМ на фоне развития технологий ИТ и общей архитектурной гонки в социалистических странах: анализ с позиций 2017 года // Страницы истории отечественных ИТ. Т. 4 / АйТи. Виртуальный компьютерный музей. — М.: Альпина Паблишер, 2018.
 9. *Ломов Ю. С., Сахнюк М. А.* Сложные системы и моделирование // Тезисы доклада республиканского семинара. — Киев, 1972.
 10. *Бабаян Б.* Задача — сделать наилучшую компьютерную технологию // Страницы истории отечественных ИТ. Т. 3 / АйТи. Виртуальный компьютерный музей. — М.: Альпина Паблишер, 2017.
 11. *Ломов Ю. С.* История создания старших моделей ЕС ЭВМ // История отечественной электронной вычислительной техники: 2-е изд., доп. — М.: Столичная энциклопедия, 2017.
 12. *Прангшвили И. В. и др.* Микроэлектроника и однородные структуры. — М.: Наука, 1966.
 13. Эксафлопсные технологии. Концепция по развитию технологии высокопроизводительных вычислений на базе суперЭВМ эксафлопсного класса (2012–2020 гг.) // http://filearchive.cnews.ru/doc/2012/03/esk_tex.pdf
-

Раздел 4

Организации

В. А. Китов¹, Н. И. Кротов²

Вычислительный центр для решения задач планирования экономики страны

В результате публикаций и инициатив ряда советских прогрессивных ученых в октябре 1959 г. вышло постановление СМ СССР о создании при Госплане СССР вычислительного центра (ВЦ) для обеспечения компьютерных плановых расчетов. Этот ВЦ (с 1963 г. — ГВЦ Госплана СССР) просуществовал свыше 30 лет, вплоть до развала СССР в 1991 г. Это был самый крупный гражданский ВЦ в СССР, в котором на передовых для своего времени компьютерах над решением разнообразных задач планирования и экономического управления работали порядка 1200 специалистов.

Предпосылки создания

К моменту создания вычислительного центра при Госплане СССР в Советском Союзе уже несколько лет успешно функционировали несколько вычислительных центров. Среди них в первую очередь следует упомянуть ВЦ № 1 Минобороны СССР, ВЦ РАН, НИВЦ МГУ, ВЦ АН УССР, вычислительные центры в Институте прикладной математики, в НИИЭФ (Арзамас-16), в НИИ «Алмаз», в НИИТФ (Челябинск-70).

Во второй половине 1950-х гг. советские ученые В. С. Немчинов, А. И. Китов, А. И. Берг, И. С. Брук и ряд других своими инициативами и научными публикациями настоятельно указывали на государственную необходимость использования ЭВМ для осуществления расчетов при решении задач планирования и экономического управления. Еще в первой позитивной в СССР статье о кибернетике С. Л. Соболева, А. И. Китова, А. А. Ляпунова «Основные черты кибернетики» (август 1955) указывалось на возможность применения кибернетических методов для решения экономических

¹ К.т.н., доцент, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, vladimir.kitov@mail.ru

² С.н.с., АНО «Экономическая летопись», Москва, nk@letopis.ru

задач. Перспектива применения ЭВМ и математических методов для экономического управления продекларирована в последней трети книги А. И. Китова «Электронные цифровые машины» (февраль 1956), названной автором «Неарифметические применения электронных цифровых машин». 1956 год отмечен также докладом И. С. Брука на сессии АН СССР по научным проблемам автоматизации производства, в котором он изложил направления возможного использования вычислительных машин в промышленности.

