

Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН
Институт системного программирования им. В.П. Иванникова РАН
Совет Виртуального компьютерного музея
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»
Политехнический музей
Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН
Московское научно-техническое общество радиотехники, электроники и
связи им. А.С. Попова

ТРУДЫ SORUCOM-2017

Четвертая Международная конференция

Развитие вычислительной техники

в России и странах бывшего СССР: история и перспективы

3–5 октября 2017 года

Москва, Зеленоград

**При поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ)
Computer History Museum (Mountain View, California)**

**При технической поддержке
IEEE, IEEE Computer Society**

Москва, 2017

УДК [004]
ББК [72,3+30г]
ISBN 978-5-902454-13-7

**Сборник трудов SoRuCom-2017. Четвертая Международная конференция «Развитие вычислительной техники в России и странах бывшего СССР: история и перспективы». Зеленоград, 3–5 октября 1917 г.
Под редакцией д.ф.- м.н. А.Н. Томилина.
Москва: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В.Плеханова», 2017. 427 с.**

**Proceedings of the SoRuCom-2017. Forth International Conference «Computer Technology in Russia and in the Former Soviet Union». Zelenograd, the city of Moscow, October 3–5. Prof. A.N. Tomilin, Ed.
Moscow, 2017. 427 p.**

Москва, 2017

Содержание

<i>Александриди Т.М.</i> К 90-летию Николая Яковлевича Матюхина: путь ученого и инженера	9
<i>Бадрутдиновна М.Ш., Гусев В.Ф., Дьячков В.В., Якимов И.М.</i> Казанская инженерно-конструкторская школа: разработка и производство ЭВМ и технических средств I–IV-поколения в Казани.....	12
<i>Балакирев Н.Е.</i> Непридуманная история создания Эльбрус 1-К-2 и его математического обеспечения.....	16
<i>Балодис Р., Опмане И.</i> Учет использования вычислительных ресурсов: история и настоящее.	23
<i>Басок Б.М.</i> Первые отечественные программно-аппаратные комплексы моделирования цифровых схем.....	27
<i>Вернер В.Д., Луканов Н.М., Сауров А.Н.</i> История развития конструктивно-технологических базисов перспективных трехмерных ИС СВЧ гигагерцового и терагерцового диапазона	31
<i>Владимирова Ю.С.</i> О логических исследованиях Н.П. Брусенцова.....	32
<i>Гейн А.Г.</i> Информатика в школе: прогнозы А.П. Ершова и современность.....	36
<i>Гергель В.П., Панкрашикина Н.Г.</i> Развитие и эксплуатация средств вычислительной техники В ННГУ им. Н.И. Лобачевского: страницы истории.	41
<i>Городняя Л.В., Кирпотина И.А.</i> О проблеме достоверности доступной в Интернете исторической фактографии	46
<i>Дзегеленок И.И., Ладыгин И.И., Поляков А.К.</i> Вклад выпускников Московского энергетического института в развитие отечественной вычислительной техники	56
<i>Забирова Л.М.</i> Подсистемы управления потоком заданий КРОС и РОС – надстройка над ОС ЕС	62
<i>Захаров В.Н.</i> Две судьбы в истории отечественной вычислительной техники (С.А. Лебедев и И.С. Брук).....	64
<i>Зенин В.Н., Рогачев Ю.В.</i> 50 лет НИИВК им. М.А.Карцева: открывая горизонты	69
<i>Игнатъев М.Б.</i> История международного института кибернетики и артоники	74
<i>Инютин С.А.</i> Модулярные процессоры – оценки, история борьбы и победы над бивалентным дефектом	78
<i>Карпов Л.Е., Фельдман В.М., Ширай А.Е.</i> Сервисный процессор МКВ Эльбрус-1 и Эльбрус-2.....	84
<i>Карпов Л.Е., Ширай А.Е.</i> Программное обеспечение сервисного процессора МКВ Эльбрус-1 и Эльбрус-2	91
<i>Квасницкий В.Н.</i> Разработка системы нормативно-технической документации при создании ЕС ЭВМ.....	101
<i>Китов В.А., Кротов Н.И.</i> Вычислительный центр для решения задач планирования экономики страны	107
<i>Китов В.А., Чесноков А.Н.</i> К истории телемониторов ЭВМ третьего поколения	116
<i>Крайнева И.А., Пивоваров Н.Ю., Шилов В.В.</i> Советский атомный проект и становление отечественной вычислительной техники	127
<i>Крайнева И.А., Городняя Л.В., Марчук А.Г.</i> О работах по системному математическому обеспечению в странах советской Балтии (1960–1990).....	135
<i>Крайнева И.А., Городняя Л.В.</i> Из истории программирования в Беларуси (1959–1990).....	145
<i>Кратов С.В., Соколова О.Д.,</i> Фонды алгоритмов и программ: история и перспективы	156
<i>Криворученко В.С.</i> Эволюция систем автоматизации научных исследований аэромеханики летательных аппаратов	161
<i>Лаврищева Е.М.</i> Развитие теории программ и систем в СССР. История и современные теории.....	168
<i>Левченко Н.Н., Змеев Д.Н., Климов А.В., Окунев А.С., Стемпковский А.Л.</i> Перспективы использования потоковой модели вычислений в высокопроизводительных вычислительных системах ..	183
<i>Ломов Ю.С.</i> ЕС ЭВМ сквозь призму отечественной и мировой вычислительной техники	191
<i>Малашевич Б.М.</i> Краткие основы и история создания отечественных модулярных ЭВМ. Истоки модулярной арифметики.	199
<i>Малашевич Б.М.</i> 55 лет инновационному центру микроэлектроники.....	214
<i>Малашевич Б.М.</i> Первые отечественные ПРО – первые региональные вычислительные системы реального времени	222
<i>Мартыненко Б.К.</i> Из опыта реализации языка программирования Алгол 68 в Ленинградском государственном университете.....	230
<i>Михалкович С.С., Налбандян Ю.С.</i> Адольф Львович Фуксман – математик и программист	237
<i>Мушер С.Л., Бредихин С.В.</i> История создания сети интернет новосибирского Академгородка	242
<i>Недоря А.Е.</i> Забытое 40 лет назад новое, и как оно может изменить нашу жизнь.....	249
<i>Оганджян С.Б., Гаспарян Т.Г.</i> Вклад кафедры «Вычислительная техника» Ереванского политехнического института в становление и развитие отрасли	257
<i>Оганджян С.Б.</i> Сергей Никитович Мергелян: победы и поражения	261

<i>Оганджаниян С.Б., Гаспарян Т.Г.</i> ЭВМ семейства «Наири» – предвестники персонального компьютера.....	268
<i>Опмане И.В., Балодис Р.П.</i> История конвергенции телекоммуникаций и вычислений на примере Латвии	275
<i>Парамонов В.Н.</i> Промышленная автоматизация в СССР в 1960-х – середине 1980-х годов: застои или прорыв?	283
<i>Парамонова Р.Н.</i> Изобретательская деятельность Ю.М. Горского и М.А. Ханина.....	292
<i>Песошин В.А., Захаров В.М., Кузнецов В.М.</i> История создания аппаратно-программных систем криптографической защиты информации на кафедре ЭВМ Казанского авиационного института.....	299
<i>Поляк Ю.Е.</i> Яндекс и другие: к двадцатилетию отечественного поиска в Интернете	307
<i>Ревич Ю.В., Шилов В.В.</i> Советская вычислительная техника в неопубликованных оценках современников.....	314
<i>Романец Ю.В.</i> История создания первых отечественных шифропроцессоров «БЛЮМИНГ» и аппаратных шифраторов на их основе	320
<i>Смолевицкая М.Э.</i> История вычислительной техники в музеях и архивах России	329
<i>Соболь В.М.</i> Памяти Владимира Николаевича Березина.....	342
<i>Софронов П.Д., Поляков А.К.</i> Евгений Александрович Кривошеев: биографический очерк создателя ЭВМ для противоракетного комплекса С300.....	347
<i>Сусов Р.В.</i> Цифровая вычислительная техника в советском народном хозяйстве.....	353
<i>Терехов А.Н., Литвинов А.И., Брыксин Т.А.</i> История развития графических методов Проектирования ПО в СПбГУ.. ..	358
<i>Тихонова Т.И.</i> Исполнители Звенигородского: эпоха от «Агатов» 1980-х до современности	364
<i>Трегубов В.М., Девятков В.В., Тумбинская М.В., Якимов И.М.</i> Начало создания промышленной основы разработок и поставок пакетов прикладных программ научно-исследовательского профиля на Казанском заводе ЭВМ.....	367
<i>Томилин А.Н., Смолевицкая М.Э., Тумбинская М.В., Трегубов В.М., Абзалов А.Р.</i> Проект виртуализации электронно-вычислительной машины БЭСМ-6	372
<i>Ульянова С.Б., Никифорова Н.В., Сидорчук И.В.</i> Репрезентации кибернетики и сетевых проектов в советском обществе 1960-х – 1970 х гг.: социально-политический контекст информационных технологий	380
<i>Черемных Н.А., Курляндчик Г.В.</i> Новосибирский филиал Института точной механики и вычислительной техники АН СССР: история создания и основные проекты.....	385
<i>Штейнберг В.И.</i> Комплекс БЦВМ «Аргон» и элементная база – полувековой путь гонки без финиша	391
<i>Эйнгорин М.Я.</i> Работы Проблемной лаборатории ЭВМ ГИФТИ ННГУ в области создания цифровой техники	394
<i>Юнерман Н.А.</i> Роль графики в обучении программированию: от Рапиры до Python'a.....	407
<i>Якимов И.М., Бадрудинова М.Ш.</i> Развитие направления автоматизации проектирования средств ВТ на Казанском заводе ЭВМ.....	409
<i>Ярмухаметов А.У.</i> ЭВМ ЕС-1033: создание, особенности структуры и элементной базы	412
<i>Sikora M.</i> Clandestine acquisition of microelectronics and information-technology by the scientific.....	420

К 90-летию Николая Яковлевича Матюхина: путь ученого и инженера

Александриди Тамара Миновна

Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)
alexandridi@mail.ru

8 февраля 2017 г. исполнилось бы 90 лет чл.-корр. АН СССР Матюхину Николаю Яковлевичу - известному ученому и инженеру в области вычислительной техники и автоматизированных систем управления, который был одним из тех, кто заложил основы развития электронного вычислительного машиностроения в СССР.

Н.Я. Матюхин в сентябре 1944 г. поступил на радиотехнический факультет Московского Энергетического Института. Еще в студенческие годы проявилась его творческая одаренность, о чем говорят два авторских свидетельства, полученные им на четвертом курсе. В марте 1950 г. он с отличием закончил МЭИ и был принят в Энергетический институт АН СССР в лабораторию чл.корр. И.С.Брука, который в это время начал заниматься проблемой построения цифровых вычислительных машин. Молодой специалист сразу включился в работу по созданию одной из первых отечественных ЦВМ.

Творческий путь Матюхина может быть кратко представлен в виде ряда этапов, которые заключались в создании ряда ЭВМ и систем.

Первое поколение ЭВМ. (1950-1957 гг. ЭНИН АН СССР). Под руководством И.С. Брука в 1951 г. Матюхиным была создана одна из первых отечественных малых ЭВМ АЦВМ-1, а затем в 1953 г. и вычислительная машина М-3, которая была первой машиной в СССР, выпускавшейся малой серией на Минском заводе ЭВМ. М-3 послужила основой для создания семейства ЭВМ «Минск», длительное время выпускавшихся нашей промышленностью большими сериями. Принципиальным новшеством этих машин, отличавшим их от созданных в то время зарубежных и других отечественных ЭВМ первого поколения, явилась впервые предложенная Матюхиным и реализованная двухадресная система команд, нашедшая впоследствии широкое применение в отечественных и зарубежных ЭВМ третьего поколения.

Второе поколение ЭВМ и систем машин. (1958-1968 г.г. НИИ автоматической аппаратуры Минрадиопрома). В течение 1958-1964г.г. Матюхиным созданы и внедрены в серийное производство первые универсальные ЭВМ с микропрограммным управлением семейства "Тетива-1", затем ЭВМ "Тетива-2" и "Тетива-2М", ориентированные на работу в сложных климатических условиях. Одновременно разработаны микропрограммные периферийные процессоры для сопряжения с каналами связи и видеотерминалами. На базе ЭВМ "Тетива" и периферийных процессоров Н.Я. Матюхиным были исследованы и реализованы структурные построения многомашинных систем повышенной живучести, которые нашли широкое применение в системах специального назначения для решения задачи координации действий сил ПВО страны. ЭВМ 5Э63 и 5Э63-1 для работы на подвижных командных пунктах (возимых), ЭВМ "Тетива-М" для стационарных командных пунктов.

Созданные вычислительные комплексы легли в основу 6-ти типов систем управления, принятых на вооружение в СССР. Впервые были применены универсальные ЭВМ второго поколения в оборонных автоматизированных системах управления (АСУ). Средствами указанных систем было оснащено около 150 командных пунктов Вооруженных сил СССР и стран Варшавского договора.

Многолетняя эксплуатация ЭВМ "Тетива" и вычислительных комплексов, разработанных Н.Я. Матюхиным, подтвердила эффективность созданных им структур и высокую эксплуатационную надежность машин.

Третье поколение ЭВМ и систем машин. (1968-1978 г.г. НИИ автоматической аппаратуры Минрадиопрома). В конце 60-х годов встала проблема разработки АСУ для ПВО больших районов, округов и страны в целом. Разработка ЭВМ и вычислительных комплексов (ВК) на их основе для АСУ ПВО была поручена коллективу Матюхина. В течение 1968-1973 г.г. Матюхиным созданы и внедрены в серийное производство универсальные ЭВМ семейства "Исеть", на основе которых были впервые в СССР разработаны модульные многомашинные системы (до 8-ми ЭВМ в одной системе) с общим внешним запоминающим и периферийных устройств, сопряженные с каналами связи и средствами отображения индивидуального и коллективного пользования. По своей сути это были локальные сети, технический термин для которых появился гораздо позже. Для этих систем Матюхиным Н.Я. были также разработаны и реализованы принципы организации математического обеспечения, включая операционные системы реального времени. Средствами многомашинных систем на базе ЭВМ "Исеть" были оснащены важнейшие объекты Министерства обороны.

Матюхин является главным конструктором многомашинных комплексов 3-го поколения на основе разработанных им ЭВМ 5Э76 и 5Э76Б, в частности:

- 2-х машинного ВК 65с180;
- 4-х машинного ВК 5Э12;

- 6-ти машинного ВК 11Л6.

Разработанные Матюхиным ЭВМ и ВК стали основой стационарных и возимых систем управления противосамолетной обороны:

- системы управления Центрального командного пункта ПВО страны и командных пунктов важнейших округов ПВО;
- системы управления командного пункта тактического соединения ПВО;
- системы управления Ленинградской армии ПВО;
- системы управления совмещенного командного пункта зенитно-реактивной бригады и пункта наведения истребительного авиационного полка ПВО;
- центра обработки радиолокационной обстановки зенитно-реактивной бригады и истребительного авиационного полка.

ЭВМ и вычислительными комплексами, разработанными под руководством Н.Я. Матюхина, были оборудованы как командные пункты оперативных объединений и тактических соединений, так и Центральный командный пункт ПВО страны. Реализованные в ЭВМ и комплексах архитектурные и технические решения обеспечили высокую надежность, боеготовность и качество управления в этих системах. За комплекс работ по созданию ЭВМ и многомашинных систем Матюхин награжден орденом Трудового Красного Знамени и удостоен звания Лауреата Государственной премии СССР (1976г.).

Начиная с 1972 г., Матюхин, как заместитель Главного конструктора системы обмена данными Вооруженных сил СССР, возглавил разработку вычислительных комплексов для территориальной системы обмена данными, обеспечивающей эффективный обмен между объектами по различным видам каналов связи. Используя и развивая результаты своих научных исследований и практического опыта по созданию многомашинных модульных вычислительных комплексов, Н.Я. Матюхин руководит созданием первых в СССР магистральных центров коммутации сообщений на базе ЭВМ "Исеть-2" для территориальной сети передачи дискретной информации. Построенные по модульному принципу, центры коммутации сообщений различной канальной емкости и производительности успешно работали в составе сети передачи данных, развернутой на территории СССР. Таким образом, его трудами заложены основы для построения в нашей стране глобальной общегосударственной сети передачи данных с возможностью базирования на ней единой сети вычислительных центров и других общегосударственных систем.

Четвертое поколение ЭВМ. (с 1976 г. НИИ автоматической аппаратуры Минрадиопрома). Начиная с 1976 г. под руководством Матюхина Н.Я. был развернут комплекс работ по созданию ЭВМ и вычислительных комплексов большой производительности на базе микропроцессорных комплектов БИС отечественного производства. Это позволило повысить канальную емкость и производительность центров коммутации сообщений для сетей передачи данных. В 1975-1977г.г. в составе прогнозной комиссии при Совете министров СССР лично разработал основные классификационные характеристики САПР радиоэлектроники.

Матюхин известен как один из основателей отечественной школы автоматизации проектирования средств вычислительной техники. В начале 60-х годов им была развернута серия научно-исследовательских работ в этой области. Создана первая отечественная система автоматизированного проектирования (АСП-1), с помощью которой разрабатывались ЭВМ семейства "Исеть". Матюхиным предложен комплексный подход к проектированию, объединявший логическое моделирование с процессом автоматизированного конструирования; разработан алгоритмический язык моделирования цифровых устройств, принцип сопряжения САПР с системой подготовки производства и выполнен ряд работ по автоматизации планово-производственных задач.

Первая в СССР книга по автоматизации проектирования "Применение ЦВМ для проектирования цифровых устройств" ("Сов.Радио", 1968 г.) под редакцией Матюхина сыграла важную роль в становлении этого научно-технического направления, а также Первый всесоюзный семинар по САПР в 1969г., проведенный по его инициативе и под его научным руководством. Научная деятельность Матюхина была посвящена исследованию и разработке принципов и методов построения вычислительных машин и комплексов, используемых в работах в реальном масштабе времени сложных территориальных автоматизированных системах управления и системах передачи данных, а также созданию и применению таких машин и комплексов, включая сюда исследование и создание автоматизированных систем проектирования вычислительных машин и других технических средств АСУ. Среди важнейших научных результатов, полученных Матюхиным в теории вычислительных машин и систем можно выделить следующие:

- разработаны и развиты архитектурные принципы построения вычислительных машин и комплексов специального назначения, практически использованные во многих разработках Минрадиопрома второго, третьего и четвертого поколений;

- начиная еще с 1957 г. Матюхин развивает и практически применяет принципы микропрограммного управления в специальных ЭВМ и периферийных процессорах применительно к особым условиям применения и эксплуатации, и, по существу, является пионером применения в отечественных разработках принципа микропрограммного управления, столь широко применяемого в дальнейшем;

- разработал и использовал в создаваемых вычислительных средствах принципы построения многомашинных комплексов, направленные на обеспечение живучести, модульного построения и наращивания производительности;

- создал и развил теорию эффективных средств межмашинного обмена, построение общего поля внешних устройств, где впервые были предложены и использованы принципы периферийных станций, объединяющих в своем составе потребительский законченный комплект внешних устройств;

- разработка основ программного управления обменом информацией и взаимодействием между многими ЭВМ, а также обмена с полем внешних устройств, ориентированных на работу в реальном времени;

- исследование и разработка принципов построения специальных вычислительных комплексов - центров коммутации систем передачи данных (составляющих базу построения современных сетей ЭВМ), с 1972г.- пионер отечественных разработок в этом направлении.

Свои научные и технические идеи он воплотил в жизнь как главный конструктор многих крупных разработок, имевших важное народно-хозяйственное и оборонное значение.

В 1979 г. Матюхин был избран членом-корреспондентом АН СССР по специальности "Вычислительные машины и системы машин" отделения "Механика и процессы управления". В последующие годы он проводил научные исследования по концепции развития ЭВМ пятого поколения.

Казанская инженерно-конструкторская школа: разработка и производство ЭВМ и технических средств I - IV – поколения в Казани

Бадрутдинова Маргарита Шамсутдиновна

АО «АйСиЭл – КПО ВС», директор музея «История вычислительной техники в Казани»

MBADR@icl.kazan.ru

Гусев Валерий Федорович

Совет ветеранов КПО ВС, г. Казань

Дьячков Виктор Васильевич

АО «АйСиЭл – КПО ВС», генеральный директор

diachkov@icl.kazan.ru

Якимов Игорь Максимович: к.т.н.

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева

yakimovigormaks@mail.ru

Начало производства ЭВМ в Казани связано с Казанским заводом математических машин. Он создан в 1954 г. на основании Постановления СМ СССР № 1213 от 11.05.51. Начальник главка «Главточмаш» обязал директора КЗММ Константина Елизаровича Минеева организовать с 1957 г. производство узлов и блоков ЭВМ М-20, «Урал» и «Волга». Позже на этом заводе было организовано производство ЭВМ М-20, Урал-14, М-220, Наири, Сетунь, также выпускались внешние устройства ВУ-700. АЦПУ-128 и др. С появлением собственных разработок было организовано СКБ, которому вменялось также техническое сопровождение выпускаемой заводом продукции. Это обстоятельство позволяет говорить о формировании казанской инженерно-конструкторской школы создания и производства ЭВМ.