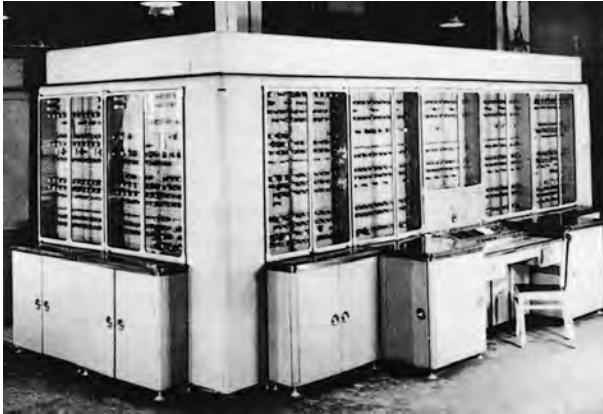
В 1958 г. издательство Всесоюзного общества «Знание» публикует массовым тиражом брошюру А. И. Китова «Электронные вычислительные машины», в которой говорится о насущной необходимости создания в стране вычислительных центров для осуществления производственных и плановых расчетов и о том, что в дальнейшем целесообразно эти ВЦ объединить в Единую государственную сеть вычислительных центров (ЕГСВЦ). Страстным пропагандистом новых подходов в экономике был В. С. Немчинов, при активном участии которого в 1958 г. АН СССР впервые в стране организовала представительную конференцию по математическим методам в экономике. 7 января 1959 г. А. И. Китов обращается в ЦК КПСС с письмом на имя главы СССР Н. С. Хрущёва, в котором предлагает коренную перестройку системы управления всей советской экономикой путем перехода от административно-командного стиля руководства к научному, базирующемуся на повсеместном использовании экономико-математических методов и ЭВМ, поэтапно объединяемых в ЕГСВЦ. В целом, руководство СССР в лице секретаря ЦК КПСС Л. И. Брежнева, ответственного в те годы за научно-техническую политику, благосклонно отнеслось к данному письму и создало для его тщательного рассмотрения Правительственную комиссию под председательством А. И. Берга. Комиссия А. И. Берга одобрила все положения этого письма. Известные ученые-историки советской информатики (В. А. Герович, В. В. Шилов, А. В. Кутейников) считают, что данное письмо явилось катализатором увеличения производства и использования ЭВМ в стране. В частности, оно сыграло важную роль в подготовке решений июньского 1959 г. Пленума ЦК КПСС, на котором рассматривались вопросы, связанные с созданием в стране ЭВМ и их внедрением в народное хозяйство СССР. Пленум поручил Комитету Совета Министров СССР по радиоэлектронике, Комитету Совета Министров СССР по автоматизации и машиностроению совместно с Госпланом СССР и совнархозами разработать конкретный план действий по увеличению производства ЭВМ и существенному расширению масштабов их использования. В том же 1959 г. на секции кибернетики Всесоюзного совещания по вычислительной математике и вычислительной технике прозвучал

доклад А. И. Берга, А. И. Китова, А. А. Ляпунова «О возможностях автоматизации управления народным хозяйством», явившийся первым докладом в СССР о необходимости создания в стране Общегосударственной автоматизированной системы для управления и планирования национальной экономики. Позднее текст этого доклада был опубликован в научном сборнике «Проблемы кибернетики» АН СССР.

Первые годы

Как результат перечисленных публикаций и инициатив, в октябре 1959 г. появилось постановление Совета Министров СССР за подписью заместителя председателя СМ СССР А. Н. Косыгина, в котором, в частности, говорилось о создании при Госплане СССР вычислительного центра «в целях внедрения электронной вычислительной техники в практику планово-экономических расчетов». С момента создания этого ВЦ весь 1960 г. исполняющим обязанности начальника вычислительного центра при Госплане СССР был М. Е. Раковский. В 1961 г. начальником центра стал Н. И. Ковалёв, который проработал на этой должности до 1971 г. Решением Правительства коллектив центра интенсивно укреплялся (в том числе и из числа военнослужащих), имея через 10 лет после своего создания свыше тысячи с лишним сотрудников и став крупнейшим в стране гражданским ВЦ. На начальном этапе госплановцы активно использовали опыт своих коллег из первого в стране вычислительного центра — ВЦ № 1 Министерства обороны СССР (ВЦ № 1 МО СССР), который был создан в мае 1954 г. и уже имел к 1960 г. большой опыт компьютерных расчетов (например, баллистических расчетов всех первых советских спутников, межпланетных станций и четырех первых пилотируемых космических кораблей). Особенно ощутимой была помощь военных в виде кадрового потенциала. В разные годы из ВЦ № 1 перешли на должности заместителей начальника ГВЦ Госплана СССР известные в стране специалисты Н. А. Криницкий, Ю. И. Беззаботнов, Л. Н. Куцев. Многие начальники подразделов и их заместители (сам ГВЦ имел статус отдела Госплана СССР), а также ведущие программисты и электронщики пришли на работу в ГВЦ Госплана СССР из ВЦ № 1 МО.