Казанская школа, главным идеологом и организатором которой стал Валерий Федорович Гусев, сделала свой первый принципиальный шаг уже в 1966 году, получив поддержку у вновь назначенного директора завода В.Н. Иванова. Валерий Федорович Гусев 1940 года рождения, выпускник Таганрогского радиотехнического института, Лауреат государственной премии СССР (1983), к.т.н. (1984), сформулировал условия устойчивого крупносерийного производства средств вычислительной техники (СВТ). Идеология коллектива, который со временем приобрел черты инженерно-конструкторской школы, базировалась на нескольких постулатах:

Принцип непрерывности и единства исследований, разработок, производства и применения средств вычислительной техники (СВТ).

Широкое применение средств автоматизации на всех этапах жизни СВТ.

Ориентация на создание многомашинных комплексов и сетевых технологий.

Взаимодействие с вузами в вопросах подготовки специалистов и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

В процессе проведения разработок в СКБ КЗ ЭВМ, начиная с ЭВМ М-220А, (1967г.) вокруг В.Ф. Гусева сформировалось дееспособное ядро, объединившее инициативных и высококвалифицированных специалистов, которые на долгие годы определили политику завода в области разработок и производства СВТ: А.Х. Абдрахманов, Н.Б. Бадамшина, М.Ш. Бадрутдинова, Ф.А. Григорьев, В.Ф. Гусев, А.В. Закиров, Г.Н. Иванов, Г.И. Кренгель, Г.Н. Матвеев, В.М. Платонова, И.Ш. Рахманкулов, Л.Ф. Цирюльник, Э.А. Ситницкий, Ю.Ф. Сотов, С.Д. Тартаковская, В.В. Фадеев, И.А. Файзуллин, В.Н. Хорьков, М.З. Шагивалеев, Г.А. Шешуков, В.П. Шляпников, Л.Н. Шувалов, В.Д. Шурыгин, И.М. Якимов, А.У. Ярмухаметов.

Основополагающие принципы Казанской школы стали фундаментом комплексной программы разработки на базе М-220 (1965–1966), производства и системного применения ЭВМ М-220А (1967–1968), М-220М (1968–1977) и М-222 (1969–1978), а также СВТ и средств вычислительных систем (СВС), поддерживающих использование этих ЭВМ в распределённых системах на объектах МО СССР. В частности, на базе М-220М и М-222 при прямом участии завода в 1972 году была создана сеть НИП ЦУКОС сопровождения космических объектов в реальном масштабе времени. Здесь необходимо подчеркнуть, что М-222 была одной из первых отечественных ЭВМ общего назначения, работающей под управлением операционной системы (диспетчера). Производительность М-222 была в 2 раза выше производительности М-220; трудоёмкость производства М-222 была в 2 раза ниже трудоёмкости производства М-220; наработка на отказ М-222 была в 3 раза больше наработки на отказ М-220. Производство ЭВМ М-220А, М-220М, М-222 длилось до 1978 года.

Всего было изготовлено более 800 комплектов. Следует отметить вклад в эти работы сотрудников АН СССР М.Р. Шура-Буры, А.В. Товбиса, Л.С. Чесалина и МРП СССР В.К. Левина, В.С. Антонова, Б.А. Кацева. Работы Школы в этот период активно поддерживались руководством завода (В.Н. Иванов) и СКБ завода (Э.А. Ситницкий).

Поставки семейства М-220, М-220А, М-220М и М-222 имели большое народнохозяйственное и оборонное значение. Исходя из сложности и значимости задач, в 1972 году основные разработчики семейства были представлены на соискание званий Лауреатов Государственной Премии СССР. Однако звание Лауреата Государственной Премии было присвоено за работу по серии малых ЭВМ «Наири». От завода лауреатом этой премии стал А.В. Закиров.

30.12.1967 г. вышло Постановление ЦК КПСС и СМ СССР № 1180-420, поручающее Министерству радиопромышленности (МРП) разработать Единую систему ЭВМ «Ряд» (ЕС ЭВМ) и организовать её серийное производство. Во исполнение Постановления было принято решение о создании ЭВМ программно совместимых серий с IBM-360, IBM-370 и IBM-380, реализующих архитектуру коллективного пользования (АКП). Выбор противоречил принципам информационного взаимодействия в реальном мире, которым соответствует архитектура глобальных сетей (АГС). К сожалению, осознание такой необходимости пришло только в 90-х годах, когда катастрофа отечественного электронного машиностроения уже произошла. В конце же 60-х годов верх одержала стратегия копирования моделей IBM. Приказом № 138 от 12.03.1968 министр радиопромышленности В.Д. Калмыков установил следующий порядок и контрольные сроки выполнения работ по Ряду I ЕСЭВМ.

Модели ЕС ЭВМ	Разработка		Производство	
	Организация	Год завершения	Завод	Год начала
1020	НИИЭВМ, Минск	1970	МЗММ, Минск	1971
1030	ЕрНИИММ, Ереван	1970	КЗЭВМ, Казань	1972
1050	НИЦЭВТ, Москва	1970	САМ, Пенза	1971

КЗЭВМ места в работах по разработке Ряда I не получил. Этому решению способствовала пассивная в то время позиция завода по данному вопросу. С 1970 года завод начал технологическую подготовку производства модели ЕС-1030, которое продолжалось с 1972 года по 1976 год: всего было изготовлено 286 комплектов. Но уже в 1973 году стало очевидно, что производство ЕС-1030 убыточно. Следует отметить, что разработки моделей ЕС-1020 и ЕС-1050 также были неудачными, как и ЕС-1030. В связи с этим уже в 1971 году НИЦЭВТ утвердил общую программу модернизации Ряда I, в которую вошли модели ЕС-1022, ЕС-1033 и ЕС-1052. Разработки этих моделей были успешно выполнены СКБ заводов в Минске, Казани и Пензе.

В феврале 1972 г. В.Ф. Гусевым и М.З. Шагивалеевым были подготовлены предложения на разработку ЕС-1033, базирующейся на новых оригинальных структурных, технических и конструкторских решениях. Активное участие в работе приняли Г.Н. Иванов, Г.И. Кренгель, В.В. Фадеев, В.Н. Хорьков и А.У. Ярмухаметов. Предложения основывались на идее «магистральной структуры» («принцип 3М»), предложенной В.Ф. Гусевым и М.З. Шагивалеевым. Идея была защищена в СССР 15-ю авторскими свидетельствами, 96-ю – в странах СЭВ, патентами США, Англии, ФРГ, Франции, Японии. В декабре 1972 года на модель было утверждено техническое задание; разработка была завершена в 1975 году. В том же году начальником СКБ был назначен И.Ш. Рахманкулов. В ноябре 1976 года успешно прошли заводские и Государственные испытания, которые зафиксировали следующее:

- требования технического задания выполнены;
- производительность ЕС-1033 более чем в 3 раза превышает производительность ЕС-1030;
- трудоёмкость ЕС-1033 в 3 раза меньше трудоёмкости ЕС-1030.

По этим характеристикам ЕС-1033 вполне пригодна для её крупносерийного производства. В мае 1977 года ЕС-1033 выдержала Межгосударственные испытания (СЭВ), а в конце 1978 года ей, впервые в истории завода, была присвоена высшая категория качества.

Разработка, производство и применение ЕС-1033 рассматривались как единый процесс, поддерживающий максимальное значение времени наработки на отказ. В результате была достигнута наработка на отказ ЕС-1033, на порядок большая, наработки на отказ ЕС-1030. Производство ЕС-1033 продолжалось до 1984 года: было выпущено 2300 комплектов. Это была самая эффективная, надёжная и массовая модель Ряда I ЕС ЭВМ, она успешно экспортировалась в ЧССР, Индию и др. страны.

В 1978 году за создание ОС для ЭВМ Единой Системы звания Лауреата Государственной премии СССР удостоен А.Х. Абдрахманов, а в 1983 году – разработчики ЕС-1033 В.Ф. Гусев и Е.В. Курнаков.

С 1979 года на КЗЭВМ параллельно ЕС-1033 начала производиться модель Ряда II ЭВМ ЕС-1045, разработка которой была выполнена ЕрНИИММ. Техничко-экономические характеристики ЕС-1045 оказались

ниже характеристик, заявленных техническим заданием. Производство ЕС-1045 было убыточным, осуществлялось до 1981 года и не имело перспектив. Всего за 3 года было произведено только 50 комплектов.

В 1979 году ЕрНИИММ объявил разработки ЕС-1045.01 и ЕС-1046. Характеристики (отношение «производительность/стоимость», трудоёмкость, энергоёмкость) ЕС-1045.01 и ЕС-1046 были улучшены в сравнении с ЕС-1045.

В 1981-1983 гг. завод выпустил 1726 ЭВМ ЕС-1045.01, а в 1983-1992 гг. – 1627 ЭВМ ЕС-1046. ЕС-1046 по полному праву являлась лучшей ЭВМ Ряда II по большинству показателей. В 1981 г. Ереванский НИИММ завершил разработку двухмашинного и двухпроцессорного комплексов ВК-2М45 и ВК-2П45, матричного процессора ЕС-2345 и передал заводу документацию. Завод вел серийное производство комплексов с 1982 по 1988 гг.

В 1981 г. завод выполнил первые поставки ЕС-2345, промышленное производство которой продолжалось восемь лет. При совместной работе ЕС-1045.01 с ЕС-2345 производительность при решении матричных задач составляла 28 млн. оп/сек.

В 70-х годах прошлого столетия наблюдались тенденции поглощения информационных технологий коллективного пользования (ИТКП) информационными технологиями глобальных сетей (ИТГС). Архитектура коллективного доступа себя исчерпала и назрел переход к автоматизированной государственной сети (АГС), который требовал применения низкоэнергетических элементов в микроэлектронике. В отечественном электронном машиностроении резкий переход к ИТГС был невозможен вследствие слабого развития микроэлектроники. Следовало сделать попытку внедрения в ЕС ЭВМ элементов АГС.

При создании универсальных ЭВМ первого и второго поколений системы автоматизированного проектирования (САПР) в нашей стране не применялись. Использовались лишь отдельные обособленные программы ЭВМ, чаще всего расчётного характера. Разработка ЭВМ третьего поколения настоятельно потребовала комплексного применения САПР.

В начале 1974 г. в СКБ завода был организован отдел САПР, который возглавил к.т.н. И.М. Якимов. Немногочисленный в первое время отдел сразу включился в процесс проектирования ЕС-1033, наиболее существенной разработки СКБ за все годы существования. Но кроме повседневной работы по автоматизированному проектированию требовалось создать и саму САПР, позволяющую обеспечить комплексный подход к процессам проектирования, производства и контроля средств вычислительной техники (СВТ).

Характерной особенностью развития САПР в нашей стране являлось отсутствие возможности заимствования готового программного обеспечения САПР, которое было закрытым у зарубежных фирм разработчиков ЭВМ. Отдел активно включился в разработку Единой системы автоматизированного проектирования (ЕСАП), возглавляемую головным предприятием – НИЦЭВТ. Разработчики ЕСАП использовались при проектировании и производстве на КЗЭВМ следующих СВТ: ЕС-1033, ВК-1033, ЕС-1007, ЕС-8170, ЕС-8375, ЕС-6903, БАРС. Серийное производство ЭВМ ЕС-1045 и ЕС-1046, разработанных в ЕрНИИММ с помощью САПР собственной разработки - «Автопроект», на КЗЭВМ сопровождалось также с помощью САПР «Автопроект». В разработке ЕСАП КЗЭВМ по договорам приняли участие КАИ, КГУ, МВТУ им. Н.Э. Баумана. Результаты автоматизированного проектирования СВТ внедрялись в АСУ ТП, разрабатываемых в СКБ под руководством Г.Н. Матвеева и В.М. Платоновой Разработаны АСУ ТП 7, 10 и 11 цехов завода. Отметим, что названные цеха являлись передовыми на заводе и активно внедряли у себя новые технологии во многом благодаря активной позиции начальников этих цехов: И.М. Красильникова, Н.С. Борщевской и Ф.Ж. Гизатулиной. Успешное проведение работ по созданию и применению средств САПР во многом способствовало тому, что завод в течение более чем 10 лет был самым передовым предприятием страны по производству СВТ.

Представителями школы в 1977 г. на основании принципа непрерывности и единства исследований, разработок, производства и применения средств СВТ были подготовлены предложения по разработке ЭВМ на ограниченном наборе микропроцессорных СБИС и подготовки на заводе массового производства комплекса средств, учитывающих особенности АГС и включающих модели ЕС-1047.01, ЕС-1047.02 и ЕС-1047.03, терминальную ЭВМ ЕС-1007; процессор телеобработки данных ЕС- 8375, сетевой микропроцессорный адаптер ЕС-8170, малогабаритные накопители на магнитных дисках, интеллектуальные устройства отображения с кристаллическими экранами и персональные ЭВМ. Этими предложениями завод брал на себя обязательства проведения работ по созданию и обслуживанию глобальных сетей. В 1978 г. было получено согласие Генерального конструктора ЕС ЭВМ В.В. Пржиялковского о включении предложений в генеральный план работ по ЕС ЭВМ.

В то время директор КЗЭВМ В.Н. Иванов был назначен начальником Главка внешних устройств (11 ГУ МРП). Несмотря на отказ 11 ГУ от разработки ЕС-1047, СКБ выполняло в 1980 – 1984 годах одобренную часть работ. Были разработаны и внедрены процессор телеобработки данных ЕС-8375, сетевой микропроцессорный адаптер ЕС-8170, терминальная ЭВМ ЕС-1007 и алфавитно-цифровые печатающие устройства ЕС-7036 и ЕС-7038. Главными конструкторами разработок были Г.Н. Иванов, В.В. Фадеев, А.У. Ярмухаметов и А.Г. Шешуков. Однако эти работы не могли предотвратить последствия отказа от сетевой стратегии. Необходимо было решить главный вопрос – перехода от ИТКП к ИТГС и, следовательно, от АКП к АГС. Этот вопрос

неоднократно обсуждался в начале 80-х годов на уровнях НИЦЭВТ, 8ГУ МРП и 11ГУ МРП. Приемлемое для всех решение найти не удалось. Необходимо было выйти на следующий уровень. Начальники 8 ГУ и 11 ГУ Ю.Т. Сёмиков и В.Н. Иванов согласовали эту позицию. В конечном итоге совещание приняло положительное решение. Так начиналась перепрофилизация предприятий Казанского куста.

В процессе дальнейших работ выяснилась необходимость более тесного сотрудничества с организациями министерства информатизации и связи. Сотрудничество было установлено через Центральный научно-исследовательский институт связи (ЦНИИС) и организованную им Международную академию связи (МАС).

В 2003 – 2006 годах в г. Казани проводятся ежегодные Международные научно-практические конференции «Инфокоммуникационные технологии глобального информационного общества. В 2007 году в связи с реорганизацией Министерства информатизации и связи РТ Казанское отделение МАС потеряло фундамент. Это привело к его фактической ликвидации.

Строительство в 1954 году в г. Казани завода математических машин положило начало развитию в Республике Татарстан комплекса предприятий отрасли отечественного электронного машиностроения. С развитием КЗММ завод «Пишмаш» был переориентирован на производство устройств ввода – вывода информации для ЭВМ и получил название Казанский завод пишущих устройств.

За годы существования завода в Республике Татарстан были созданы:

ГНИПИ ВТ – Государственный научно-исследовательский проблемный институт вычислительной техники по разработке и внедрению информационных технологий и средств вычислительной техники в народное хозяйство;

КНИТИ ВТ – Казанский научно-исследовательский технологический институт вычислительной техники по разработке и внедрению технологий производства средств вычислительной техники;

НПО «Алгоритм» - научно-производственное объединение «Алгоритм» по разработке программного обеспечения, обслуживанию ЭВМ и подготовке специалистов, в дальнейшем преобразованный в КНПО ВТИ;

- Факультет технической кибернетики и информатики в КНИТУ им. А.Н. Туполева;
- Факультет вычислительной математики и кибернетики в КФУ им. В.И. Ульянова – Ленина;
- Филиал института проблем информатики АН СССР (ИПИАН), в дальнейшем преобразованный в институт проблем информатики АН РТ.

Таким образом, в Республике Татарстан был создан уникальный комплекс по подготовке кадров, разработке, производству и внедрению в народное хозяйство широкого спектра программных и аппаратных средств ВТ на основе прогрессивных технологий. Вследствие этого Республика занимала ведущее место в области ВТ и информатики в СССР и странах Совета экономической взаимопомощи (СЭВ). КЗ ЭВМ и КПО ВС около четверти века были флагманом отечественного электронного машиностроения. Коллектив завода и объединения, пройдя за сравнительно короткое время большой путь по созданию, освоению и производству ЭВМ четырех поколений, внес существенный вклад в ускорение научно-технического прогресса в стране, в укрепление ее обороноспособности.

Подолжило естественное развитие информационных технологий и школы совместное предприятие Казанского производственного объединения вычислительных систем (КПО ВС) и британской компании International Computers Limited (ICL), в настоящее время АО «ICL- КПО ВС». Возглавил его В.В. Дьячков.

Компания ICL-КПО ВС, созданная в 1991 году в настоящее время является ядром Группы компаний ICL, в которой объединены 8 специализированных предприятий в области ИТ. Группа ICL вышла на годовую выручку (за 2016 год) в размере 9,4 млрд. рублей. Количество сотрудников – более 2000 человек. Штаб-квартира группы компаний располагается в Казани, ряд представительств и офисов предприятий находится в Москве, Санкт-Петербурге, Воронеже, Астрахани, Иннополисе и Белграде (Сербия).

Литература

1. Бадрутдинова М.Ш. Казанский завод ЭВМ (КЗММ, КЗ ЭВМ, КПО ВС). Казань, 2004 299 с.
2. Татарская энциклопедия /гл. редактор М.Х. Хасанов. Казань. Институт татарской энциклопедии, 2006. С. 144–145.
3. Связь России. Биографическая энциклопедия – М. Столичная энциклопедия, 2008. С. 439–440.
4. Отечественная электронная вычислительная техника. Биографическая энциклопедия /под редакцией С.В. Хохлова. М. ЗАО Издательский дом Столичная энциклопедия, 2014. С. 55–56, 319–322.
5. История информационных технологий в СССР /под общей редакцией Ю.В. Ревича/ - М. Издательство Книма, 2016. С. 49–78.
6. История отечественной электронной вычислительной техники. Изд. 2-е, испр., доп. /под редакцией С.В. Хохлова/ - М. Издательский дом Столичная энциклопедия, 2017. С. 616–622

Непридуманная история создания Эльбрус 1-К-2 и его математического обеспечения

Балакирев Николай Евгеньевич, к.т.н., профессор

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)

В конце 1978 года представители разработчиков ОС ДИСПАК (В.Ф. Тюрин, Н.Е. Балакирев) были приглашены Всеволодом Сергеевичем Бурцевым, директором ИТМиВТ, для знакомства с новой разработкой Эльбрус-1 [1] и с его специализированным процессором вычислительной системы (СВС). Главным конструктором этого СВС оказался Марк Валерьянович Тяпкин, обаятельный и обстоятельный инженер и разработчик. Он показал небольшую стойку, в которой в интегральном исполнении была реализована очень популярная, прежде всего среди научных организаций, электронно-вычислительная машина второго поколения БЭСМ-6. Фактически СВС, со встречаемым названием как интегральная БЭСМ-6, а после сдачи государственной приемки именуемой уже как Эльбрус-1-К-2 (Эльбрус-1 комплектация 2) имел необычную историю своего появления. Эта машина была «вживлением» в многопроцессорный комплекс Эльбрус-1, а в последующем в Эльбрус-2 специального вычислителя, полностью совместимого по командам пользователя с ЭВМ БЭСМ-6. Фактически на этой машине отработывалась технология создания будущего Эльбруса-2. Насколько она превосходила БЭСМ-6, можно сравнить по техническим характеристикам, представленным в табл. 1.

Таблица 1.
Технические характеристики линии БЭСМ-6.

Характеристика	БЭСМ-6 (поздний вариант)	Эльбрус-1К2	Эльбрус-КБ
Производительность (млн. оп/с)	1	2,5 — 3	4 — 5
Возможность параллельной обработки	Многомашинный вариант через общие диски	Многопроцессорная обработка эффективная конфигурация до 3-х процессоров	Многомашинный вариант через перекрестное обращение к оперативной памяти
Частота, МГц	10	20	20
Разрядность обрабатываемых данных через сумматор, в том числе с плавающей запятой, бит	48	48	48 или 64
Разрядность математического адреса ОЗУ, бит	15	15	15 или 27 в новом расширенном режиме
Объём физической памяти ОЗУ	0,768 мб	В пределах подключаемой конфигурации Эльбрус 1	64мб
Объём дискового ЗУ и МБ (в стандартной комплектации)	11мб	58 мб	800 мб
Занимаемая площадь, м ² (со всей периферией)	250	250	70
Потребляемая мощность, кВт	60	105	25

Прежде всего, следует сказать о причине зарождения, о новых качественных технических и технологических характеристиках СВС. Эта машина была фактически заказана представителями ВНИИЭФ во главе с Иваном Денисовичем Софроновым. Основной комплекс программ у них был реализован на БЭСМ-6 и более того имелись программы, которые решали их задачи, но написаны были чуть ли не в кодах машины с максимальной «выжимкой» производительности за счет хорошего знания внутренней архитектуры БЭСМ-6. Значимость их программного комплекса в работе оборонных изделий не

предполагала возможности приостановки работ и отведения времени на переписывание программ. Именно эти обстоятельства потребовали внедрить в стройную архитектуру многопроцессорного вычислительного комплекса (МВК) Эльбрус, который на этапе проектирования именовали Чегет, – спецпроцессор вычислительной системы. Нужно подчеркнуть, что на начальном этапе в комплексе Эльбруса не планировали других центральных процессоров (ЦП). Итак, следует заметить, что названия СВС, интегральная машина БЭСМ-6, Эльбрус-1-К-2 относятся к одной и той же вычислительной машине.

Несколько слов о техническом содержании СВС. Эльбрус-1 был реализован на старой элементной базе, а СВС фактически был началом применения интегральной техники и явился полигоном для обкатки технологии создания будущего Эльбрус-2. Именно применение ИС позволило уместить всю БЭСМ-6 в одной стойке эквивалентной одному не большому книжному шкафу. Маленькая реплика болтунам из Интернет, которые подхихикивают по поводу размерности и характеристик наших Советских компьютеров. Мы же не смеемся, когда читаем, что перемещение из Москвы в Европу в Петровские времена как для Россиян так для Европейцев занимало недели. Можно было после прочтения о таком факте задать глупый вопрос: «И почему они не летали?» И здесь сразу же хочется отметить, что и Американские компьютеры в то время также не отличались миниатюрностью.

Именно появление первых интегральных схем привело к тому, что вся логика машины в последующем стала размещаться в одной микросхеме. Но в ту пору такие технологии, как у нас, так и в США делали только первые шаги. Стартовое отставание было не критичным, а в последующем важен был результирующий финиш. Но наши политики и экономисты сделали всё, чтобы мы не были первыми.

Итак, использование ИС породило проблему отвода тепла от микросхем повышенной интеграции. И в СВС впервые, (по крайней мере, в СССР) была применена система водяного охлаждения ячеек процессора (а в модульном конвейерном процессоре (МКП) была уже реализована система отвода тепла от БИС). То, что размещалось в шкафу с точки зрения охлаждения, тянуло за собой целую «водопроводную» систему, включая охлаждение самой воды. Это было большой проблемой для этого комплекса.

Безусловно, для такого сложного комплекса требовались новые конструктивы: шкафы, ячейки, разъемы, кабели и т.д. Всё это в совокупности выливалось в громадную технологию, включая, математическое обеспечение, производство ИС, а затем и БИС (проектировались в ИТМиВТ, а производились в Зеленограде) и т.д., которая и была поименована как технология Эльбруса. И, слава Богу, несмотря на усилия наших горе-«реформаторов», а по факту разрушителей нашей вычислительной отрасли, технология Эльбруса жива [2]. Стоило бы поблагодарить наших разработчиков и конструкторов за их за мужество и стойкость в сумятице и неразберихе государственных преобразований. А нашим горе-экономистам и политикам дать совет: «Не пытайтесь измерять творческий потенциал и возможности людей в денежном эквиваленте». Духовная валюта – она в поступках и в их результатах во благо всех людей, а для того, чтобы она множилась нужно, создавать атмосферу и климат для творчества.

О людях и творческой атмосфере в ИТМиВТ. Видимо, в немалой степени благодаря С.А. Лебедеву в институте собрался коллектив, увлеченных своей работой людей и работа в нем не прекращалась ни днем, ни ночью. Припозднившиеся жители домов, находящихся рядом с ИТМиВТ, часто могли наблюдать такую картину: ежедневно около 0.40 московского времени из проходной института выскакивала толпа сотрудников, и бегом устремлялась на остановку троллейбуса, который доставлял их к метро «Ленинский проспект», закрывавшемуся в час ночи. А внутри института в курилках непрерывно обсуждались насущные проблемы вычислительной техники, зарождались новые идеи, а дым то ли творчества, то ли сигарет окутывал курящих. Не зависимо от статуса сотрудника можно было обратиться с любым вопросом в любую лабораторию и получить исчерпывающий ответ. Всех объединяло то, что делалось одно дело, и как на фронте требовалась взаимовыручка и понимание задач не только своих, но и тех, кто работал рядом. Людей интересовали не их карьера, а дело, которому они честно служили. И не удивительно, например, что такие известные конструкторы наших советских ЭВМ, как Андрей Андреевич Соколов, главный конструктор МКП, и Марк Валерьянович Тяпкин, главный конструктор Эльбрус 1-К-2, стали вполне заслуженно докторами наук без защиты. У них просто не было времени заниматься оформлением диссертаций! И это были не единичные случаи в ИТМиВТ.

Итак, уже с начала 1979 года группа из трех человек во главе с Н.Е. Балакиревым приступила к переносу ОС ДИСПАК на комплекс Эльбрус с процессором СВС. О прямом переносе речи не могло быть, так как периферийные устройства и её подключение в корне отличалось от БЭСМ-6. Кроме того набор прерываний, структура памяти также были отличны от БЭСМ-6, не говоря уже о пульте, с которого велась отладка ОС. Естественно, набор команд для режима операционной системы в корне отличался от БЭСМ-6. Но самое главное состояло в том, что аппаратура не была готова ни к отладке, ни к эксплуатации. То есть, требовалось отлаживать не только ОС, но и аппаратуру, которая была в очень «сыром» состоянии. Еще один, весьма существенный момент, который заключался в том, что вся периферия, процессор ввода вывода (ПВВ) (главный конструктор Леонид Евгеньевич Пшеничников), синхронизатор, память были в единственном экземпляре, и потому для отладки приходилось распределять время между разработчиками «родного» Эльбруса и разработчиками линии БЭСМ-6. Распределением времени занимался Арнольд Леонидович Плоткин и для разработчиков «пасынков» Эльбрус-1 он отводил самое «лучшее» время: ночь,

раннее утро, часы в выходные и праздничные дни и по принципу: то пусто, то густо. Кроме этого в аппаратуру вносились постоянные доработки, либо поступала новая техника, которой тоже приходилось выделять время для отладки. Вот в такой обстановке приходилось отлаживать будущий вычислительный комплекс Эльбрус 1-К-2.

Память была многосекционной, а номера секций, подключенные к работающей конфигурации, позиционно высвечивались в регистре физической конфигурации устройств центральной части вычислительной системы (секции памяти, центральные процессоры и процессоры ввода-вывода). Те центральные устройства, которые не использовались системой, блокировались через маски конфигурации устанавливаемой командами ОС программно. В основе организации памяти лежала страничная организация, а адресация бала рассчитана на адресацию 80 разрядных слов, в которых информационная часть составляла 64 разряда (для СВС 48 разрядов). Остальные 16 разрядов были служебными, включая тег, код Хэмминга для исправления одиночной ошибки и контрольные разряды. Введение тега было интересной идеей, но, к сожалению, никак не использовалось в СВС, за исключением двух специальных тегов, указывающих на принадлежность ячеек к СВС для команд и данных. Безусловно, новым был код Хэмминга, ОС могла получать информацию об адресах исправляемых ячеек памяти, и в этом случае необходимо было обеспечить сбор статистики в ОС с возможностью информирования о необходимости замены или ремонта секции памяти. Для замены и ремонта памяти без остановки работы ОС необходимо было освободить память с переносом нужной информации в другие секции памяти и установить маску непригодной к эксплуатации секции. После таких манипуляций можно было физически отключать память. Всё это способствовало живучести системы и даже позволяло включать несколько конфигураций, но для программной отладки требовался ПВВ, который был в единственном экземпляре. В последующем уже во ВНИИЭФ эти возможности использовались при отладке и ремонте оперативной памяти. Так что параллельно с основной родной командой Эльбруса команде с СВС можно было только тестировать программы проверки СВС и памяти или работу самого процессора.

Несколько слов о нумерации разрядов памяти. Их было три варианта: для родного центрального процессора Эльбруса, для ПВВ и для процессора СВС. При этом нумерация разрядов была с точностью до наоборот для родного Эльбруса и ПВВ, а для СВС надо было учитывать еще 16 разрядный недобор (использовались только 48 информационных разрядов), поэтому при отладке программ часто возникали недоразумения. Разработчики программного обеспечения СВС называли номер разряда в их нумерации, а аппаратчики, обслуживающие память, искали ошибку совсем в другом месте. То же самое наблюдалось и для ПВВ. Не обходила эта ситуация стороной и родных разработчиков Эльбрус-1.

Для СВС недостатком являлась «скромная» буферизация памяти: существовали те же 8 регистров считывания, 8 регистров записи и 8 регистров команд, в то же время как у основного ЦП уже появился КЭШ. В процессе отладки трижды менялась конструкция и основа памяти, которая технологически была абсолютно разной. Особенно интересным был ферритовый вариант памяти, который поражал изяществом исполнения и той потенциальной трудоемкостью изготовления, которое могли доверить только женским рукам. Окончательным вариантом памяти стала интегральная память, но, так или иначе, все эти поколения памяти приходилось отлаживать и писать на них тесты. Это всё показывало, что разработки велись в разных направлениях, и шел поиск оптимального решения в оснащении ВС Эльбрус.

Процессор ввода-вывода и концепция работы с периферией оказались самым слабым звеном во всем комплексе Эльбруса. Это мы понимали и тогда, исходя из опыта эксплуатации ОС ДИСПАК на БЭСМ-6. Центральная часть – наиболее консервативная часть системы, а вот периферия видоизменяется, а в связи с появлением новых устройств расширяет свою номенклатуру множество раз при неизменном процессоре, да и памяти. Разработчику компьютера надо всегда помнить, что самое мягкое железо в твердом железе (soft ware in hard ware) – это периферия. При появлении нового устройства или интерфейса с новым устройством изменяется или пишется новый драйвер, что никак не отражается на общей программной компоненте системы. Известно, что в процессе эксплуатации Эльбрус-2 на специальных объектах, периферийная часть и ПВВ были полностью заменены современным оборудованием, что подтверждает те давние наши выводы. И еще одна существенная ошибка, это попытка всю надежность обеспечить аппаратным путем. Всем понятно, что отлаженный программный код, если аппаратура гарантированно исправна, сломаться не может, а вот контролирующая часть, так же как и её основная часть, могут выйти из строя – и то и другое как то надо проверять. Похожий вывод следует отнести и к ОС, она не должна быть слишком «умной» и громоздкой. Здесь должен существовать разумный компромисс на основе показателей отъема производительности от задач или приложений на нужды выполнения функций ОС. Если время работы ОС и её «безграмотное» функционирование съедает близкое к 50% процессорного времени, особенно для систем коллективного пользования (серверов), то следует переписывать такие системы.

При отладке запоминающих устройств МБ, МД, МЛ мы широко использовали так называемые контрольные суммы зон длиной в 1024 шести байтных слова, которые по информационному содержанию и объему соответствовали странице памяти в ОП (1024 слова), но имели, кроме того, и служебную информацию, которая и содержала эти суммы. При отладке мы полностью ориентировались на программный контроль и часто просто игнорировали аппаратный контроль, доверяясь собственному

программному контролю. Еще один огорчительный момент, который нас просто шокировал. Для того чтобы произвести какой либо обмен, необходимо было оформить 8-ми словную заявку (80 байт) и прописать все необходимые признаки и поля. И когда вопрос касался обмена с терминалом, то на 1 байт обмена необходимо было оформить 8-ми словную заявку. Безусловно, такой обмен был сильно накладной процедурой. В связи с этим тупиковая идея подключить видеотоны венгерского производства вместо терминальной станции ЕС7920 для реализации терминальной сети потерпела фиаско, именно, по причине невозможности обслуживать каждый бит 8-ми словной заявкой. Дополнительные перепайки ПВВ с целью нивелировать этот недостаток ни к чему не привели. И то, что главным тормозом при отладке был ПВВ, который периодически ломался, перепайвался, проходил профилактику, ни для кого из людей, отлаживающих программы, не был секретом.

Еще одно новшество, которое нами практически не было использовано, но афишировалось Борисом Арташесовичем Бабаяном (главный идеолог Эльбруса) – это был рестарт. При любом серьезном сбое фактически автоматически заново запускалась ОС и, естественно, от имени и по инициативе процессора ввода-вывода. Приходилось наблюдать моменты на Эльбрус-1, когда благодаря рестарту, работая на ненадежной аппаратуре, мой однокашник Салават Гилязов (разработчик тестов Эльбрус-1) не мог редактировать строки своей программы, пока не устранялась аппаратная «ляпа».

К той же серии просчетов следует отнести и процессор передачи данных (ППД) (руководитель проекта Валерий Иванович Перекатов). Данный процессор в отличие от ПВВ имел команды для программирования драйверов. На ППД нашей командой, работающей на СВС параллельно с командой Перекатова, было создано математическое обеспечение для обслуживания видеотонов на макроязыке БЕМШ [3]. И система у нас заработала, но, к сожалению, в дальнейшем нам прекратили выделять время и мы не смогли продемонстрировать наш успех широкой публике. Но здесь хотелось бы сказать не об этом. Дело в том, что ППД, обладая большим «интеллектом» по отношению к ПВВ, в общую конфигурацию мог входить только через ПВВ. То есть для ПВВ это было некоторое периферийное устройство, что явно было недоразумением.

Периферия отлаживалась так же тяжело, как и ПВВ, а больше всего тормозил аппаратный контроль устройств. Здесь нам удавалось, пользуясь программным контролем, работать на неисправной аппаратуре. Были случаи, когда «залипал» один разряд в байте. Имея дополнительный контрольный разряд и контрольную сумму, мы фактически восстанавливали информации при неработающей аппаратуре. Другой сценарий, когда приходилось осваивать работу осциллографа и физический уровень интерфейса для того, чтобы доказать, что ошибка аппаратная и она не в ПВВ и не в нашем процессоре СВС. Барабаны просуществовали не долго, хотя они нами были отлажены в первую очередь. Большим вопросом была терминальная сеть, которая была представлена весьма громоздкими устройствами ЕС7920. На БЭСМ-6 хорошо зарекомендовала себя терминальная сеть из видеотонов, и подавляющее число программистов оформляло и отлаживало свои программы через терминал. Разницы с современным способом подготовки и отладки программ практически не было. Единственным неудобством было ожидание завершения запущенной программы и невозможность перезапуска системы, если происходил технический сбой. Это было похоже на «облачные» вычисления, потому что данные тоже хранились в общем архиве, но «облако» находилось в том же здании, где работал программист.

Лентопротяжки и ленты, как и терминалы, вернее терминальные станции, тоже поставлялись по линии ЕС ЭВМ, и хотя они были более изящными, но качество было не на высоком уровне. И если лента заклинивалась, то это приводило к порче информации и, самое страшное, к невозможности считывания информации с данного участка. На БЭСМ-6 эту проблему можно было решать ручным способом: двигая ленту вдоль головки, мы «нащупывали» состояние, когда лента считывалась.

Наступил момент сдачи вычислительной системы Эльбрус 1-К-2 вместе с ОС ДИСПАК [3] Государственной комиссии. Комплекс сдавался в течение суток на пакете задач, наиболее характерных для научных вычислительных комплексов. Но наиболее трудным делом оказалось подготовка документации согласно ГОСТа и утверждение документов военпредами. Вспоминается лето 1980 года и конфликт, возникший между приемкой и разработчиками, который обсуждался в конференц-зале института. Генерал-майор Михаил Иванович Ненашев, руководитель 5 управления Главного управления вооружения войск ПВО страны, которое осуществляло функции заказчика разработки средств противоракетной обороны (ПРО), системы предупреждения о ракетном нападении (СПРН), систем контроля космического пространства (СККП) и противокосмической обороны (ПКО), разразился разгромной речью по поводу срыва сроков, и в нелестных выражениях обрушил свой гнев, прежде всего, на директора института Всеволода Сергеевича Бурцева. На что тот спокойно ответил примерно так: «Если вы считаете, что разбираетесь лучше моих разработчиков и инженеров, токажите своих военпредов и берите руководство на себя. Если вы готовы и гарантируете решить задачу в указанные вами сроки, то и я готов уступить вам своё место!» После долгих перепалок договорились никого не отправлять в отпуски, в том числе и военпредов, пока вычислительный комплекс не будет сдан. В дополнение к этому эпизоду, говорящему о сложности получения результата, особенно в наукоемких и технологичных отраслях, хотелось вспомнить еще один случай. Помню одно из совещаний, которое как обычно проходило вечером, после 18.00.

Всеволод Сергеевич Бурцев, заслушав и оценив состояние дел, поставил перед каждым задачу и определил срок проверки им результатов выполнения поставленных задач уже утром следующего дня. И ни одного возмущения и ворчания даже за пределами кабинета не прозвучало, хотя часы показывали 21.00. Трудовое законодательство явно нарушалось, но дело шло.

Испытания Эльбрус 1-К-2, который это имя получил перед самыми испытаниями при оформлении технической документации, с задачами в ОС ДИСПАК успешно были завершены в первый же суточный прогон. Хочется заметить, что кроме этого были названия и комплектации, такие как Эльбрус 1-К-4, Эльбрус 1-К-6, как мы видим четные, которые предполагали подключение дополнительных процессоров СВС. По завершению испытаний не было никаких банкетов или празднований, так как необходим был отдых, и, в то же время, наша команда уже думала о новом проекте, который вылился в комплекс Эльбрус 1-КБ.

Отдельные строки, уже касающиеся внедрения процессоров, и, прежде всего, при реализации параллельных вычислений, впервые апробированных в рамках многопроцессорного комплекса Эльбрус с процессорами СВС. Эти работы велись в Арзамасе-16, и там команде разработчиков ДИСПАК пришлось доказывать право введения своей системы в промышленную эксплуатацию на вычислительном центре в конкуренции с операционной системой Феликса Рудольфовича Цанга из Новосибирского филиала ИТМиВТ. Прежде всего, отдавая должное амбициям этой молодой и дружной команды, следует сказать, что к работам они приступили раньше, чем наша. Кроме этого, они делали специальный язык для написания ОС, похожий на автокод Эльбрус [5] и обладающий некоторыми чертами языка Си. Свою ОС они писали, опираясь на опыт UNIX и, конечно, хорошо были знакомы с нашей системой. Здесь соревнование происходило по следующей схеме: они выходят в одну ночь, мы в другую. Безусловно, опыт отладки конкретного оборудования в ИТМиВТ и наличие работающей системы на БЭСМ-6 были нашими преимуществами. Что касается языка. Хотя мы работали на Ассемблере, у нас был Макроязык [4], используя который нам удавалось иметь единый текст ОС для БЭСМ-6 и Эльбрус-1-К-2. Кроме того, мы уже создавали макроопределения, которые повышали уровень нашего языка. Команда Цанга, обладая меньшим опытом, очень сильно тормозила из-за необходимости вставок на уровне системы команд. Но в то же время у команды Ф.Р. Цанга был очень сильный административный рычаг, это Г.И. Марчук, который стал президентом Академии наук СССР. Но, несмотря на все эти нюансы, безусловно, команда разработчиков ДИСПАК была сильнее, и требование практики привело к решению эксплуатировать нашу систему. Безусловно, в реализации варианта ОС ДИСПАК для Арзамас-16 ведущую роль сыграл Ю.Г. Бартеньев и его группа.

Особо следует отметить реализацию параллельных вычислений, которые были проведены в ОС ДИСПАК на комплексе из двух и трех процессоров СВС. Отчеты об этой деятельности, к сожалению, имелись только в закрытом виде, и думается, не приоткрыты и к настоящему времени. Но можно привести по памяти следующие цифры. На системе из двух процессоров ускорение было до 1.8, а для трехпроцессорного варианта этот показатель снизился до 2.3, максимум 2.4. Безусловно, можно было бы подобрать задачи, которые могли улучшить эти характеристики, потому как мы понимали, что главная проблема параллельных вычислений – это конфликт по памяти на семафорах. Но на комплексе решались те задачи, которые нужны были стране. И здесь положение не спасали ни кэш-память, ни другие ухищрения. Опыт, полученный на этом комплексе, как сообщали авторитетные люди, коснулся и фирмы Cray, которая обращалась к программистам, использовавшим параллельные вычисления на комплексе Эльбрус 1-К-2. К сожалению, нет документальных подтверждений этого факта, но то, что это могло быть, сомнений не вызывает. Не принижая достижений разработчиков США, которым создаются несравнимые с нашими комфортные условия, и уж особенно по зарплатам, хочется отметить, что и в этом случае не деньги или административный ресурс привели к успеху, а сама работа и коллектив, который формируется по случайным законам. И, иногда всё же выпадает туз.

Несколько слов о главных показателях работы ОС. Надежность и производительность системы.

При работе ОС ДИСПАК при отсутствии загрузки процессора задачами на пульте машины появлялась «вывеска»: ЖДУ. Это означало, что процессор простаивает и ждет задач. В операционной системе собиралась статистика, которая показывала, какое время процессора потрачено на задачи пользователя, а какое на нужды ОС. Так вот, этот показатель при наличии не иссякающего пакета задач был на уровне 95-98% и более. Такой показатель был обычным явлением для большинства вычислительных центров, где считались задачи на БЭСМ-6, включая ВЦ АН СССР, СО АН СССР, ИПМ, и многие другие вычислительные центры. При огромном потоке задач, до 1000 в сутки и выше, включая терминальную обработку, система была устойчива к сбоям аппаратуры, и лишь неисправимая ошибка аппаратуры могла привести к остановке ОС. Система работала сутками и нередко её перезагрузка (перевызов) была связана с профилактическими работами. Хотелось продемонстрировать два примера, характеризующие надежность. После принятия решения перехода на ОС ДИСПАК в Арзамасе-16 ОС была запущена на прогон и работала без перезагрузки в течение целого месяца.