21 мая 1963 г. вышло постановление ЦК КПСС и СМ СССР № 564 «Об улучшении руководства внедрением вычислительной техники и автоматизированных систем управления в народное хозяйство», в соответствии с которым вычислительный центр при Госплане СССР преобразовывался в Главный вычислительный центр Госплана СССР (ГВЦ Госплана СССР). Также на основании этого постановления ЦК и Совмина СССР был создан Центральный экономико-математический институт (ЦЭМИАН СССР). Много усилий для его создания затратил В. С. Немчинов — директор организованной



ЭВМ «Урал-2»

им в 1958 г. лаборатории экономико-математических методов. Собственно, ЦЭМИ АН СССР и был создан на базе лаборатории В. С. Немчинова. Таким образом, с мая 1963 г. ВЦ при Госплане СССР стал называться Главным вычислительным центром (ГВЦ) Госплана СССР на правах его отдела. С таким названием центр просуществовал до 1991 г.

На начальном этапе своего существования вычислительный центр Госплана СССР был оснащен двумя машинами «Урал-2» (главный конструктор Б. И. Рамеев, эта ЭВМ производилась с 1959 по 1964 г.).

Руководство СССР, понимая важность решаемых в ГВЦ государственных задач планирования, не скупилось на выделение валютных средств для закупки современных компьютеров. Вскоре после получения ЭВМ «Урал-2» для центра была закуплена западная ЭВМ «Эмидек-2400». Этот компьютер планировался его создателями в первую очередь для осуществления банковских расчетов. Естественно, что ни о какой программной совместимости установленных тогда в ГВЦ ЭВМ не могло быть и речи.

Первое время центр занимал несколько этажей в здании на ул. Жданова (сейчас ул. Рождественка) напротив универсама «Детский мир». В 1964 г. в составе Межведомственной комиссии по разработке предэскизного проекта создания в СССР Единой государственной сети вычислительных центров (ЕГСВЦ) наряду с В. М. Глушковым (председатель комиссии), А. И. Китовым, М. П. Федоренко, Н. П. Бусленко, В. С. Михалевичем и др. были и сотрудники ГВЦ Госплана СССР Н. И. Ковалёв, Н. Е. Кобринский, М. П. Виньков и В. В. Александров. Планировалось, что указанный предэскизный проект ЕГСВЦ станет начальным этапом создания будущей глобальной автоматизированной системы управления экономикой страны. Снятие осенью 1964 г. Н. С. Хрущёва со всех его постов помешало реализации этих амбициозных планов.

Позже в ГВЦ появилась электронная вычислительная машина «Урал-4», предназначенная для использования в вычислительных центрах промышленных предприятий, НИИ и конструкторских



ЭВМ «Эмидек-2400»

бюро при решении широкого класса планово-производственных и математических задач. ЭВМ «Урал-4» была разработана путем модернизации и расширения возможностей ЭВМ «Урал-2» (увеличен объем хранимой информации, повышена надежность работы запоминающих устройств, устройства ввода информации с перфолент заменены на перфокарточные). Обладая восемью магнитными барабанами и двенадцатью накопителями на магнитной ленте (НМЛ), ЭВМ «Урал-4» уже могла хранить по тем временам значительные объемы экономических данных. ЭВМ «Урал-4», как и ее предшественница, в качестве базовых элементов использовала электронные лампы, была с ней полностью программно совместима. Она занимала площадь порядка 250 м² и потребляла мощность 60 кВА. Одним из главных недостатков компьютеров «Урал-2» и «Урал-4» было их слабое системное программное обеспечение — лишь набор тестов и контрольных задач. Всего, за все время производства ЭВМ «Урал-4» (с 1962 по 1964 г.), советской промышленностью было выпущено тридцать таких машин.

При Н. И. Ковалёве была сделана попытка составлять с помощью ЭВМ межотраслевой натуральный баланс. До этого Госплан СССР разрабатывал только натуральные материальные балансы. Баланс, охватывающий взаимосвязи между различными материальными пропорциями, требовался, чтобы сбалансировать различные отрасли экономики.



ЭВМ «Урал-4»

Н.И. Ковалёв поддержал идею своих сотрудников взять за основу межотраслевого баланса модель, разработанную американским экономистом с русскими корнями В.В. Леонтьевым. В результате в ГВЦ Госплана СССР одними из первых в мировой практике были осуществлены расчеты межотраслевых балансов производства и распределения продукции народного хозяйства в натуральном измерении.