При встрече в аэропорту главный инженер ВЦ Арзамас-16 А.И. Лукин обратился с весьма курьезным вопросом к разработчику: «А когда вы остановите машину?»

На что был получен ответ: «Машина ваша, вы и решайте!»

«А все-таки, как её сбросить?» – не решаясь остановить хорошо устоявшийся процесс счета задач и взвалить ответственность на себя, прошептал главный за весь парк вычислительных машин ВЦ.

«А кнопка сброса знаете, где находится?»

«Знаю!»

«Так и нажмите!»

«А можно?»

«Конечно!»

Понятно, что велико было желание продолжить эксперимент по проверке надежности всей системы, но, с другой стороны по регламенту требовалась профилактика, а выход из строя того или иного модуля лежал в зоне ответственности главного инженера.

Другой поучительный случай, который произошел при отладке ОС в ночное время. Выйдя на отладку системы, разработчик ОС зафиксировал странную картину самопроизвольного отключения ленты. Включив её повторно, он с удивлением опять наблюдал ситуацию, в которой ОС сообщала о повторном отключении ленты. Постоянный ночной образ жизни системного программиста приучил его ничему не удивляться. Он, повторно включив ленту, на этот раз спрятался за шкафами лентопротяжек. «Привидение» не заставило себя ждать. Из-за дальней стойки машины вдруг появилась миловидная девушка, которая, на цыпочках подойдя к лентопротяжке, быстро нажала кнопку «ВЫКЛ» и уже готова была покинуть место своего вмешательства в чужие комплексы, как тут же её руку сжала как наручником рука не поверившего в привидение программиста. Привидение вскрикнуло в ужасе: «Ой!» и опустило глаза! Системный программист, крепко держа её за руку, повел «жертву» в сторону пульта машины, по дороге нажимая на кнопки «ВЫКЛ» сначала на всех работающих лентах, затем на дисках, а в конце подошел к одной из стоек оперативной памяти и её тоже «посмел» отключить. Девушка была в ужасе от происходящего. Работающий операторский CONSUL непрерывно стучал клавишами, и на бумаге, закрученной в рулон, он видимо что-то сообщал от имени не сломленной такими манипуляциями работающей системы. Когда длительный процесс печатанья закончился, системный программист попросил прочитать «жертву» напечатанное. Чтиво, вероятно, было скучнейшим романом в её непродолжительном знакомстве с литературой, вся суть напечатанного сводилось к тому, что выключено такое-то устройство, выключено другое устройство и так далее до белого не тронутого поля бумаги. В глазах девушки были смятение и недоумение. Системный программист вновь повел её уже знакомой дорогой вдоль шкафов и начал включать устройства, выключенные до этого. Застучал CONSUL, который и после возвращения к пульту машины продолжал что-то выпечатывать. Повторившаяся процедура чтения вновь не смогла увлечь её, так как в противовес предыдущей распечатке в ней теперь сообщалось, что такое-то устройство включено, такое-то устройство включено... и так далее, и так далее до нетронутой белизны бумаги. «Вы что-то хотели мне сказать и таким образом шлете мне сообщения?» – грозно вопрошал системный программист. «Нет, нет ... Что вы! Я... я надеялась сломать и остановить вашу систему, но у меня это не получилось!» – чуть не плача произнесла девушка. «Но я же вам показал, что систему сломать невозможно!!!» – опять грозно выпалил программист. «Я... я не знала, что здесь работаете вы! Мы работаем на другой машине ЕС-1060 и соревнуемся с девчонками с этой машины. Но почему-то за хорошие показатели премию дают им, а нам уже давно не давали...» – с грустью изрекла «жертва». А затем добавила: «А у нас это приводит к останову машины!» Последние слова смягчили программиста, и он изрек: «Потратьте время на что-нибудь полезное!»

Эти истории вполне подлинные. И не вызывает никакого сомнения, особенно в настоящее время, что если бы потребовалось сравнить IBM 360, да и даже IBM 370 с нашей машиной Эльбрус-1-2-К, то выигрыш по всем показателям был бы на нашей стороне. Прототипы этих машин под названием ЕС ЭВМ, совпадали и по элементной базе и по программному обеспечению с машинами IBM. И их характеристики хорошо были известны.

Подводя итог, можно сказать, что разработка и внедрение СВС в вычислительную систему Эльбрус обеспечила наукоемкие вычислительные центры следующим поколением Советских вычислительных машин Эльбрус 1-К-2 и сыграла положительную роль в отработке технологии Эльбрус в части:

- использования интегральных схем ИС-100;
- использование интегральной памяти;
- отработка новых однопроходных комбинационных схем сумматора с дополнительным сумматором умножения и деления для наиболее критичных по времени исполнения арифметических операций;
- отработка технологии водяного охлаждения электронного оборудования, пожалуй, впервые в СССР;
- отработки модульности включения и замены «не родных» подсистем и комплексное использование различных по уровню поколений процессоров;

- возможность физического сосуществования различных вычислительных подсистем в рамках единого комплекса;
- отработка многопроцессорного варианта ОС для многопроцессорной системы;
- отработка технологии параллельных вычислений в многопроцессорной конфигурации вычислительной системы;
- комплексирование в одной системе множества разнообразных по интерфейсу, технологий, и идеологий подсистем для выполнения единой задачи;
- отработка надежности и живучести системы всей системы (аппаратуры и ОС) на уровне лучших показателей в мире (около 1 месяца без сбойной работы);
- «выжимание» максимальной производительности ОС для предоставления процессорного времени для задач пользователя;
- формирование нового поколения и школы разработчиков аппаратного и программного обеспечения.

Может быть, именно, поэтому комплексы Эльбрус 1-К-2 появились в таких известных вычислительных центрах как Арзамас-16, в ОИЯИ им. И.В. Курчатова, в ВЦ для системы управления противоракетным комплексом и т.д. И как бы его ни оценивали сегодняшние «доброжелатели», но это был ещё один шаг не только для одного института, но и в развитии всей Советской вычислительной техники.

Литература

1. Бурцев В.С. Принципы построения многопроцессорных вычислительных комплексов «Эльбрус». М.: ИТМ и ВТ им. С.А. Лебедева АН СССР, 1977. 53 с.
2. Ким А.К., Перекатов В.И., Ермаков С.Г. Микропроцессоры и вычислительные комплексы «Эльбрус». СПб.: Питер, 2013. 272 с.
3. Балакирев Н.Е., Зельдинова С.А., Тюрин В.Ф. Операционная система ДИСПАК для ЭВМ «Эльбрус-1-Б12». М.: ИТМ и ВТ им. С.А. Лебедева АН СССР, 1982. 20 с.
4. Михелев В.М., Штаркман В.С. Макрокод (описание языка). Препринт № 24 за 1972 г. М.: Ордена Ленина Институт прикладной математики Академии наук СССР 50 с.
5. Пентковский В.М. Автокод Эльбрус. Эль-76. Принципы построения языка и руководство к использованию / под редакцией А.П. Ершова. М.: Наука, 1982. 352 с.

Учет использования вычислительных ресурсов: история и настоящее

Балодис Рихардс, Dr.Sc. Comp
Опмане Инара, Mg. Math

Институт Математики и информатики Латвийского университета
Рига, Латвия
imcs@lumii.lv

Ключевые слова: вычислительные ресурсы, учет использования ресурсов, системы учета машинного времени

1. Введение.

Учет использования вычислительных ресурсов в основном преследует две цели: оптимизация параметров работы вычислительных ресурсов и расчет с пользователями и экономика содержания вычислительных средств в целом. Эта проблема явно возникла с появлением систем разделения времени.

В эпоху персональных компьютеров проблема учета использования вычислительных ресурсов отпала, но в настоящее время с появлением облачных вычислений она возобновилась. В докладе предлагается обсудить параметры учета разных вычислительных ресурсов – виртуальных машин, высокопроизводительных вычислительных процессоров, памяти для хранения данных, учет использования разных приложений. Главная проблема при глобальном использовании вычислительных ресурсов размещенных в разных географических местах - это стандартизация обмена учетными данными.

Тематикой учета использования вычислительных ресурсов Институт Математики и информатики Латвийского университета занимался в 70-тых и 80-тых годах прошлого столетия.

Решение о прекращении развития отечественных ЭВМ взамен массовому производству ЕС ЭВМ в конце 60-тых, являющимся клонированному прототипу IBM машин, заставило профессионалов искать новые подходы к внедрению своих оригинальных идей. Простейшим методом достижения этого было создание своих программных продуктов для среды ЕС ЭВМ.

Институт Математики и информатики Латвийского университета (ИМИ ЛУ) в конце 70-тых для этого работал в двух направлениях.

1. Создание оригинального интерпретатора для языка программирования ПЛ/1 (взамен PL/1 Checkout) с целью наглядного показа выполнения операторов программы в диалоговом режиме. Это позволило более точно и наглядно описать семантику языка ПЛ/1. Диалоговая система использовалась в основном в учебном процессе, а по языку ПЛ/1 была издана книга – два издания в издательстве Статистика (М.: Финансы и статистика, 1979, 1984.), в Польше (на польском языке, Warszawa: Panstw. wydaw. nauk.. - 1988) и в Латвии (ЛГУ, 1976, на латышском языке). Эту книгу (см. рис. 1) торговая сеть России распространяет и сейчас, а также книгу можно скачать в Интернете. Возможно, что в России еще работают ЕС ЭВМ.



Рис.1. Книга «Программирование на ПЛ/1 ОС ЕС»



Рис.2. Компоненты ЕС ЭВМ в музее вычислительной техники и информатики Института математики.

2. Создание системы учета использования вычислительных ресурсов МАУС для ЕС ЭВМ
Более полный исторический обзор работ ИМИ ЛУ дан в работе [1].

Для учета использования вычислительных ресурсов в то время уже были созданы заграничные системы, но мы разработали свою оригинальную систему и достигли ее включения в составе стандартного общесистемного программного обеспечения ОС ЕС ЭВМ, поставляемому НИЦЭВТом. Поддержку этого

процесса оказали множественные организации, в которых проводились конференции, и ГКНТ (МАРЧУК Гурий Иванович). 1980 году Г.И.Марчук был назначен председателем ГКНТ - Государственного комитета по науке и технике - и заместителем Председателя Совета Министров СССР.

Систему МАУС разработали М.Трейманис, И.Медведис и Р.Балодис. Главный разработчик МАУС М.Трейманис защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. МАУС был представлен на выставке ВДНХ и был награжден серебряной медалью (см. рис.3).



Рис. 3. Серебряная награда ВДНХ, 1984 год.

3. Прогноз профессора John McCarthy в 1961 году

Профессор John McCarthy на праздновании столетия MIT (Massachusetts Institute of Technology) в 1961 году предвидел услуговые вычисления - Utility (сейчас Cloud) Computing.

Слова профессора: «Вычислительная система может быть когда-нибудь организована как общественная услуга, так же как телефонная система является общественно полезной. Каждому подписчику нужно платить только за тот объем, который он фактически использует, но у него есть доступ ко всем языкам программирования, характерным для очень большой системы.» (Перевод авторов).

Косвенно эти слова указывают на новую бизнесмодель, которая базируется на учете и оплате за фактическое использование машинных ресурсов. Идея услуговых вычислений после 2000 года воплотилась в виде облачных вычислений (см. рис. 4). Для GRID- вычислений и облачных вычислений созданы аналогичные как МАУС системы учета использования машинных ресурсов[2,3,4].

[//computinginthecloud.wordpress.com/2008/09/25/utility-cloud-computingflashback-to-1961-prof-john-mccarthy](http://computinginthecloud.wordpress.com/2008/09/25/utility-cloud-computingflashback-to-1961-prof-john-mccarthy)

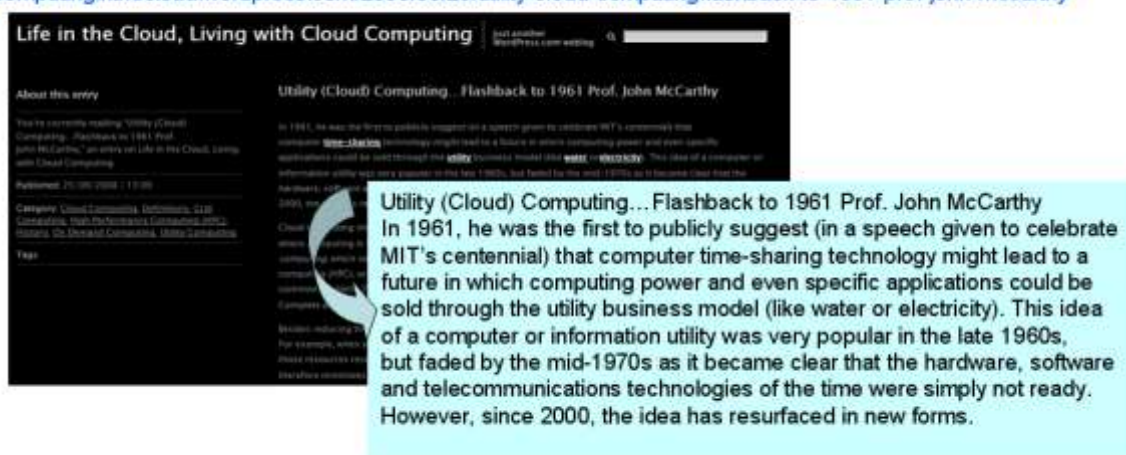


Рис. 4. WEB информация о прогнозе профессора John McCarthy в 1961году.

4. Функциональное расширение информационных систем учета использования машинных ресурсов.

Системы учета машинного времени в наше время значительно расширили свою функциональность. Ниже укажем на типичные расширения такого характера систем.

Оптимизация работы и использования вычислительных комплексов.

Информация об использовании вычислительных ресурсов предоставляет возможность оптимизировать использование ресурсов. Решение на этой основе может принять либо человек, либо сами информационные системы производит необходимую реконфигурацию вычислительной системы.

Мониторинг среды вычислительного центра (центра данных).

Для эксплуатации вычислительных комплексов необходимо поддерживать климатические условия в помещении. Системы мониторинга работы вычислительного центра (центра данных) (также системы управления центром) следит за критическими параметрами работоспособности - температурой, влажностью, входом в помещение, противопожарной безопасностью и т.д. История развития вычислительных центров (центров данных) авторами описана в [5].

Системы учета использованных ресурсов и расчетов с потребителями.

Системы осуществляют бухгалтерскую функцию использования ресурсов. Часто пытаются объединять услуги и создавать единую систему оплаты (Convergent Charging and Billing system).

Системы обслуживания потребителей вычислительных ресурсов.

Когда использование вычислительных ресурсов становится массовым, компании создают отдельные службы обслуживания потребителей и для этих служб создаются информационные системы. Такими являются системы CRM (Customer Relationship Management system) или сходные с ними.

Grid вычисления (Grid Computing), вычисления как сервисы (Utility Computing), облачные вычисления (Cloud Computing).

Такие системы являются более массовыми для предоставления вычислительных услуг. Естественно, что для управления использованием ресурсов созданы информационные системы [2,3,4].

5. Развитие технологий для систем обобщающих отчетов о работе компьютеров

Во первых, информационные системы отчетов о работе компьютеров возникли одновременно с реализацией систем разделения времени. Операционные системы поставляли данные об использовании машинных ресурсов и для обработки этих данных создавались информационные системы (как МАУС). Для снятия статистики и анализа работы сетей передачи данных используются LOG-файлы, а для анализа работы наземных и мобильных телекоммуникационных систем (АТС, базовых станций) записываются CDR (Call Description Record). В более сложных компьютерных системах (облачные вычисления) и системах распределенной обработки данных проблема сбора статистических данных использования машинных ресурсов осложняется и сейчас для этих целей используются Big Data технологии (Hadoop, MapReduce). Кроме того, информационные системы использования ресурсов зачастую связывают со сбором более широкого типа данных, например, для определения индекса экономической активности совместно обобщают информацию с социальными данными (активностью на работе, транспорте), объединяют использование компьютеров и мобильной связи, GPS. В таком случае без технологии Big Data не обойтись.

Во вторых, анализ использования машинных ресурсов показывает развитие бизнеспроцессов и для этих целей удобно собранные данные показывать в виде диаграмм: диаграмм соответствия (Affinity Diagram), диаграмм отношений (Relations Diagram), древовидных диаграмм (Tree Diagram), матричных диаграмм (Matrix Diagram), визуализация анализа матричных данных (Matrix Data Analysis), диаграмм стрелок (Arrow Diagram), диаграмм программных решений процессов (Process Decision Program Chart) и других.

В третьих, важно обобщающие данные использования машинных ресурсов представить наглядно. Для этих целей используют различные подходы и пакеты визуализации, например, Kibana (<https://www.elastic.co/products/kibana>).

В четвертых, если статистические данные собраны с распределенных систем, то сейчас данные обычно представляют на географической карте и для этого используют соответствующие программные пакеты, например, та же Kibana (<https://www.elastic.co/guide/en/kibana/current/tilemap.html>).

Заключение

Системы учета использования машинных ресурсов в течении 30 лет обросли новыми компонентами, расширили свою функциональность, зачастую стали отдельными информационными системами. В основном, функциональное расширение программных систем произошло за счет технологических перемен, с появлением сетевых технологий (Networking), вычислений как сервиса (Utility Computing), облачных вычислений (Cloud Computing), конвергенции телекоммуникаций и ИТ. Однако, имеется отдельные решения, связанные с более широким применением данных, например, при вычислении индекса экономической активности.

Литература

1. Балодис Р., Опмане И. Институт Математики и информатики Латвийского университета и три социально-технологические волны ИТ, Материалы второй Международной конференции Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР (SoRuCom-2011).
2. Liang Z., Zhang L., Dong S., Wei W. (2004) Charging and Accounting for Grid Computing System. In: Li M., Sun XH., Deng Q., Ni J. (eds) Grid and Cooperative Computing. GCC 2003. Lecture Notes in Computer Science, vol 3033. Springer, Berlin, Heidelberg.
3. Vyas Sekar, Petros Maniatis, Verifiable resource accounting for cloud computing services. CA., CCSW '11 Proceedings of the 3rd ACM workshop on Cloud computing security workshop Pages 21-26, Chicago, Illinois, USA — October 21 - 21, 2011
4. Andreas Haeberlen Petr Kouznetsov, Peter Druschel, PeerReview: practical accountability for distributed systems., Proceeding SOSP '07 Proceedings of twenty-first ACM SIGOPS symposium on Operating systems principles. Pages 175-188 Stevenson, Washington, USA — October 14 - 17, 2007 ACM New York, NY, USA
5. Rihards Balodis, Inara Opmane, History of Data Centre Development, p. 128-151, Reflections on the History of Computing: Processing Memories and Sharing Stories History of Computing Ed. Arthur Tatnall (Victoria University, Australia), IFIP AICT Volume 0387 (The Book Serie: Lecture notes in Computer Science, Subseries: IFIP - Advances in Information and Communication Technology.)

Первые отечественные программно-аппаратные комплексы моделирования цифровых схем

Басок Борис Моисеевич, к.т.н.

Московский технологический университет (МИРЭА)
Москва, Россия
basok@mirea.ru

Ключевые слова: адаптер аппаратной библиотеки БИС, ускоритель логического моделирования, верификация.

В докладе пойдет речь о первых отечественных аппаратно-программных средствах моделирования цифровых устройств. Применение этих средств позволило, с одной стороны, резко ускорить процесс моделирования, а с другой стороны – существенно упростить процесс разработки моделей цифровых блоков элементов (БЭ) повышенной сложности.

Разработка таких средств являлась логическим итогом многолетней работы коллектива отдела Диагностического контроля Института электронных управляющих машин (ИНЭУМ). Отдел был создан в шестидесятые годы прошлого столетия по инициативе И.С. Брука. Отделом руководил д.ф.-м.н. Д.М. Гробман. Отдел состоял из двух лабораторий: лаборатории Математических методов контроля (Руководитель Д.М. Гробман) и лаборатории Технических средств контроля (Руководитель к.т.н. Б.Г. Сергеев). Основное направление деятельности лаборатории, возглавляемой Д.М. Гробманом – разработка методов и программ моделирования, синтеза и анализа тестов БЭ, а в лаборатории технических средств контроля занимались разработкой аппаратных средств организации диагностического контроля БЭ. Сотрудниками отдела было разработано и внедрено на различных предприятиях Минприбора, Радиопрома, Авиапрома, Судпрома и других министерств несколько программных систем моделирования, синтеза и анализа тестов, а также несколько автоматических тестеров для проверки БЭ различной степени сложности, в том числе содержащих микропроцессорные элементы.

Начиная с восьмидесятых годов, появление в отечественных разработках цифровых устройств, содержащих БИС и СБИС, резко ограничило применение программных систем функционального моделирования. Основными недостатками этих систем были чрезвычайно большие затраты времени на создание библиотек моделей БИС и СБИС. Эти затраты были обусловлены, с одной стороны, трудностями, связанными с получением точной информации о внутренней структуре моделируемых ИС. С другой стороны, как показала практика, даже обычная двоичная модель СБИС могла содержать более десятка тысяч операторов на Ассемблере. Поэтому очевидно, что отладка такой модели требует значительных временных затрат. Неполнота информации функциональных спецификаций, сложность программного описания БИС и СБИС, а также трудность проверки адекватности программ объекту часто приводили к выявлению ошибок в программной модели лишь на этапе моделирования устройства в целом. А в результате существенно увеличивалось общее время проектирования устройства.

Поэтому был предложен в качестве альтернативы (впервые в отечественной практике) чисто программному вычислению состояний ИС способ, основывающийся на использовании в системах моделирования наряду с чисто программными моделями ИС программно-аппаратных моделей БИС и СБИС. Инициатором и главным идеологом данной работы был Б.Г. Сергеев, который начал заниматься этой проблемой еще в семидесятые годы.

Программно-аппаратная модель СБИС состояла из двух частей: физического образца и так называемой программной оболочки, которая заменила собой в программной модели устройства модель ИС. Основное ее назначение – реализация обмена между данной физической моделью ИС и другими моделями (программными или программно-аппаратными) в соответствии с интерфейсом этой физической модели и алгоритмом моделирования устройства. Кроме того, в функции программной оболочки входили интерпретация состояния высокого импеданса, а также анализ корректности поступающих на входы физической модели данных. При этом программные оболочки могли использоваться для хранения и последующего восстановления внутреннего состояния микросхем, что позволяло применять один и тот же физический образец при моделировании устройства, содержащего группу однотипных ИС.

Последнее относилось в основном к СИС с легкодоступными элементами памяти. Очевидно, что затраты времени на разработку программных оболочек были в десятки раз меньше временных затрат на создание аналогичных программных моделей БИС.

Все физические образцы объединялись в аппаратную библиотеку, конструктивно выполненную в виде нескольких плат. В зависимости от сложности и востребованности элементы библиотеки были

съёмными (устанавливались на специальных разъемах) или несменяемыми. Подключались физические образцы к ЭВМ через каналы специального устройства сопряжения или адаптер. Для работы со статическими БИС, допускающими произвольное уменьшение частоты обмена данными с внешней средой, использовались статические каналы, аналогичные каналам простейших испытательных систем. Для работы с динамическими БИС, функционирующими во вполне определенном диапазоне частот, использовались динамические каналы. Они кроме функций обмена данными с физическим образцом выполняли функции, связанные с хранением и приложением на рабочей частоте входных последовательностей. Для хранения этих данных каждый из динамических каналов содержал специальные буферные ЗУ.

В конце восьмидесятых годов в ИНЭУМе был разработан и изготовлен адаптер аппаратной библиотеки, содержащий 1024 канала для подключения физических образцов с максимальной рабочей частотой для динамических каналов 10 МГц. Объем буферных ЗУ на каждый канал составлял 64 Кбит. Адаптер содержал комплект интерфейсных модулей, позволяющих подключать его практически к любой ЭВМ.

Базовое программное обеспечение (ПО) адаптера включало следующие компоненты: драйвер обмена данными, язык и компилятор программных оболочек, средства настройки программных оболочек на адреса каналов, средства тестирования физических образцов и отладки программных оболочек.

Этими работами заинтересовались создатели программных систем моделирования ряда ведущих организаций в области средств вычислительной техники, в частности НИИАА, ЦКБ "Алмаз", НПО "Квант" и др. Они мгновенно оценили те преимущества, которые должен был предоставить им адаптер. Были заключены договора на изготовление адаптера и подключение его к функционирующим в этих организациях системам моделирования. Кроме того, предполагалось в дальнейшем использовать при создании блоков каналов появившиеся к тому времени заказные СБИС. Это должно было повысить рабочую частоту обмена данными ИС аппаратной библиотеки, увеличить общее количество каналов и одновременно уменьшить габариты адаптера.

Восьмидесятые годы в СССР были отмечены значительным ростом объёмов разработки и производства БИС, СБИС и цифровых устройств, разрабатываемых на основе полузаказных и заказных БИС и СБИС. При разработке БИС и СБИС, где возможности физического макетирования схем весьма ограничены или вообще отсутствуют, моделирование является эффективным и во многих случаях единственным инструментом верификации проекта до изготовления образцов проектируемых СБИС. В то время системы моделирования были реализованы на универсальных ЭВМ в виде комплекса программ. Однако решение задач верификации сложных схем и синтеза для них тестов производственного и эксплуатационного контроля потребовало значительных затрат машинного времени даже при использовании ЭВМ высокой производительности. В наибольшей степени это относилось к логическому (на уровне логических элементов – вентилях) и схемотехническому моделированию. Уже для БИС, содержащих до 10 тыс. логических вентилях, временные затраты составляли сотни часов. Для СБИС, сложность которых оценивалась сотнями тысяч вентилях, требуемое машинное время возрастало на несколько порядков.

Однако в начале 1980-х годов появилась возможность радикально повысить порог сложности эффективно обрабатываемых схем. Она состояла в применении специализированных аппаратных средств моделирования цифровых схем и анализа их тестов. Используемая в то время элементная база уже позволяла создать специализированные сверхбыстродействующие процессоры и многопроцессорные комплексы, обеспечивающие ускорение моделирования в сотни и тысячи раз. В США несколько фирм сосредоточились на решении этой задачи. Наиболее впечатляющих результатов достигла корпорация Zuscad, в дальнейшем признанный лидер на рынке высокопроизводительных средств моделирования.

Сотрудники отдела Диагностического контроля понимали необходимость разработки подобных специализированных комплексов для отечественных САПР. В 1984–1985 гг. по инициативе и непосредственном участии Б.Г. Сергеева, ставшего к тому времени заведующим отделом, сотрудники отдела провели исследования, в результате которых были определены основные требования к программно-аппаратному комплексу – ускорителю моделирования цифровых схем, особенности его архитектуры и принципы построения. Среди этих принципов следует выделить: приспособление архитектуры комплекса к решаемым задачам; аппаратную реализацию всех функций вместо традиционной программной реализации; глубокое перекрытие операций в процессорах комплекса путем применения конвейерного принципа обработки данных; использование наиболее быстрого алгоритма моделирования и его оптимизацию с учётом конвейерных операций; обеспечение высокой степени автономности, сводящей к минимуму участие программ универсальной ЭВМ в процессе моделирования и передачи данных.

В соответствии с этими принципами в 1986 г. во время проводимой в ИНЭУМ НИР был создан первый экспериментальный отечественный многопроцессорный комплекс – ускоритель моделирования. Он использовался в качестве периферийного субкомплекса, работающего под управлением дешевой универсальной ЭВМ серии СМ (СМ-1420, СМ-1600, СМ-1700). В состав комплекса входили два конвейерных процессора аппаратного моделирования с распределенной памятью: процессор вентиляльного моделирования (ПВМ), предназначенный для двоичного сплошного и событийного моделирования на уровне вентилях типа И-НЕ, И-ИЛИ-НЕ и т. д.; процессор функционального моделирования (ПФМ),

предназначенный для двоичного событийного моделирования как на уровне вентилей, так и на уровне функциональных узлов.

Экспериментальные данные показали, что использование таких комплексов обеспечивает ускорение моделирования более чем в 100 раз по сравнению с имеющимися в то время программными системами моделирования на ЭВМ классов ЕС-1061 и ЕС-1065. Поскольку наибольший интерес к данному ускорителю проявили организации МЭП, то в дальнейшем было решено приступить к разработке многопроцессорного комплекса – ускорителя моделирования, основу которого составляют значительно улучшенные процессоры вентильного моделирования. В результате в конце 1980-х годов появился УЛМ (устройство логического моделирования). УЛМ было рассчитано на использование в составе как действующих, так и вновь разрабатываемых САПР на базе вычислительных комплексов (ВК) СМ-1700 и других совместимых с ними ВК ("Электроника-82", VAX фирмы DEC). УЛМ имело модульную организацию, предполагающую применение в его составе нескольких (до 15) параллельно работающих ПВМ. При этом моделируемая схема разделялась на несколько подсхем, каждой из которых назначался свой ПВМ. Все подсхемы обрабатывались процессорами одновременно. При этом оперативный обмен данными между входящими в состав УЛМ ПВМ, а также обмен данными между ПВМ и ВК САПР велся через специальный процессор обмена (ПО).

Каждый из ПВМ был рассчитан на моделирование цифровой схемы, представленной 64 000 базовых элементов (примитивов) УЛМ. Примитивами УЛМ были вентили, транзисторы, резисторы, конденсаторы, триггеры, монтажные соединения И, ИЛИ, элементы одно- или четырехразрядных ЗУ емкостью до 128 Кбит. Функции примитивов задавались таблицами истинности, загружаемыми в память ПВМ.

В ПВМ на аппаратном уровне был реализован алгоритм событийного временного многозначного моделирования. Алфавит моделирования включал четыре значения сигнала (0, 1, высокий импеданс, неопределенность) с четырьмя градациями силы, характеризующей выходную проводимость источника сигнала. Обработка потока событий в ПВМ осуществлялась с использованием синхронного восьмиступенчатого конвейера операций.

Средняя скорость моделирования для одного ПВМ составляла 1 млн. событий в секунду, что примерно соответствует универсальной ЭВМ с быстродействием 10 млн. команд в секунду. При увеличении числа ПВМ до 15 скорость возрастает до 15 млн. событий в секунду, что соответствует универсальной ЭВМ с быстродействием 150 млн. команд в секунду.

Для сравнения производительность программных систем событийного моделирования, реализованных на универсальных ЭВМ, в то время составляли:

- на супермини-ЭВМ – 0,5–10 тыс. событий в секунду;
- на ЭВМ среднего класса – 5–30 тыс. событий в секунду;
- на супер-ЭВМ – порядка 100 тыс. событий в секунду.

Для работы УЛМ под управлением ВК было написано ПО. Его основное назначение – обеспечение программного интерфейса между УЛМ и средой САПР, к которой он подключается. Главным идеологом и руководителем разработки программного обеспечения УЛМ был к. т. н. М. А. Бродский, заменивший Д.М. Гробмана на посту начальника лаборатории Математических методов контроля. ПО обеспечивало: ввод в базу данных (БД) описаний структур моделируемых схем, ввод в БД описаний функций базовых элементов, ввод в БД описаний тестов, разворачивание иерархически описанных структур, создание и загрузку в УЛМ моделей схем, управление режимами моделирования УЛМ, анализ корректности поведения схем в процессе моделирования, вывод результатов моделирования на экран или на печать.

Функционирование УЛМ постоянно находилось под контролем программной тест-мониторной системы (ТМС), созданной под руководством и непосредственном участии к. т. н. Б. М. Баска, начальника образованной в отделе лаборатории Тестового обеспечения специализированных вычислительных комплексов. ТМС представляла собой пакет программ, функционирующих в виде пользовательского процесса на управляющей ЭВМ. В этот пакет включены тестовые программы (тесты), используемые для функциональной проверки всех единиц оборудования УЛМ, программа выдачи на экран и на печать результатов тестирования и промежуточных данных, эмулятор пульта технического обслуживания, а также организующая работу всех указанных программ программа-монитор.

Во второй половине восьмидесятых годов в ИНЭУМе были изготовлены два промышленных образца УЛМ – СМ 05.13, содержащий ПО и два ПВМ, и СМ 05.13.01, содержащий ПО и один ПВМ. В конце восьмидесятых годов были изготовлены еще два образца УЛМ (один по заказу ИПИ АН СССР) в настольном исполнении для работы с ПЭВМ. Этот вариант содержал ПО и ПВМ, рассчитанный на 32 000 примитивов.

В заключение хотелось бы назвать имена сотрудников отдела, вклад которых в разработку программно-аппаратных средств моделирования цифровых устройств был особенно существенным. Это: Д.М. Гробман, Б.Г. Сергеев, Б.М. Басок, М.А. Бродский, Е.П. Березов, И.В. Вольвовский, И.М. Гетманский, В.Н. Гусаров, Е.А. Каплунов, Ю.Г. Рабинович, Г.И. Танетов, Д.Ю. Тоблер, В.Г. Чучман.

Литература

1. Сергеев Б.Г. Аппаратное ускорение моделирования СБИС. // Микроэлектроника диагностика цифровых устройств. ИНЭУМ. // Микроэлектроника, т.18, вып.6, 1989, с. 554 - 560
2. Сергеев Б.Г., Басок Б.М. Использование адаптера аппаратной библиотеки БИС для моделирования сложных цифровых блоков. // Вопросы радиоэлектроники серия ЭВТ, 1990, вып. 17, с. 61 – 65.
3. Бродский М.А., Каплунов Е.А. Организация проектирования дискретных устройств программно-техническом комплексе «Ускоритель» // Вопросы радиоэлектроники серия ЭВТ, 1990, вып. 17, с. 66 – 67.

История развития конструктивно-технологических базисов перспективных трехмерных ИС СВЧ гигагерцового и терагерцового диапазона

В.Д. Вернер, Н.М. Луканов, А.Н.Сауров

Истоки истории развития конструктивно-технологических базисов перспективных трехмерных ИС СВЧ гигагерцового и терагерцового диапазона микроэлектроники начинались в НИИ "Пульсар" с разработки функциональных твердотельных схем ИС100 на кремнии в 1962 году. Шла холодная война. Фантасты уже думали о создании искусственного интеллекта и солдат роботов. Поэты писали: "И пойдут и мертвые раздавят\ С помощью науки, Нас живых, \ Что тогда Мы сможем противопоставить? \ Нашей мысли воплощенной в них". Коржавин Н. М.

Америка хотела лидировать над миром. Россия пыталась не отставать и на первом этапе копировала образцы ИС SN-51 и создала свои ИС по отечественной технологии для противоракет. А дальше в НИИМЭ были серийно изготовлены высоконадежные отечественные сверхбыстродействующие ИС К138 ЭСЛ типа для ЭВМ "Ряд-2" на мелких диффузионных слоях, затем ИС серий 100, 500, 700 специально для многопроцессорных ЭВМ "Эльбрус-2". ИС создавались на сверхтонких и ультратонких слоях с применением новых принципов самосовмещения и самоформирования при использовании автоматизированных процессов диффузии с использованием жидких источников диффузанта.

Впервые были разработаны СВЧ структуры с гетеро эмиттерными переходами на основе поликремния, легированного As, а затем и Р. Для реализации ультратонких слоев были внедрены быстрые процессы отжига примесей. Интенсивно начинались исследования новых принципов создания перспективных трехмерных ИС СВЧ гигагерцового и терагерцового диапазона. Время пролета электронов от эмиттерных до коллекторных областей необходимо было сократить от 10 до 1 пикосекунды. Начался период потепления отношений с США. И в 1988г. в СССР был проведен Всесоюзный конкурс по микроэлектронике. Результаты были доложены на конференции в г. Варна в Болгарии, а в 1991 году сделан доклад в Филадельфии по созданию СВЧ полностью самосовмещенных структур с вертикальными пассивными областями базы с применением псевдолитографических масок с наноразмерными элементами. Алигатомные структуры с толщиной областей активной базы и эмиттера порядка 300 Ангстрем формировались при быстрой одновременной диффузии В и Р из пленки поликремния.

При реализации конкурсного проекта Н.М. Луканова НПК ТЦ МИЭТ совместно с НИИМЭ начали работы по созданию структур с активной областью базы на основе сплава SiGe. Исследованы различные конструктивно-технологические схемы самоформирования полностью самосовмещенных вертикально интегрированных транзисторных структур с обращенными и прямыми эмиттерами для терагерцовых БИС. Точное позиционирование элементов с нанометровыми размерами на поверхности и на определенной глубине пластины кремния достигалось за счет применения самосопреженных и составных псевдолитографических масок. Исследованы критичные узлы в конструкции и технологии изготовления структур с узкими и плоскими эмиттерными областями и с обращенным профилем легирования мышьяком с отжигом в водороде на поверхности.

Результаты исследований отражены в ряде статей, размещенных в Виртуальном компьютерном музее (ВКМ) в 2016г.

О логических исследованиях Н.П. Брусенцова

Владиминова Юлия Сергеевна, к.ф.-м.н.

МГУ им. М.В. Ломоносова, ф-т ВМК
Москва, Россия
vladimirova@cs.msu.ru

В середине 50-х годов XX в. в МГУ им. М.В. Ломоносова началась история уникальных троичных ЭВМ «Сетунь» и «Сетунь 70» – с решения построить малую ЭВМ, предназначенную для использования в вузах, а также в лабораториях и конструкторских бюро промышленных предприятий. В составе вычислительного центра МГУ была образована очень немногочисленная группа молодых специалистов под руководством Николая Петровича Брусенцова, будущего главного конструктора обеих «Сетуней».

В качестве схемотехнической базы были выбраны магнитные элементы на миниатюрных ферритовых сердечниках и полупроводниковых диодах, которые тогда считались весьма перспективными, в частности, из-за их высокой надёжности. В результате изучения этих элементов было решено использовать в создаваемой машине не традиционный двоичный, а троичный симметричный код.

В отличие от двоичного кода с цифрами 0, 1, в котором невозможно непосредственное представление отрицательных чисел, троичный код с цифрами -1, 0, 1 имеет ряд преимуществ, таких как единообразное представление положительных и отрицательных чисел, округление отсечением младших разрядов, единственность операции сдвига. Достоинства этого кода были выявлены в 1950 г. К. Шенноном [1] и подробно описаны Д. Кнутом, который охарактеризовал этот код как «быть может самый изящный». [2].

Вопрос о целесообразности использования троичного симметричного кода в цифровой технике возник на одном из ранних этапов ее развития и неоднократно обсуждался в дальнейшем [3]. Всестороннему рассмотрению вопросов, связанных с применением троичного симметричного кода и трехзначной логики в цифровых машинах посвящена большая часть научных работ Н.П. Брусенцова, причем значительное место среди его работ занимают исследования по трехзначной логике, которым он посвятил последние десятилетия своей научной деятельности.

В работе [3] он наглядно демонстрирует преимущество трехзначной логики перед двузначной на примере рассуждения путем постановки вопросов, не содержащих вопросительных слов. В двузначной логике на такие вопросы можно ответить только «да» или «нет». Вместе с тем на практике часто встречаются ответы «неопределено», «не имеет значения» или «бессмысленно», и они в двузначном случае оказываются невыразимыми. Проблема решается постановкой перед вопросом x дополнительного вопроса «Есть ли ответ у вопроса x ?». В трехзначной логике дополнительный вопрос не нужен, т.к. имеются все три варианта ответа.

В качестве убедительного аргумента в пользу трехзначной логики Брусенцов приводит ее применение для выражения силлогистики Аристотеля. Уникальность этой системы заключается в том, что она прямо и адекватно отображает логику естественного языка, реализует принципы корректного рассуждения.

Математическая логика, построенная на основе накопленного математикой богатого опыта и использующая строгие алгебраические методы, представляется намного более мощной системой по сравнению с силлогистикой. По выражению Д. Гильберта и В. Аккермана, такая логика «делает возможным успешный охват проблем, перед которыми принципиально бессильно чисто содержательное логическое мышление» [4, с. 17]. Следовало бы ожидать, что математическая логика либо включает в себя силлогистику, обосновывая ее правильность, либо показывает ее несостоятельность. На деле неверно ни то, ни то – из 19 правильных модусов силлогистики математическая логика признает 15, остальные 4 считает сомнительными, объясняя это их неприменимостью к пустым множествам. Следует отметить, что безупречность этих четырех модусов легко проверяется на практике. Более того, в математической логике не соблюдается подчиненность общим посылкам частных: из «Все x суть y » (Ax) в не следует «Некоторые x суть y » (Ix), очевидная с точки зрения естественного рассуждения.

В работах Брусенцова по трехзначной логике обстоятельно исследована возможность полноценной алгебраизации силлогистики, и установлена причина неотобразимости силлогистики Аристотеля в современной двузначной логике. Это большой шаг в устранении пробела между формальной логикой, оперирующей лишь формами отображения сущности, абстрагируясь от их содержания, и логикой здравого смысла, в соответствии которой, в частности, созданы математика и математическая логика. Достоинство силлогистики в том, что в ней представимо фундаментальное логическое отношение необходимого содержательного следования $x \Rightarrow y$ в виде общей посылки Ax . Брусенцовым выявлена трехзначная сущность этого отношения.

Он отмечает, что трехзначность присутствует в определении этого отношения, данном Аристотелем [5, с. 215]: «...когда два [объекта] относятся друг к другу так, что если есть один, необходимо есть и второй,

тогда, если нет второго, не будет и первого; однако если второй есть, то не необходимо, чтобы был первый. Но невозможно, чтобы одно и то же было необходимо и когда другое есть, и когда его нет».

Здесь «первый» и «второй» понимаются в самом широком смысле как термины x и y . У Аристотеля имеются две трактовки терминов: экстенциональная (объемная), принятая им в «Категориях», и интенциональная (сущностная), установленная в «Метафизике». Согласно экстенциональной трактовке, общепринятой в математической логике, первичными считаются единичные вещи. Интенциональное понимание терминов признает первичными наиболее общие роды, совокупности которых определяют все прочие. Брусенцов отмечает естественность интенционального истолкования [6], оперирующего сущностями вещей, охарактеризованных сочетаниями простейших несоставных качеств. Например, сущность квадрата можно интенционально охарактеризовать как четырехугольник, которому присущи прямоугольность и равносторонность. При этом прямоугольник и ромб содержатся в квадрате. Экстенционально вид «квадрат» наоборот включен в роды «прямоугольник» и «ромб».