Во второй половине 1960-х гг. в ГВЦ появилась английская вычислительная машина «Еlliот 503», в которой основным алгоритмическим языком программирования был Алгол.

В 1967 г. британская компания Elliott Automation была объединена с компанией English Electric. Потом был еще ряд объединений (с International Computers and Tabulators (ICT), с Marconi и др.), инициированных британским правительством, которое было убеждено, что Великобритании нужна сильная национальная компьютерная компания. В конечном итоге объединенная компания в 1968 г. получила название International Computers Limited (ICL). ICL была инициативой министра технологии правительства Великобритании Т. Бенна, который хотел создать британскую компьютерную корпорацию, способную конкурировать с такими мировыми гигантами, как американская компания IBM.

Британская компания ICL поставила свои мэйнфреймы «ICL System 4» (самостоятельно спроектированные и изготовленные IBM-совместимые клоны) в несколько крупных советских организаций. Это ГВЦ Госплана СССР, ГВЦ Госснаба СССР, ГВЦ Минвнешторга, ВЦ АЗЛК и Институт проблем управления АН СССР. Британские СМИ



Периферийные устройства ЭВМ «ICL System 4-70»



Новое здание ГВЦ Госплана СССР в доме № 45 по ул. Кирова (ныне ул. Мясницкая), 1971 г.

тут же запестрели заголовками, такими как статья от 1 июля 1971 г. «Компания ICL заключила новый контракт с Россией на 5 млн фунтов стерлингов».

Автоматизированная система плановых расчетов

Одним из наиболее масштабных проектов ГВЦ Госплана СССР был инициированный в 1970-е гг. проект создания общегосударственной автоматизированной системы под названием «Автоматизированная система плановых расчетов» (АСПР), основным назначением которой было создание с помощью компьютеров и экономико-математических методов долгосрочных, среднесрочных (пятилетних) и краткосрочных (годовых) планов функционирования и развития народного хозяйства СССР. По замыслу ее создателей, с помощью АСПР должна была осуществляться координация составления хозяйственных планов, охватывающая региональные плановые органы, госпланы союзных республик, министерства и государственные комитеты СССР, различные общесоюзные ведомства и собственно Госплан СССР. За счет системного внедрения ЭВМ и экономико-математических методов в практику планирования в рамках АСПР предполагалось повысить оперативность самого процесса планирования и достичь объективности и научной обоснованности при принятии плановых решений. Архитектура АСПР планировалась состоящей из четырех классов базовых подсистем: функционального, организационно-правового, обеспечивающего классов и класса подсистем развития. Функциональные подсистемы должны были обеспечить разработку отдельных разделов государственного плана. Обеспечивающие



ГВЦ Госплана СССР. Машинный зал двух компьютеров «ICL System 4-70»



Последние десять с небольшим лет своего существования ГВЦ Госплана СССР активно использовал ЕС ЭВМ



Заместитель начальника
подотдела программирования
Дмитрий Лозинский

подсистемы устанавливают состав методических, информационных, технических, программно-математических и кадровых средств, необходимых для реализации задач экономического планирования. Подсистемы развития призваны контролировать работу АСПР с последующим созданием совершенствующих ее работу средств. АСПР задумывалась как человеко-машинная автоматизированная система, когда плановики в реальном масштабе времени участвуют в ходе выполнения плановых расчетов на ЭВМ, сравнивают полученные результаты вычислений с ожидаемыми и вносят необходимые корректировки в расчетный процесс.

К началу 1971 г. в ГВЦ Госплана СССР сформировался сильный подотдел системного программирования под руководством перешедшего из ИПМ АН СССР к.ф.-м.н. В. И. Соболева. Высокий профессионализм отличал ведущих сотрудников подотдела Ф. Ф. Шилер, Н. Н. Федулову, Т. М. Старчеус, Ю. Е. Лашкарёва, С. Н. Игнатьева и др. Безусловными авторитетами среди программистов центра были талантливые системщики Анатолий Кострюков и будущий создатель знаменитых антивирусных программ «AidsTest» и «Dr. WEB» Дмитрий Лозинский.