Согласно интенциональному пониманию, термины представляют собой имена качеств, которыми обладают (x) либо не обладают (x') рассматриваемые вещи. Присущность либо антиприсущность качеств выражают особенности вещей. Вещь, которой присуща особенность x , будем называть x -вещью. Для каждой особенности имеется противоположная ей, обозначаемая той же буквой со штрихом, например, особенность x' противоположна x .

Сущность вещи характеризуется совместной присущностью (конъюнкцией) её особенностей в выбранном наборе терминов, который называется универсумом. Например, квадрат можно охарактеризовать, используя термины «прямоугольность» (обозначим термином p) и «равносторонность» (обозначим термином r) конъюнкцией pr . Умалчивание особенности в характеристике вещи означает её несущественность для данной вещи. Например, так как ромб отличается от квадрата тем, что ему присуще только равенство сторон r , а равенство углов является несущественным, сущность ромба выражается как r .

Отношение задается тем, какие вещи в условиях его наличия необходимо существуют, а какие не могут существовать. В приведенном выше аристотелевском определении отношения следования «если есть один, необходимо есть и второй» означает существование xy -вещей и невозможность xy' -вещей. То, что при отсутствии второго не будет и первого, – существование $x'y$ -вещей и снова невозможность $x'y'$ -вещей. То, что при наличии второго не необходимо, чтобы был и первый, не исключает возможности существования $x'y$ -вещей. Таким образом, для выражения отношения следования Аристотель использует три статуса существования вещей: необходимо есть, необходимо нет и возможно, но не необходимо. Сущность отношения следования выражается совмещением трех утверждений: о существовании xy -вещей и $x'y$ -вещей и о невозможности xy' -вещей.

Для выражения силлогистических отношений Брусенцов использует простые и наглядные методы диаграмм и индексов, предложенные Льюисом Кэрроллом [7]. Несмотря на традиционную интерпретацию терминов как особенностей классов, методы Кэрролла оперируют суждениями, выражающими взаимосвязи между терминами.

Диаграмма Кэрролла представляет собой квадратную таблицу, клеткам которой сопоставлены элементы декартова произведения множеств попарно противоположных особенностей. Диаграмма Кэрролла для пары особенностей x и y приведена на рис. 1. а.

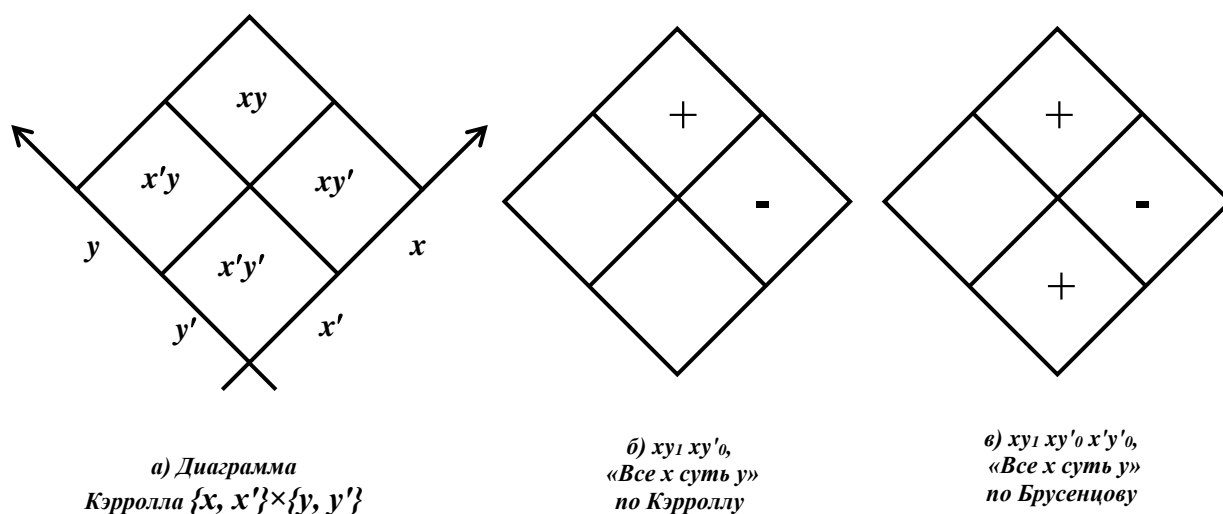


Рис. 1

Кэрролл понимает клетки диаграммы интенционально, как совокупности особенностей вещей. Для обозначения существования вещей, соответствующих клетке либо объединению клеток, он использует красные фишки (здесь заменены символом «+»), несуществование вещей изображается черной фишкой (здесь знаком «-»). Отношение определяется совместной данностью суждений существования. На диаграмме 1.б приведено отношение, характеризуемого необходимым существованием x -вещей и невозможностью x' -вещей. Это отношение Кэрролл интерпретировал как общеутвердительное суждение «Все x суть y ».

Метод индексов Кэрролла позволяет выразить изображенное диаграммой отношение в алгебраической форме. Знаку плюс соответствует индекс 1, который приписывается к особенности вещи, например, x_1 означает существование x -вещей. Знаку минус отвечает индекс 0, например, x'_0 означает несуществование x' -вещей. Приведенное на рис. 1.б отношение имеет вид $x_1x'_0$.

Брусенцов отмечает, что Кэрролл допустил ряд упущений и искажений естественного языкового смысла суждений [6]. В частности, оказывается упущенной контрапозитивность общеутвердительного суждения «Все x суть y », с учетом которой суждение должно быть тройным: $Axy = x_1x'_0x'_1y'_1$ (рис. 1.в). После внесенного уточнения оно в точности соответствует аристотелеву отношению следования $Axy \equiv Ay'x'$.

Было также скорректировано кэрроллово определение общеотрицательного суждения «Ни один x не есть y » (Exy) как x_0 . В логике Брусенцова недопустимы суждения, в которых хотя бы одной из участвующих во взаимосвязи особенностей не существует. Следует заметить, что и сам Кэрролл называл такие суждения химерами, т.е. нереальными [7, с.255].

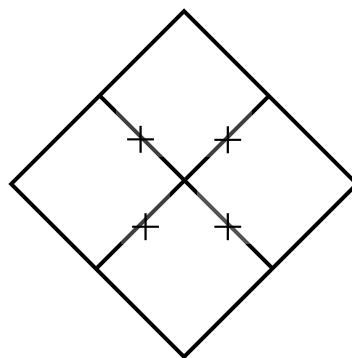
Установив трехзначность отношения следования, Брусенцов выясняет, что наличие третьего есть необходимое, но не достаточное условие адекватности умозаключений. Он формулирует общий критерий содержательности логики, лежащий в основании силлогистики Аристотеля – принцип сосуществования противоположностей (ПСП) [8]. В соответствии с ним все особенности x , y , z , ... необходимо сосуществуют вместе со своими противоположностями x' , y' , z' , Этот принцип имеет простой практический смысл: понять, в чем заключается сущность особенности x , можно лишь сравнивая вещи, обладающие x , с вещами, обладающими x' .

Универсум, подчиненный ПСП, Брусенцов назвал универсумом Аристотеля (УА). Подчинением силлогистических суждений ПСП были обеспечены следующие взаимосвязи между силлогистическими суждениями [8]:

$$Ayx \equiv Ax'y', Exy \equiv Axy', Ex'y' \equiv Ax'y,$$

$$Ixy \equiv Iyx, Oxy \equiv Oyx, Oxy \equiv Ixy'.$$

Таким образом, при соблюдении ПСП силлогистика включает два типа суждений: общее $Axy = x'_0x_1y'_1$ и частное $Ixy = x_1x'_1y'_1$. Инверсией терминов x и y в различных сочетаниях образуются восемь видов суждений: Axy , Axy' , $Ax'y$, $Ax'y'$, Ixy , Ixy' , $Ix'y$, $Ix'y'$. Соответственно существуют четыре типа силлогистических модусов:



Универсум
Аристотеля

Рис.2

$$AxyAy'z \Rightarrow Axz; AxyAy'z \Rightarrow Ix'z; IxyAy'z \Rightarrow Ixz; AxyIy'z \Rightarrow Ix'z.$$

Более того, Брусенцову удалось выявить сущность отношения следования, установив, что в УА $x \Rightarrow y$ вынуждается одной лишь несовместимостью особенности x с особенностью y' [9]:

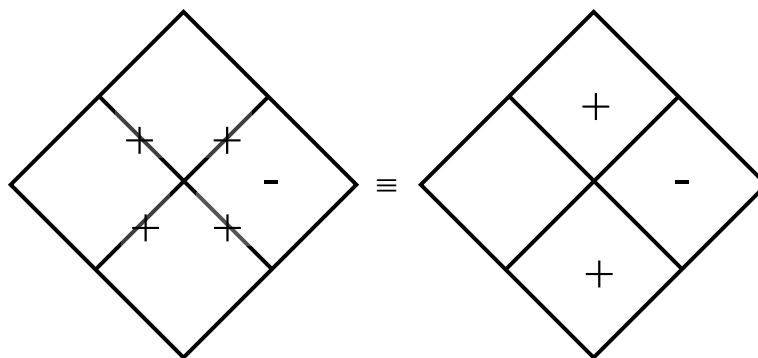


Рис. 3

$$Axy \equiv x \Rightarrow y \equiv xy' \vee x_1 x'_1 y_1 y'_1 \equiv xy' \vee x_1 x'_1 y'_1 \equiv xy' \vee x_1 y'_1$$

Благодаря соблюдению ПСП, в силлогистике исключаются следование из несуществующего, рассуждения ни о чем, приводящие к парадоксам, лишаящие логику содержательности. Рассмотрением важнейшего фрагмента силлогистики Брусенцов убедительно продемонстрировал, что алгебраизация логики никак не обусловлена лишением ее содержательности. Напротив, воссоздание логики Аристотеля это и шаг к развитию искусственного интеллекта, и средство для развития интеллекта естественного. По его словам, «...в подлинной логике Аристотеля нелепостей не было – его силлогистика непарадоксальна, а непогружаемость ее в современные логические исчисления явно указывает на их неадекватность. Поэтому совершенствовать логику надлежит путем реанимации, осознания и развития того, что создано Аристотелем» [10].

Литература

1. Shannon C.E. A symmetrical notation for numbers. // The American Mathematical Monthly, v. 57, n 2, Feb. 1950, pp. 90 - 93.
2. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ. Получисленные алгоритмы. Т.2. м.: Мир, 1977.
3. Брусенцов Н.П. Об использовании троичного кода и троичной логики в цифровых машинах. // Вычислительная техника и вопросы кибернетики. Вып. 7. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. С. 3-33.
4. Гильберт Д., Аккерман В. Основы теоретической логики. М.: Государственное издательство иностранной литературы, 1947.
6. Аристотель. Сочинения в четырех томах. Том 2. – М.: «Мысль», 1978.
7. Брусенцов Н.П. Воссоздание аристотелевой безукоризненной силлогистики. // Современные информационные технологии и ИТ-образование». Доиздание сборника избранных трудов – М.: ИНТУИТ.РУ, 2011. С. 73-76.
8. Кэрролл Л. Символическая логика // История с узелками. – М.: Мир, 1973.
9. Брусенцов Н.П. Блуждание в трех соснах (Приключения диалектики в информатике). – М.: SvR-Аргус, 2000 15 с.; Программные системы и инструменты: Тематический сборник факультета ВМиК МГУ им. Ломоносова: № 1. Под ред. Л.Н. Королева. – М.: МАКС Пресс, 2000. С. 13-23.
10. Брусенцов Н.П. Трехзначное обобщение алгебры логики. Преодоление несовершенности ДНФ трехзначным обобщением логики // Историко-математические исследования. Вторая серия. Выпуск 15(50). М.: <Янус-К>, 2014. 241 – 242
11. Брусенцов Н. П. Алгебраическая реконструкция силлогистики. Информационные технологии, 2008, № 2. С. 7–10.

Информатика в школе: прогнозы А.П. Ершова и современность

Гейн Александр Георгиевич, д.пед.н., к. ф.-м.н.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
Екатеринбург, Россия
A.G.Geyn@urfu.ru

Ключевые слова: *школьная информатика, основы алгоритмизации, обучение информационному моделированию, информационная культура, преподавание информатики*

В этом году исполнилось 32 года (т.е. 10 000 лет в двоичной системе счисления – вполне юбилейная дата) с момента появления в школьном расписании предмета «Основы информатики и вычислительной техники». Основополагающую роль в этом сыграл А.П. Ершов. Этим мы несколько не умаляем значение деятельности других специалистов, таких, как В.С. Леднев и А.А. Кузнецов [14], С.И. Шварцбург [18] и др., предваившей введение информатики разработкой школьных курсов программирования и кибернетики. Однако базовые установки и содержание курса было определено, прежде всего, А.П. Ершовым, и во многом на основании почти десятилетнего опыта работы группы школьной информатики, созданной им в ВЦ СО РАН [9]. О том, что в этом вопросе не было консенсуса среди тех, кто также претендовал на разработку этого супернового курса, свидетельствуют воспоминания некоторых участников бушевавших в то время (да и позже) дискуссий. Но и они признают, что «... всю тяжесть ответственности перед АН СССР и государством за весь комплекс работ по созданию учебно-методического обеспечения школьного курса информатики нёс Андрей Петрович Ершов» ([13], с. 20).

Идеология курса информатики в его начальной стадии – всеобщая компьютерная грамотность. Лозунг компьютерной грамотности, взятый на вооружение А.П. Ершовым, был главным локомотивом продвижения информатики в общеобразовательную школу. Но уже тогда он имел две стороны. Одна – явная – выступала в виде пропаганды формирования у школьников алгоритмического мышления. Именно это делало данный курс весьма привлекательным в глазах существовавшей в то время государственной системы. Иметь поколение молодых людей с хорошо поставленным алгоритмическим мышлением, понимающих, что значит точно и четко выполнять данные им предписания – это ли не мечта административно-командной системы, воспринимавшей каждого члена общества только как винтик единого большого механизма под названием государство. Но была другая, скрытая сторона. Она состояла в том, что исподволь готовились люди, умеющие работать с информацией. О том, что эта сторона была скрытая, говорит хотя бы тот факт, что для первых компьютеров, которые должны были обеспечить преподавание информатики в школе (БК-001 и др.), не предусматривались сколько-нибудь приемлемые средства ввода-вывода информации: дисководы, принтеры и т.д. Ведь в противном случае компьютер превращался в инструмент неподконтрольного распространения информации – дискету можно унести на другой компьютер, на принтере напечатать сколько угодно экземпляров текста и т.п. А уж мысль о возможности свободного выхода в глобальные коммуникационные сети даже в голову не могла прийти руководителям страны, подписывающим постановление о введении информатики в школу. Но вот, что писал А.П. Ершов [7] в 1988 г.: «Фактически информационные технологии с самого начала сопровождают и во многом формируют человеческую цивилизацию. Здесь мы имеем в виду ... быстро распространяющиеся достижения последних десятилетий: ксерографию, персональные вычисления, видеосистемы, оптические каналы, электронную почту, кабельное и спутниковое телевидение, настольные системы печати». Можно только радоваться, что руководство страны не читает прогностических статей наших ученых – с полной уверенностью можно сказать, прочти оно такое, и никакой информатики в школе никогда бы не было.

Перестройка страны, конечно, была мощным катализатором того, что в курс школьной информатики стремительно ворвались информационные технологии. В какой-то момент маятник содержания так резко качнулся, что на рубеже XXI века развернулась острая дискуссия о полной переориентации курса информатики на изучение информационных технологий и изгнании из неё алгоритмизации. Этого не произошло, и немалую роль здесь сыграли экономические факторы – в то время далеко не все школы России были обеспечены техникой, позволяющей на должном уровне преподавать информационные технологии.

В тот же период приходит осознание, что одной из целей школьного курса информатики должно стать формирование у учащихся единой информационной картины мира, понимание ими общих закономерностей информационных процессов, роли моделирования и формализации. Постоянное расширение возможностей информационных технологий, наращивание мощности самой вычислительной техники вкупе с высокими темпами информатизации общества, дали эффект снежного кома в определении содержания курса школьной информатики. Сегодня положение дел таково, что преподавание курса по той

программе, которая представлена как реализация требований Федерального государственного образовательного стандарта [17] (далее ФГОС), приводит лишь к весьма поверхностному знакомству с информатикой. Реально же в большинстве школ всё ограничивается изучением именно технологий применения стандартных приложений – текстовых и графических редакторов, электронных таблиц, программ создания презентаций и т.п. Частично это отзвук уже упоминавшийся дискуссий на рубеже XXI века о содержании курса школьной информатики, но прежде всего общее стремление учащихся, их родителей и педагогов идти по наиболее легкому и понятному пути. Скажем, большинству родителей понятно, что изучение офисных технологий делает для их детей более легкой дорогу в будущее, а вот изучение программирования таковым им вовсе не представляется. В результате достойное изучение алгоритмизации и программирования осталось в нескольких сотнях школ России. Даже введение ЕГЭ по информатике, где практически отсутствуют темы, связанные с информационными технологиями, не изменило ситуацию.

Тем самым, следует признать, что формально декларируемая цель развития алгоритмического мышления в школьном курсе информатики на самом деле реализуется весьма слабо. Тем не менее, ветер перемен ощущается. И какие бы умозрительные конструкции здесь ни возводились, связан он, прежде всего, с социальным заказом. Первое, что следует отметить, сегодня единственный гражданский сектор экономики России, имеющий ощутимую положительную динамику в мировом масштабе, – это ИТ-индустрия. Поэтому руководители ведущих компаний этого сектора проявляют повышенный интерес к тому, что происходит в школьной информатике. Они настоятельно формулируют необходимость возврата к приоритету обучения алгоритмизации и программированию в школьной информатике [2], хотя по мнению большинства учительского корпуса основу этого курса должно составлять изучение информационных технологий, а алгоритмизация и программирование — удел узко специализированного контингента школьников. Отметим, что опасность замыкания в изучении информатики только сферой информационных технологий осознаётся не только в нашей стране. Вот выдержка из отчёта Королевской академии инженерных наук Великобритании [19]:

«Существующая постановка образования в сфере информатики во многих школах Великобритании является крайне неудовлетворительной. ... Многие учащиеся не удовлетворены тем, чему их учат, и не получают ничего, кроме навыков компьютерной грамотности, таких как использование текстового процессора или баз данных».

В связи с возвращением идеи развития алгоритмического мышления нужно напомнить еще одну особенность периода 2005 – 2011 годов. В силу позиции, занятой в то время Федеральным экспертным советом, из курса информатики полностью исчезло важное в методическом отношении изучение алгоритмизации с помощью учебных исполнителей. Эта идея, высказанная С. Пейпертом [15], создателем Черепашки Лого, активно поддержанная А.П. Ершовым и развитая Г.А. Звенигородским [10], А.Г. Кушниренко [12] и авторами других учебников школьного курса информатики в начальный период его вхождения в школьное образование, в указанный период активно исключалась из него под тем или иным предлогом. Основным аргументом выдвигалось стремление к экономии учебного времени, поскольку изучение алгоритмизации с помощью исполнителей с последующим переходом на какой-либо профессиональный язык программирования требовало, по мнению критиков данной идеи, большего времени, чем изучение алгоритмизации сразу на таком языке программирования. Эта внешне разумная аргументация на самом деле таковой не является, поскольку, во-первых, применявшиеся для управления исполнителями алгоритмические языки фактически были русскоязычной калькой языка Паскаль, поэтому переход на указанный язык программирования (или родственный ему) сводился к освоению записи алгоритмических конструкций на английском, что легко осуществлялось в течение одного-двух уроков. Во-вторых, велики дидактические преимущества использования исполнителей (наглядность, легкость в отладке, акцент именно на создании алгоритмов, а не изучении синтаксиса языка, мотивированность в постановке задач и многое другое) – они гарантируют именно развитие алгоритмического мышления, а не формальное заучивание алгоритмических схем. В-третьих, учащиеся понимали, что языки программирования могут быть разными, а вот процесс разработки алгоритма подчинен некоторым общим правилам. Обоснование дидактической и методической целесообразности использования исполнителей для обучения алгоритмизации дано в десятках работ (мы не считаем нужным перечислять здесь даже самые фундаментальные). Сегодня изучение алгоритмизации через компьютерно визуализированных исполнителей вернулось в ряде школьных учебников (например, [3, 4]).

Компьютерная визуализация исполнителей, как уже сказано, играет важную роль в развитии алгоритмического мышления. Но надо вспомнить, что на начальном этапе создания Лого его автор считал весьма полезным, чтобы учащиеся программировали управление физически существующим объектом. Впоследствии эта идея была воплощена в системе Лого+Лего. Сегодня в ряде школ и внешкольных образовательных центров такая система успешно используется. Существенным продвижением стало внедрение в образовательный процесс изучение робототехники, сопряжённое с программированным управлением роботов.

Было бы, однако, неверным возвращаться в ту исходную точку, когда обучение алгоритмизации представляло собой более 80% содержания курса. В [6] А.П. Ершов писал: «Как самостоятельная наука информатика вступает в свои права тогда, когда в рамках соответствующей частной науки строится информационная модель того или иного фрагмента действительности, – в информатике рассматриваются методические принципы построения таких моделей и манипулирования ими» (слово «методические» здесь употреблено не в педагогическом смысле, а в смысле методов построения и исследования). И еще одна цитата из другой работы А.П. Ершова (см. [8]): «Информационная модель — это то сопряжение, через которое информатика вступает в отношение с частными науками, не сливаясь с ними, и в то же время не вбирая их в себя». Это методологическая и научная значимость изучения понятия «информационная модель» в курсе информатики. Но весьма важен и прагматический аспект. Посмотрим, к примеру, на работу постановщика задачи с заказчиком. Её целью является четко сформулировать, какая информация будет выступать исходными данными, что будет принято в качестве результатов решения задачи, какими параметрами будут описываться исходные данные и результаты. Иными словами, постановщик строит информационную модель и её формализацию. И хорошие постановщики (даже если они не сильны в роли программистов) тоже весьма востребованы ИТ-индустрией. Казалось бы, очевидна роль школьной информатики в формировании навыков моделирования. Однако такого понимания со стороны представителей ИТ-индустрии пока нет.

Но важно и заказчика воспитывать, чтобы он не приходил и просто говорил: «Сделайте мне красиво!» – не понимая до конца, что же ему нужно. Заказчиков гораздо больше, чем всех, кто занят в ИТ-индустрии. И совсем неплохо, научить их, что требование постановщика точно определиться с входной и выходной информацией – это в их интересах, а не идёт от низкой квалификации постановщика. Где их этому учить, как не в информатике?

Отметим и социальную значимость освоения учащимися понятия «информационная модель». Незрелость культуры информационного моделирования приводит сегодня к тому, что большинство в нашем обществе легко воспринимает предлагаемые решения только на основе декларируемых результатов без всякого анализа, на каких исходных предпосылках основывается это решение. Именно это позволяет легко манипулировать общественным сознанием, создавая видимость демократических механизмов принятия решений. Более того, исключение из нового ФГОС кибернетического компонента, в рамках которого школьники могли бы познакомиться с основными принципами управления, в том числе, построенного на основе обратной связи, означает явный откат в формировании мировоззрения учащихся к административно-командной форме управления. Здесь, в кибернетической составляющей курса информатики, тесно переплетаются линии информационного моделирования и алгоритмизации.

Сказанное вовсе не имеет своей целью принизить роль изучения информационных технологий. В [5] А.П. Ершов формулирует мысль, что, несмотря на углубляющееся разделение труда в производственных отраслях, всё более широкое внедрение информационных технологий диверсифицирует это разделение в том плане, что инженерные навыки будут становиться менее зависимыми от специфики области применения этих навыков. Эта мысль, высказанная как бы вскользь и без особых пояснений, сегодня оказалась лейтмотивом пленарного доклада вице-президента НИУ «Высшая школа экономики» И.Г. Агамирзяна на Всероссийской конференции «Преподавание информационных технологий в Российской Федерации» [1]. Скажем, разработка инженером-конструктором нового промышленного продукта сегодня определяется его умениями воспользоваться технологиями компьютерного проектирования, в которые уже встроены алгоритмы расчёта прочности конструкции в зависимости от её геометрии и используемого материала. Это позволяет вести подготовку не узкого специалиста, ориентированного на конкретный вид продукции, а инженера, владеющего в первую очередь технологиями компьютерного дизайна в целом.

В докладе К.К. Колина на 1-м Съезде учителей информатики [11] главный тезис состоял в том, что информатика призвана учить жизни в информационном обществе, использовать его позитивные возможности и избегать негативных воздействий. Эта линия, получившая название «социальная информатика», была введена в школьную информатику государственным образовательным стандартом 2004 года. Центральными в этой линии являются понятие «информационное общество» и процесс информатизации общества, а также рассматриваются проблемы, которые индуцированы этим процессом. Такое привнесение в информатику данной социальной составляющей аналогично тому, что, скажем, в курсе физики, в разделе, где рассматриваются тепловые машины, изучалась бы промышленная революция в Англии, движение разрушителей машин и т.д. – ведь без развития физики никакой революции бы не было. Напомним, кстати, что впервые термин «информационное общество» был употреблен в выступлениях президента США Б. Клинтона и госсекретаря США А. Гора. И это был в первую очередь термин политического пиара, позволивший уйти от термина «посткапитализм» (который и сегодня рассматривается как синоним термина «информационное общество»), поскольку само слово «капитализм» далеко не у всех вызывает положительные эмоции. Тем самым, речь идет о вполне определенном типе общественно-экономической формации, и изучать её следует в соответствующем школьном предмете – обществознании. Это суждение, кажущееся довольно крамольным, тем не менее, имеет союзников: в учебнике

«Обществознание, 5 класс» ([16], с. 114) в § 11 «В мире информации» имеются пункты «Социальные сети» и «Интернет-зависимость».

Из этого не следует, что социальные аспекты вообще должны игнорироваться. Напротив, влияние науки на развитие общества должно подчеркиваться, как это делается во всех школьных дисциплинах. Но делаться это должно без выхода за рамки предмета данной науки, в данном случае — информатики. А предметом информатики является изучение и освоение информационных процессов. Здесь мы можем сказать, что, на наш взгляд, не следует выходить за рамки предмета информатики, которые были очерчены в основополагающих работах А.П.Ершова.

С этих позиций можно сказать, что целью школьного образования в области информатики является формирование у школьников информационного мировоззрения, т. е. системы взглядов человека на мир информации и на своё место в этом мире. Оно включает в себя связанные с этим убеждения, идеалы, принципы познания и информационной деятельности. Нужно подчеркнуть, что при этом информатика вовсе не претендует на лавры философии, т. е. этакой «науки наук», но метапредметность информатики уже давно никем не оспаривается.

Без сомнения, информатика является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей знания, и это развитие как никакой другой науки мощно сказывается на содержании школьного предмета «Информатика». В то же время его фундаментальная составляющая, описанная А.П. Ершовым ещё в ранний (с точки зрения становления курса) период, сохраняется, и это позволяет говорить об его устойчивости в образовательной системе.

Литература

1. Агамирзян И.Р. Киберфизические системы – на стыке ИТ и инжиниринга // XV Всероссийская открытая конференция «Преподавание информационных технологий в Российской Федерации», Архангельск, 11 – 12 мая 2017 г. [Электронный ресурс]: <http://it-education.ru/conf2017/agenda/index.php>
2. Андреев С.Г. Настоящие и будущие потребности ИТ-индустрии и содержание школьной информатики // Всероссийский съезд учителей информатики в МГУ, М., 24 – 26 марта 2011 г. [Электронный ресурс]: <http://it.teacher.msu.ru/plenary>
3. Гейн А.Г., Юнерман Н.А., Гейн А.А. Информатика. 7 класс: учеб. для общеобразовательных учреждений – М.: Просвещение, 2012. – 191 с.
4. Гейн А.Г., Юнерман Н.А., Гейн А.А. Информатика. 8 класс: учеб. для общеобразовательных учреждений – М.: Просвещение, 2013 – 159 с.
5. Ершов А.П. Вычислительная техника и информатика: отрасль или инфраструктура? // Микропроцессорные средства и системы. 1988. № 1.
6. Ершов А.П. Информатика: предмет и понятие // Кибернетика. Становление информатики. – М.: Наука, 1986.
7. Ершов А.П. Компьютеризация школы и математическое образование — Избранные труды. — Новосибирск: Наука, 1994. —416 с.
8. Ершов А.П. О предмете информатики // Извест. АН СССР. 1984. № 2. – С. 113.
9. Ершов А.П., Звенигородский Г.А., Первин Ю.А. Школьная информатика (концепция, состояние, перспективы) – Н.: ВЦ СО РАН, 1979. – 51 с.
10. Звенигородский Г.А. Первые уроки программирования – М.: Наука 1985. – 208 с.
11. Колин К.К. Новый этап развития информационного общества в России и актуальные проблемы педагогического образования // Всероссийский съезд учителей информатики в МГУ, М., 24 – 26 марта 2011 г. [Электронный ресурс]: <http://it.teacher.msu.ru/plenary>
12. Кушниренко А.Г., Лебедев Г.В., Сворень Р.А. Основы информатики и вычислительной техники: Учебное пособие для 10-11-х кл. общеобразовательных учреждений. — М: Просвещение, 1990. – 224 с.
13. Лапчик М.П. Путь информатики в школу: с чего это всё начиналось // Информатика и образование, 2015, № 7. – с. 16 – 23.
14. Леднев В.С., Кузнецов А.А. Начала кибернетики. Учеб. материалы по кибернетике для специализированных классов – М.: АПН СССР, 1968. – 136 с.
15. Пейперт С. Переворот в сознании: Дети, компьютеры и плодотворные идеи. – М.: Педагогика, 1989. – 224 с.
16. Соболева О.Б., Иванов О.В. Обществознание, 5 – М.: Вентана-Граф, 2012.
17. Федеральный государственный стандарт среднего (полного) общего образования [Электронный ресурс]: <http://standart.edu.ru/catalog.aspx?CatalogId=6408>
18. Шварцбурд С.И. О математической специализации в средней школе // УМН, т. 21, № 1 (127), 1966. – с. 205 – 214.
19. Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools / The Royal Academy of Engineering. January 2012. [Электронный ресурс]: <http://www.royal.society.org/education/policy>

Развитие и эксплуатация средств вычислительной техники

В ННГУ им. Н.И. Лобачевского: страницы истории

Гергель Виктор Павлович, д.т.н.
gergel@unn.ac.ru

Панкрашкина Наталья Георгиевна
png2@rambler.ru

Введение

В число основных направлений научных исследований и подготовки кадров в Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского (ННГУ, ранее ГГУ) традиционно входит вычислительная математика, а в настоящее время – информационные технологии, актуальные для повышения эффективности процессов использования информационных ресурсов.

В 1954 г. приказом МВО СССР № 322 на университет была возложена организация вычислительного центра и поставлен вопрос об официальном начале разработки «своей» электронной вычислительной машины (ЭВМ) в Горьковском исследовательском физико-техническом институте (ГИФТИ ГГУ). Первая в регионе цифровая последовательная ламповая ЭВМ была названа «Машиной ГИФТИ», она оказала идейное влияние на становление компьютерного дела в нашем университете.

Приказ МВ и ССО СССР об организации в ГГУ вычислительного центра (ВЦ) вышел 21 октября 1957 г. (первым в системе высшего образования СССР был ВЦ МГУ, созданный в 1955 г.). Вскоре после сдачи в эксплуатацию «Машины ГИФТИ» были выписаны серийные аналоговые машины МН-8 и МН-20. Таким образом, была реализована техническая база ВЦ, во многом отражавшая процесс эволюции компьютерной техники в мире и в России.

В 1959 г. в стране начался выпуск серийной ламповой ЭЦВМ первого поколения М-20 (20 тысяч оп/сек), созданной в 1958 г. в ИТМиВТ АН СССР. ВЦ ГГУ стал одним из претендентов на ее получение. В 1960 г. наряд был выделен, и бригада первопроходцев отправилась в Казань на завод математических машин для стажировки и получения ЭВМ. Одновременно начались подготовительные работы: в учебном корпусе на ул. Свердлова-37 (ныне ул. Большая Покровская, д. 37): из двух аудиторий на первом этаже был образован машинный зал, а в подвале – генераторный и кондиционерный залы. Во дворе для системы охлаждения ЭЦВМ была пробурена артезианская скважина глубиной 150 метров. Официальная сдача машины в эксплуатацию произошла 8 марта 1961 г. в торжественной обстановке и, наконец, приступили к решению задач по специальному проекту. В машине было около 4500 радиоламп, каждые 3-4 часа возникала неисправность ячеек. Эксплуатационный персонал состоял из инженеров-электронщиков, техников по ремонту ячеек и операторов. Счёт больших задач обычно осуществлялся в машинном зале ночью. Несколько позже была установлена транзисторная машина М-220, обе они занимали примерно 150 квадратных метров на первом этаже учебного корпуса.

Далее в ННГУ появились серийные аналоговые компьютерные системы: на установке ИПТ-5 – интегратор постоянного тока – решались линейные дифференциальные уравнения до 9-го порядка с постоянными и переменными коэффициентами; универсальные машины непрерывного действия ЭМУ-8 и ЭМУ-10 – электронно-моделирующие установки – использовались для систем автоматического регулирования, в том числе для космонавтики. Для машин нового поколения и двух терминал-классов с современным для того времени оборудованием было построено трехэтажное здание во дворе Свердлова-37.

Вычислительным центром проводилась большая работа по программированию и решению задач для Горьковских вузов, отраслевых НИИ и промышленных предприятий, в частности, для Горьковского автозавода и опытного конструкторского бюро машиностроения имени И.И. Африкантова.

Личность учёного в зарождении региональной кибернетики и подготовка вычислителей-программистов

По заказу Правительства учёные ГГУ для военно-оборонного комплекса проводили расчеты, требовавшие специальных вычислительных команд. И хотя это позволило решить ряд актуальных непреступных нелинейных задач автоматического регулирования и довести решения до возможности непосредственного практического использования, объем необходимых вычислений стал решающим препятствием.

Инициатором факультета ВМК был профессор Ю.И. Неймарк (1920-2011) – всемирно известный учёный в области технической кибернетики, ученик академика А.А. Андропова, основателя Горьковской школы теории нелинейных колебаний. Юрий Исаакович в то время был молодым, подающим надежды преподавателем университета. Он читал студентам уникальные лекции по теоретической механике, математической физике и теории вероятностей. Он начал вести новую специализацию по вычислительной математике. В 1957 г. состоялся первый выпуск специалистов нового профиля – Ю.Л. Кетков, Ю.А. Первин,

В.А. Бибикив, Т.Е. Бочкарева, В.М. Корнилова, И.А. Виткина. Для обучения программированию и работе на ЭВМ их командировали в Московский институт математики и ВЦ МГУ.

1958 г. оказался решающим в дальнейшей судьбе новой специализации – пришел приказ Министерства образования о ежегодном выпуске 25 специалистов по вычислительной математике. Специализация проводилась по кафедре «Вычислительная математика и динамика машин», возглавляемой Ю.И. Неймарком. В её составе было 19 человек, образована лаборатория ЭВМ. Как показало будущее, замечательный состав этой кафедры сумел обеспечить полноценное преподавание новой специализации, разработав и освоив новые общие и специальные курсы (методы вычислений, теория управления, теория динамических систем, качественная теория дифференциальных уравнений, математическая логика, программирование и другие), основав также подготовку новых кадров через аспирантуру и соискательство. Осенью этого года на данную специализацию был объявлен дополнительный набор. Число поданных заявлений составило порядка 1600 человек на место – небывалый конкурс, и Министерство образования позволило увеличить прием с 25 студентов до 50. Занятия начались с первого декабря 1958 г. Именно этот день, 1 декабря, стал традиционным праздником «Днем вычислителя». Прием, естественно, был очень хороший. Этим студентам первого выпуска назвали «декабристами». 18 его выпускников защитили диссертации, около десяти человек были оставлены на создаваемом факультете ВМК, год организации которого совпал с годом выпуска этого уникального приема.

Приказ МВО СССР № 280 о развитии в ГГУ работ по динамике машин и организации кафедры вычислительной математики и динамики машин (ВМиДМ) пришел также в 1958 г. Заведовать кафедрой назначили Ю.И. Неймарка. Это оказалось предпосылкой создания первого в стране факультета вычислительной математики и кибернетики (ВМК) в 1963 г.

Факультет был призван готовить специалистов нового типа: прикладных математиков, умеющих пользоваться ЭВМ для исследования самых разнообразных явлений и процессов, математические модели которых слишком сложны.

ЭВМ в Нижегородском (Горьковском) университете

Поиск неисправностей в ламповых ЭВМ и ошибок в программах был скорее искусством, чем наукой, что придавало своеобразную романтичность этому историческому этапу в развитии компьютерной техники. М-20 проработала в ВЦ до 1971 г. Второе поколение ЭВМ представляли БЭСМ-4, М-222. Транзисторные машины обладали существенно большей надежностью и практически безотказно работали круглосуточно. На базе М-222 был реализован «самодельный», учебный терминал-класс, где в роли терминалов использовались электрические машинки «Консул».

В 1964-1965 гг. из института ГИФТИ выделился НИИ прикладной математики и кибернетики (НИИ ПМК), где последовательно приобретались машины: БЭСМ-3М, М-222, ЕС-1020, ЕС-1022, ЕС-1045 и ЕС-1051. То есть кроме вычислительного центра, обучающего всех студентов университета, для будущих вычислителей-программистов факультета ВМК была создана специальная практическая площадка с профилем «прикладная математика и кибернетика», позже ставшая учебно-научным центром (УНЦ).

Изучение информатики в ГГУ имело свои проблемы. В 1970-е гг. сложилась достаточно сложная ситуация с изучением компьютерного цикла дисциплин. Общие курсы лекций по программированию отсутствовали, практические занятия проводились в обычных аудиториях преподавателями различных кафедр факультета. Вычислительный практикум по численным методам, например, проводился на настольных электромеханических машинах типа «Рейн-Металл», издававших при работе звуки, напоминающие стрельбу из автоматического оружия (особенно долго и гулко при делении на ноль). Одной из причин такого положения являлась достаточно трудоемкая технология разработки компьютерных программ. Программы в семидесятых годах разрабатывались в основном в машинных кодах (либо на автокоде) и выполнялись без непосредственного участия программиста. На исправление элементарных ошибок перфорации или на внесение исправлений в программу уходили дни. Другая причина – сосредоточение вычислительной техники на относительно удаленных от учебного корпуса площадках: университетский городок расположен на пр. Гагарина, НИИ ПМК находился в центре города на ул. Ульянова, ВЦ – на ул. Свердлова.

В начале деятельности кафедры математического обеспечения ЭВМ (МО ЭВМ была открыта в 1973 г.) на факультете ВМК был восстановлен общий курс программирования на основе алгоритмических языков FORTRAN и BASIC. Этому способствовала разработка первой в стране BASIC-системы пакетной обработки программ для ЭВМ типа М-20, выполненная под руководством Ю.Л. Кеткова в НИИ ПМК в 1972 году. Он же являлся и первым лектором, познакомившим сотрудников и студентов факультета с языком BASIC. На одном из первых своих учебников по программированию, подаренных кафедре, Юлий Лазаревич написал: «To the basic department, from «BASIC» book author». История кафедры математического обеспечения ЭВМ полностью подтвердила справедливость оценки кафедры как «Basic department» для учебного процесса факультета и университета.

Обладателем БЭСМ-6 – ЭВМ новой архитектуры и высокой производительности, самой быстродействующей в Европе – наш университет стал в 1974 г., первым среди вузов России. За счет

устройств этой ЭВМ в ГГУ были удвоены оперативная память и число магнитных барабанов, а вскоре получены и подключены диски, число которых было увеличено до двенадцати. Для терминал-класса на 12 мест были приобретены ЭВМ ЕС-1050 и ЕС-1045, а в 1982 г. реализован удалённый доступ к БЭСМ-6 по телефонному каналу из здания НИИ механики.

Помимо типового комплекта вычислительных машин и приборов ВЦ и НИИ ПМК имели хорошо оборудованные мастерские и лаборатории, в которых проводились исследовательские работы по усовершенствованию ЭВМ и их применению для автоматического регулирования и управления производственными процессами. Это уже был вычислительный комплекс. В 1982 г. был осуществлен дистанционный доступ с удаленных телетайпов к БЭСМ-6 из здания НИИ механики по прямому проводу с применением аппаратуры уплотнения.

Третье поколение ЭВМ явилось в ГГУ в образах ЕС-1050, ВК2П-45, СМ-3 и СМ-4 в вычислительном центре и ЕС-1035, М-4030, ЕС-1020, М-7000, а также вычислительные машины серии СМ в НИИ ПМК, где студенты получили возможность участвовать в научно-исследовательских и научно-конструкторских разработках. Перечислим научные направления фундаментальных исследований: 1. модели принятия решений, 2. методы оптимизации, 3. функциональный анализ, 4. качественная теория дифференциальных уравнений, 5. теория кодирования, 6. медицинская и биологическая кибернетика, 7. методы оптимизации лингвистических исследований и, разрабатываемые на этой основе, широкие и эффективные приложения по исследованию и оптимизации различного рода конкретных систем.

Учебный терминал-класс обрел второе рождение на базе СМ-4 с дисплеями ВТА-2000 в 1983 г., 1984-м переданный факультету ВМК, а в ВЦ был открыт аналогичный. Была создана научная основа подготовки специалистов, при этом широко использовались дисплейные классы, диалоговые системы редактирования, системы разделения времени. Результаты научных исследований в области прикладной математики и кибернетики докладывались на проведенных в ГГУ всесоюзных научных конференциях, совещаниях и семинарах.

Массовая информатизация отечественного образования началась в 1985 г. после государственной реформы образования 1984 г. и введения в её рамках нового учебного предмета «Основы информатики и вычислительной техники». Для экспериментальной сети в 1986 г. удалось арендовать четырех проводную линию, которая ныне используется в действующем канале передачи данных ВЦ – Центр Интернет в Университетской Компьютерной Сети.