ЭВМ и не только



Будущий министр экономики РФ
Яков Моисеевич Уринсон

Следует отметить, что ГВЦ был известен не только своими экономическими расчетами государственного масштаба, но еще и рядом интересных инициатив, так как значительную часть его коллектива составляла молодежь. В частности, в его стенах трудилась небольшая молодежная группа под руководством чемпиона мира по шахматам Михаила Ботвинника, которого связывали крепкие научные и дружеские узы с заместителем начальника центра по научной работе, выдающимся ученым в области программирования, доктором ф.-м.н. Николаем Андреевичем Криницким. Молодые сотрудники М. Ботвинника на ЭВМ «ICL System 4», регулярно консультируясь с Н. А. Криницким, отлаживали свои программы, пытаясь научить компьютер игре в шахматы. Большую роль в координации научной деятельности молодых специалистов центра играл Совет молодых ученых и специалистов (СМС,

председатель — Яков Уринсон, его заместителями в разные годы были Наталья Ковалёва, Владимир Китов и Сергей Игнатъев).

Усилиями СМС каждый год организовывалась молодежная научная конференция, регулярно издавались сборники статей молодых специалистов, стимулировалась их деятельность в плане активизации первых шагов на научном поприще, поощрялась работа над диссертациями в заочной аспирантуре и т.д. Руководство центра всячески поддерживало деятельность СМС. Здесь особенно следует выделить заместителя начальника центра Николая Андреевича Криницкого, внимательно следившего за научно-производственным ростом молодых специалистов центра.

Два комсомольца ГВЦ Госплана СССР, программист Юрий Лашкарёв и электронщик Виктор Гусев, свою ответственную работу в ГВЦ совмещали с регулярными выступлениями на концертах в составе популярной рок-группы «Оловянные солдатики». Молодежь ГВЦ, наряду с серьезной работой по обеспечению плановых расчетов, много внимания уделяла общественным мероприятиям, активно принимала участие в «днях учебы комсомольского актива», которые регулярно проводились в каком-либо из трех госплановских домов отдыха: «Вороново», «Красногорск» или «Тучково». Большое значение придавалось занятиям спортом; в частности, энергичными усилиями комсомольцев ГВЦ была организована горнолыжная секция.

Координирующая роль ГВЦ Госплана СССР в стране и в СЭВ

В 1971 г. вместо Н. И. Ковалёва ГВЦ возглавил Николай Павлович Лебединский, который активно взялся за перевод на единую научную и плановую основу сотрудничества между всеми вычислительными центрами госпланов союзных республик. Для этого была обоснована необходимость создания проекта Единой автоматизированной системы плановых расчетов под названием «Астра». Работы над созданием системы «Астра», потребовали введения стандартизации, чтобы можно было обмениваться пакетами программ. Для этого всеми ВЦ Госпланов союзных республик были



Сотрудники подотдела информационно-поисковых систем ГВЦ Госплана СССР В. А. Китов, О. Н. Соломатина, Д. А. Степанченко, Л. К. Жарова, Т. В. Шаталина, А. Р. Найдёнова, Н. А. Порфирьева, О. Н. Кожевникова, 1972 г.



Фидель Кастро в ГВЦ Госплана СССР. Слева от него председатель Госплана СССР Н.Н. Байбаков



Глава ГДР Вальтер Ульбрихт в ГВЦ Госплана СССР

освоены различные модели ЭВМ Единой серии (ЕС ЭВМ), которые производили в ряде городов СССР. Как известно, различные модели ЕС ЭВМ были программно совместимы, но отличались друг от друга вычислительными мощностями, объемами хранимых данных и наборами периферийных устройств, которые в рамках социалистической интеграции производились в странах-членах СЭВ. Так, магнитные диски делали в Болгарии, печатающие устройства — в Чехословакии и т.д.

В 1978 г. усилиями Н. П. Лебединского был организован Координационный совет руководителей ВЦ Госпланов стран-членов СЭВ. Руководители ВЦ Госпланов этих социалистических стран подписали протокол о совместной деятельности, и ГВЦ Госплана СССР фактически стал координировать деятельность своих коллег по соцлагерю. После этого в соответствии с планом работы Совета экономической взаимопомощи стали регулярно созываться совещания руководителей ВЦ Госпланов стран-членов СЭВ.

С 1981 по 1984 г. начальником Главного вычислительного центра Госплана СССР работал Владимир Викторович Коссов, который в 1958 г. окончил Московскую сельскохозяйственную академию им. К. А. Тимирязева по специальности «Экономика и организация социалистического сельского хозяйства». В 1968 г. Ученым советом МИНХ им. Г. В. Плеханова ему была присуждена ученая степень доктора экономических наук, тема диссертации «Межотраслевые модели».

В 1984 г. во главе ГВЦ Госплана СССР становится ветеран этой организации Владимир Борисович Безруков, который в 1960 г. окончил МАИ по специальности

«инженер-электромеханик». В. Б. Безруков в 1964 г. начал работать в ГВЦ в качестве старшего инженера подотдела электронно-вычислительной техники, где прошел хорошую школу под начальством Виктора Васильевича Александрова, который в 1950-е гг. работал главным инженером легендарного СКБ-245 — заместителем начальника по научной работе. В течение ряда лет В. Б. Безруков был начальником одного из экономических подотделов с одновременным исполнением обязанностей секретаря партийного бюро ГВЦ Госплана СССР. В 1984 г. В. Б. Безруков был назначен на должность начальника ГВЦ Госплана СССР. Его деятельность была тесно связана со становлением ГВЦ как крупного центра обработки плано-экономической информации. Активно поддерживал инициативы комсомольского бюро и СМС центра. Последние два года существования Главного вычислительного центра Госплана СССР (1990–1991) его начальником был Н. Н. Барышников.



Фидель Кастро и начальник ГВЦ Госплана СССР Н.А. Лебединский

Заключение

После 1991 г. ГВЦ Госплана СССР пережил несколько трансформаций и с 2005 г. стал именоваться Аналитическим центром при Правительстве РФ. Необходимо отметить важную роль ГВЦ Госплана СССР, которую он играл в стране в 1960–70–80-х гг. в качестве одного из главных научно-производственных лидеров в области автоматизации решения задач планирования национальной социалистической экономики. Также существенна его роль как одного из признанных ВЦ-пионеров Советского Союза при освоении передовых информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) для решения экономических и управленческих задач и внедрении в практику перспективных комплексов системного и прикладного программного обеспечения. Настоящая статья представляет собой лишь небольшую часть того, что должно быть написано о такой уникальной организации, какой был Главный вычислительный центр Госплана СССР. Авторы будут благодарны всем заинтересованным лицам, которые дополняют своими воспоминаниями историю этой замечательной организации.

Литература

1. *Соболев С. Л., Китов А. И., Ляпунов А. А.* Основные черты кибернетики // Вопросы философии (№ 4). М., 1955. // <http://www.computer-museum.ru/books/cybernetics.htm>
 2. *Китов А. И.* Электронные цифровые машины // Советское радио. М., 1956. // http://www.computer-museum.ru/books/kitov_ecm.htm
 3. *Брук И. С.* Перспективы применения управляющих машин в автоматизации // Доклад на сессии АН СССР по научным проблемам автоматизации производства. М., 1956 // http://www.computer-museum.ru/articles/galglory_ru/278/
 4. *Китов А. И.* Электронные вычислительные машины // Общество «Знание». М., 1958. // http://www.computer-museum.ru/books/evm_kitov_1958_2.pdf
 5. *Берг А. И., Китов А. И., Ляпунов А. А.* О возможностях автоматизации управления народным хозяйством // Первый в СССР доклад по Общегосударственной автоматизированной системе управления экономикой СССР; был представлен А. И. Китовым на секции кибернетики Всесоюзного совещания по вычислительной математике и вычислительной технике в ноябре 1959 г. В 1961 г. был опубликован в виде одноименной статьи в научном сборнике АН СССР «Проблемы кибернетики» // http://www.computer-museum.ru/books/kitov_asu.htm
-

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ИТ

Том 4

Руководитель проекта *М. Султанова*
Арт-директор *Л. Бенцуша*
Дизайнер *М. Грошева*
Компьютерная верстка *Б. Руссо*

Фотоматериалы предоставлены
ИСИ им. А.П. Ершова СО РАН, а также сайтами:
computer-museum.ru, it-history.ru,
агентствами ТАСС и East-News.

Подписано в печать 01.11.2017. Формат 84×108/16.
Бумага офсетная № 1. Печать офсетная.
Объем 15 печ. л. Тираж 1500 экз. Заказ №

ООО «Альпина Паблишер»
123060, Москва, а/я 28
Тел. (495) 980-53-54
www.alpina.ru
e-mail: info@alpina.ru

Знак информационной продукции
(Федеральный закон № 436-ФЗ от 29.12.2010 г.)



Для заметок

Для заметок

Для заметок

Для заметок

Для заметок

Для заметок