Освоение четвертого поколения компьютерной техники пришлось на 1990-е гг. и было связано в первую очередь с созданием учебных компьютерных классов на базе РС XT, 286, 386, 486. Финансовые трудности переходного периода вызвали к жизни такие экономичные проекты как компьютерные классы, создаваемые на базе одного РС и до 10 дисплеев ВТА. В нашем университете было два таких терминал-класса (термин предложили преподаватели А.В. Сергиевский и С.Г. Кузин) с экранами «Видеотон» одного из первых настольных польских ПК «Мазовия». В режиме диалога вели обучение программированию и через него прошли многие выпускники ННГУ 1990-х годов.

Научные школы

Учёными факультета ВМК развивались разделы прикладной математики, были сформированы научные коллективы и школы, получившие международное признание: математическое моделирование, теория колебаний и оптимизация (проф. Ю.И. Неймарк); теория и методы глобальной оптимизации, системы поддержки принятия решений (проф. Р.Г. Стронгин); принятие оптимальных решений в САПР и АСУ, генетические алгоритмы (проф. Д.И. Батищев); устойчивость и автоколебания механических систем (проф. Ю.И. Городецкий); управление случайными процессами, теория систем массового обслуживания (проф. М.А. Федоткин), дискретная математика, целочисленная оптимизация (проф. В.Н. Шевченко); нелинейные динамические системы (проф. Л.П. Шильников); теория и методы описания, хранения и обработки сложной графической и видеоинформации (проф. Ю.Г. Васин). На факультете было открыто 9 кафедр, проблемных лабораторий, не считая кафедральных.

Как уже было сказано, в 1990-е гг. в ННГУ приобретались персональные компьютеры фирмы IBM. К своему 50-летию в ВЦ ННГУ уже имелся класс открытого доступа к сети INTERNET, новейший лингафонный компьютерный класс для обучения иностранным языкам, специальная аудитория для чтения электронных лекций.

Информационные технологии в ННГУ

За полвека существования на факультете ВМК подготовлены сотни специалистов по применению средств вычислительной техники в разных областях науки и индустрии.

В декабре 2013 г. в Нижегородском университете был установлен суперкомпьютер «Лобачевский» с производительностью выше 500 триллионов операций в секунду (пиковая производительность 573 TFlops). Этот новый вычислительный комплекс характеризуется инновационной архитектурой, его развитие обусловлено необходимостью выполнения фундаментальных научных исследований и поддержки решения сложных задач, требующих большого времени и не поддающихся обработке вычислительными средствами

других классов. К таким задачам относится повышение эффективности управления сложными техническими, экономическими и социальными объектами, используются экспертные информационные системы интеллектуальной поддержки процессов принятия эффективных решений.

В 2015 г. факультет ВМК был объединен с механико-математическим факультетом и НИИ ПМК и преобразован в институт информационных технологий, математики и механики (ИИТММ). Исследованиями по проблематике параллельного программирования руководит директор ИИТММ профессор В.П. Гергель. Ведется активная научная деятельность в рамках межгосударственных, федеральных и отраслевых научно-технических программ по следующим направлениям: 1. Суперкомпьютерные вычисления в задачах принятия решений на основе глобальной оптимизации. 2. Суперкомпьютерные технологии, высокопроизводительные вычисления. 3. Высокопроизводительная компьютерная графика. 4. Новые информационные технологии в образовании. Последнее из направлений предназначено для подготовки разработчиков сложного промышленного программного обеспечения, ориентированных на работу в высокотехнологичных компаниях IT-индустрии. Ежегодный выпуск специалистов по этому направлению составляет порядка 50 человек, многие из них уходят работать в крупнейшие IT фирмы, создавшие на базе факультета свои авторизованные центры и лаборатории. Среди них лаборатории информационных технологий корпорации Intel, автоматизации проектирования НИИ измерительных систем Ю.Е. Седакова, мобильных средств связи компании Telma Soft, а также центры компетенции и образовательной академии компании Microsoft, сетевой академии компании Cisco Systems, центр компетенции Linux корпорации IBM. Кроме того, при выполнении инновационной образовательной программы в рамках Национального проекта «Образование в 2007 и 2010 гг. в ННГУ были приобретены два высокопроизводительных кластера и, таким образом, студенты имеют возможность работать на самом современном компьютерном оборудовании. Полученные результаты в области высокопроизводительных вычислений уже отмечены среди первого десятка лучших результатов университетов мира.

Исследовательская деятельность проводится при тесном сотрудничестве с ведущими научными центрами страны. Результаты научных исследований имеют признание в стране и за рубежом. По результатам сотрудничества компания Microsoft объявила ННГУ одним из 10 вузов-партнеров в мире в области высокопроизводительных вычислений. В Нижегородском университете созданы центры компетенции по технологиям Intel, Microsoft и NVIDIA, работает Академия Cisco. Проводится учебная подготовка по основным направлениям компьютерной индустрии (программная инженерия, параллельные вычисления, компьютерная графика и др.), а студентам обеспечивается возможность работы на самом современном компьютерном оборудовании. На старших курсах они проходят практическую подготовку в ведущих научно-исследовательских и производственных организациях города и области (ИПФ РАН, Intel, Мера, Telesca, РФЯЦ ВНИИЭФ и др.), участвуют в программах международного студенческого обмена.

В число основных направлений и специализаций подготовки специалистов традиционно входит вычислительная математика, а сейчас – информационные технологии. Развиваются актуальные научные направления – прикладная математика и информатика, математическое моделирование, программная инженерия, параллельные вычисления, компьютерная графика. Создан музей института информационных технологий, задачей которого является демонстрация НТР и вовлечение молодого поколения в науку.

Заключение

Использование в качестве рабочего инструмента персонального компьютера привело к появлению целого спектра новых направлений и специальностей подготовки в ВУЗе – прикладной математики и информатики, математического моделирования, информационных технологий, программной инженерии, параллельных вычислений, компьютерной графики и т.д. В ННГУ появились новые широкие связи с внешним миром.

Таким образом, на примере Нижегородского университета мы видим, что за достаточно короткий промежуток времени электронно-вычислительная техника сделала большой скачок вперед, и не случайно на рубеже третьего тысячелетия общество вступило в эру информатизации.

Что касается вопроса «чему и как учить», то тут весьма популярна идея, что надо учить тому, что конкретно нужно сегодня, на что есть спрос. Для кадров средней квалификации это в основном верно, а как для высшей школы? Юрий Исаакович Неймарк говорил, что надо не только учить чему-то конкретному, что находится в непостижимо огромной шкатулке научных знаний, а еще дать ключик, открывающий доступ к этой шкатулке, позволяющий по мере необходимости это делать и уметь использовать, иметь идеи, понимать, как подступиться к новой проблеме.

Литература

1. Гергель В.П., Савельев В.П., Баландин Д.В. Факультету ВМК – 50 лет. Газета «Нижегородский университет» № 09 (2123) октябрь 2013 г. С. 12-14..
2. Любимцев Я.К. Как мы начинали. Газета «Нижегородский университет» № 10 (2124) ноябрь 2013 г. С. 11-12.
3. Д.В. Баландин. Наши математические исследования на мировом уровне. Газета «Нижегородский университет» № 10 (2124) ноябрь 2013 г. С. 12-13.
4. Математика, информационные технологии в Нижегородском государственном университете. Лидирующие позиции в России и в мире. К 100-летию ННГУ. Буклет музея ННГУ. Н. Новгород, 2016. – С. 9-19.
5. Неймарк Ю.И. 45-летний юбилей факультета ВМК ННГУ им. Н.И. Лобачевского // Вспоминая минувшие дни. К 45-летию факультета ВМК ННГУ. Н. Новгород, 2008. – С. 9-19.
6. Неймарк Ю.И., Панкрашкина Н.Г. О первых факультетах радиофизики и вычислительной математики и кибернетики. // Юрий Исаакович Неймарк. Библиографический указатель. К 45-летию факультета вычислительной математики и кибернетики. Н. Новгород, 2008. – С. 88-94.
7. Назвали именем «Лобачевский». Газета «Нижегородский университет» № 01 (2126) январь 2014 г. С. 7.

О проблеме достоверности доступной в Интернете исторической фактографии

Городняя Лидия Васильевна, к.ф.-м.н.

ИСИ СО РАН, Новосибирск
lidvas@gmail.com

Кирпотина Ирина Александровна

Новосибирск

Аннотация. В докладе рассматривается возможность использования оценки правдоподобия семантически нагруженной информации методом сопоставления освещаемых событий с механизмами поведения человека при установлении достоверности исторических сведений. Для иллюстрации привлечены результаты анализа доступных в Интернете весьма противоречивых сведений относительно истории первых компьютеров и мнений о путях поиска их творцами рациональных технических решений. Работа поддержана грантом РФФИ № N 15-07-06345.

Ключевые слова: правдоподобие информации, достоверность событий, архитектура Фон Неймана, компьютер Атанасова-Берри, ENIAC, машина Тьюринга, хранимая программа

Введение

По мере того как Интернет в наши дни становится массово доступным носителем всеобщего знания, включая не только кулинарные рецепты и основы садоводства, но и методы лечения серьёзных болезней и профессиональную подготовку, столь же стремительно растёт разнообразие противоречий в получаемых сведениях. Сложности вызывает оценка уровня достоверности найденных ответов. Оценку уровня достоверности можно начать с выяснения правдоподобия представленной информации, но приходится учитывать существование достоверных неправдоподобных событий и правдоподобной информации без достоверности. Тем не менее правдоподобие может работать как симптом для привлечения более сложных механизмов установления достоверности.

В качестве примера можно видеть множество версий истории информатики и вычислительной техники, излагаемых очевидцами, журналистами и исследователями. Некоторые освещённые на разных языках в этих версиях эпизоды вызывают вопросы, многие ответы на которые при желании может любой интересующийся найти в материалах, доступных в среде Интернет. Заметное число таких, постепенно проявляющихся, эпизодов в последние годы связано с историей архитектуры фон Неймана, противоречивыми сведениями о создании первых компьютеров и конфликтных перипетиях вокруг патентования конструкторских решений ENIAC-а. Сопоставляя эти эпизоды, попытаемся найти правдоподобные ответы на вопросы, связанные с природой разногласий между инженерами-физиками Джоном Мочли (John William Mauchly) и Джоном Преспером Эккертом (John Adam Presper "Pres" Eckert, Jr.), конструировавшими ENIAC, и авторитетным математиком Джоном Фон Нейманом (John von Neumann), сформулировавшим принципы компьютерной архитектуры. Формальный ответ дан судьёй Эрлом Ларсеном (E.R. Larson), призвавшим Джона Атанасова (John Vincent Atanasoff) в качестве эксперта, что позволило удовлетворить иск фирмы Honeywell Inc. и отозвать ранее зарегистрированный Джоном Мочли и Джоном Пр. Эккертом патент на конструктивные элементы ENIAC-а. Такое решение многие оценивают как несправедливость. Другие отмечают, что наоборот справедливость восторжествовала, миру стал известен приоритет Джона Атанасова. Изучение такого разнообразия даёт пищу для детектива, заслуживающего название «Четыре Джона или загадка одного патента».

Поскольку достоверность этих событий уже исследована профессиональными историками, историческая фактография даёт удобный материал для предварительного исследования методов установления правдоподобия информации. Актуальность таких методов растёт в сфере обработки больших данных. В качестве критерия правдоподобия здесь используется сопоставление освещаемых событий с известными механизмами поведения.

Источники

Ответы на многие вопросы дают источники, доступные на страницах Интернета. Самый массово доступный источник – бесспорно многоязычная Википедия. Статьи на разных языках часто являются авторизованными (без указания автора) переводами с английского, но иногда создаются независимо разными специалистами и содержат весьма противоречивые данные.

Имеются прекрасно обустроенные Интернет-ресурсы с грамотно написанными удобочитаемыми материалами для широкой аудитории, увы, содержащими прямо противоположные сведения в тематически близких статьях [1]. Особое удивление вызывает реакция читателей на форуме. Складывается отчётливое впечатление, что прочитав интересную статью, многие не видят смежные материалы и задают гневные или недоумённые вопросы, на которые можно найти вполне ясные ответы тут же. Целый ряд ооколокомпьютерных журналов время от времени публикует злободневные статьи, сопровождаемые ссылками на доступные источники, позволяющие оценить правдоподобие содержания и комментариев. Следует замечать тенденцию авторского стягивания информационных дыр в тех случаях, когда найденные источники не дают полного освещения событий.

История первых компьютеров обстоятельно освещена Георгом Дайсоном в собранном им обширном сборнике статей по результатам исследования истории создания компьютеров. Они основаны на многочисленных интервью с участниками компьютерных проектов, близкими людьми, коллегами и очевидцами, а также на анализе большого числа доступных публикаций за период с 1918 по 2008 год. Статьи были написаны в разные годы и достоверность описанных фактов не вызывает сомнений [2]. Эти материалы дополняют мемуары участников и очевидцев истории ВТ, а также аналитические обзоры, прослеживающие предысторию создания компьютеров, начиная с проектов Чарльза Беббиджа [3].

При хронологическом упорядочении вырисовывается весьма непростая картина. Естественно, свидетельства очевидцев могут искажать даты – на год-два. Мнения о мотивах поступков всегда имеют оттенок личных пристрастий. Документальные свидетельства подчинены целям создания документа, обычно связанным со структурой момента и экономико-политической канвой жизни. Тем не менее, сопоставление доступных данных освещает весьма непростую, насыщенную страстями и событиями историю живых людей, стоявших у истоков современных ИТ.

Накопление недостоверности

Изначально было аксиомой, что все наши ЭВМ и компьютеры соответствуют принципам архитектуры фон Неймана, лишь отдельные черты которой претерпели изменения, вызванные прогрессом элементной базы. Вдруг, на волне естественного интереса к истории вычислительной техники, появляется версия, что Джон фон Нейман был всего лишь ответственным за документацию по проекту ENIAC-a, а реальными авторами конструктивных решений были Джон П. Эккерт и Джон Мочли, не имевшие ранее права заявить о своём приоритете из-за режима секретности:

– Бывает, в науке нередко автора текста воспринимают как автора результата, особенно, если автор текста уже обладает известностью в смежных областях.

Затем появились рассказы, что Дж.П. Эккерт и Дж. Мочли не смогли получить патент на конструкции созданного ими ENIAC-a из-за публикации куратором компьютерного проекта Германом Голдстайном принципов архитектуры фон Неймана.

– Это несколько странно, что неофициальный тираж предварительного отчета может оказаться препятствием патентованию.

Кроме того, стало известно, что ещё раньше Джон Атанасов создал компьютер, и следовательно у него приоритет, который он не афишировал из-за войны. А вскоре выяснилось, что Конрад Цузе ещё раньше создавал компьютер, причём некоторые свои изобретения патентовал ещё в 1936-ом году.

Можно понять, что эти пионеры компьютерного дела отвлеклись на очень важные дела, а на объявление своего авторства пожалели сил и времени. Известно, что формальности патентования не так уж просты.

Далее в студенческих рефератах стала появляться схема, как бы изображающая архитектуру фон Неймана, в которой устройства ввода-вывода однозначно связывались с арифметико-логическим устройством¹, что не соответствует ни одной из реальных архитектур из-за существенной разницы в скоростях обработки данных.

– Поиск в Интернете показал, что такая диаграмма представлена в некоторых учебно-методических материалах и она подобна чертежу из описания ENIAC-a от 1946-го года, когда он ещё не функционировал.

1

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D1%84%D0%BE%D0%BD_%D0%9D%D0%B5%D0%B9%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B0 — статья «Архитектура фон Неймана». Перейдя на английскую или другие страницы [54-57], можно увидеть иную схему.

В предварительном отчёте Джона фон Неймана представлена несколько иная схема, с чётким пояснением, что ввод всегда передаёт данные в память и никогда в арифметико-логическое устройство, а вывод всегда происходит из памяти и никогда из арифметико-логического устройства [6].

Наконец в некоторых статьях Википедии появилось утверждение, что принципы архитектуры фон Неймана названы так ошибочно, причём в разных статьях, посвящённых компьютерным архитектурам, принципам фон Неймана и истории вычислительной техники изложены достаточно различные версии, отличающиеся как числом пунктов, так и формулировками принципов архитектуры фон Неймана, дополненными наукообразными учебно-методическими оценками.

Математики любят говорить, что науке безразлично, чьё имя носит теорема, важна лишь формулировка, благодаря которой грядущие поколения могут встать на плечи гигантов.

Недосказанное приводит к вопросам:

1. Какие особенности и аспекты вычислительной техники сформулировал Дж. фон Нейман в виде принципов компьютерной архитектуры?
2. Зачем куратор компьютерного проекта Герман Голдстейн счёл нужным позвать Дж. фон Неймана в уже идущий проект, выполняемый работоспособной командой?
3. Каковы были обязанности Дж. фон Неймана в компьютерном проекте?
4. Насколько участники проекта были знакомы с идеями и результатами Ч. Беббиджа, А. Тьюринга, К. Цусе и других изобретателей вычислительной техники?
5. Почему в отчёте Дж. Фон Неймана не уделено особого внимания авторству Мочли-Эккерта и других участников проекта?
6. Почему Г. Голдстейн спешил сделать машинопись рукописного отчёта Дж. Фон Неймана?
7. В чём причина спешки с рассылкой черновика отчёта Дж. Фон Неймана, содержавшего описание решений, обсуждавшихся коллективом разработчиков ENIAC-a?
8. Кто инициировал судебное разбирательство по ранее зарегистрированному Дж. П. Эккертом и Дж. Мочли патенту на архитектурные решения, реализованные при создании ENIAC-a?
9. Что побудило судью Ларсена (E.R. Larson) призвать Дж. Атанасова (John Vincent Atanasoff) в качестве эксперта, удовлетворить иск фирмы Honeywell Inc. и отозвать ранее зарегистрированный Дж. П. Эккертом и Дж. Мочли патент на конструктивные элементы ENIAC-a?
10. Каковы те люди, талантом и стараниями которых удалось создать современный компьютерный мир?

Почти все эти вопросы на заметные недомолвки уже имеют разные ответы, обоснованные источниками, доступными через Интернет. Проблемой является сложность оценки достоверности описания событий и правдоподобия механизмов и причин реализации тех или иных решений.

Действующие лица: «Четыре Джона»

Джон Атанасов (John Vincent Atanasoff October 4, 1903 – June 15, 1995) с детства увлекался математикой и конструированием. Отец ему подарил логарифмическую линейку, очаровавшему его своей элегантностью. Про Джона Атанасова говорили, что если бы он трудился в более амбициозном университете, подобном Беркли, то несомненно стал бы лауреатом Нобелевской премии. Но возможно быть автором первого в мире компьютера не менее почётно. Биографические сведения достаточно противоречивы. В одних источниках сообщается, что Джон Атанасов прервал работы над своим компьютером из-за призыва в армию, в других утверждается, что из-за начавшейся войны он сам предложил свои услуги военно-морскому флоту. Часто упоминается, что Джон Атанасов никогда не пытался продолжить работы в компьютерной сфере, но есть упоминания, что он включился в создание компьютеров для флота, но об этом нет открытых публикаций.

В своих мемуарах Джон Атанасов ярко описывает момент, когда в 1937-ом году ему стала ясна ранее не складывавшаяся физическая конструкция компьютера. Чувствуя себя в тупике, он погнался автомобиль без особой цели и где-то остановился передохнуть. В кафе после пары напитков он вдруг ощутил, что его озарило чёткое понимание того, что и как надо сделать. В одном интервью Дж. Атанасов говорил, что ранее был знаком с идеями Ч. Беббиджа, именно они убедили его в осуществимости автоматизации вычислений, побудили и вдохновили заняться созданием компьютера. В результате ему удалось дважды получить финансовую поддержку и в 1937 году вместе с Клиффордом Берри (Clifford Berry) создать машину, названную ABC. Фактически это был макетный образец, не обладающий функциональной и эксплуатационной полнотой (not programmable, not Turing-complete), что естественно при решении новой задачи, не имевшей доступных прецедентов решения. Важнейшим является достижение главной цели – демонстрация принципиальных возможностей автоматизации сложных вычислений [8-12].

Джон фон Нейман с детства (John von Neumann, December 28, 1903 – February 8, 1957) восхищал знакомых способностью манипулировать многозначными числами в уме. Рассказывают эпизод, что однажды физики Р. Фейнман, Э. Ферми и математик Дж. фон Нейман выполняли одновременно какой-то

сложный расчёт. Р. Фейнман использовал калькулятор, Э. Ферми делал записи на бумаге, а фон Нейман считал в уме. Завершили вычисления одновременно, причём результаты совпали. Будучи известным и авторитетным математиком, Джон фон Нейман придерживался мнения, что математика развивается быстрее в контакте с реальными проблемами мира. В соответствии с этой уверенностью он включился в решение проблем прогноза погоды. Говорят, что фон Нейман разрушил границу между королевствами чистой и прикладной математики. Джона фон Неймана характеризовали как самый быстрый ум эпохи и отмечали, что он более мыслитель, чем конструктор. Сам Джон фон Нейман говорил, что его интересует всё, кроме музыки и спорта.

В 1925 году фон Нейман опубликовал свою аксиоматическую теорию множеств, свободную от некоторых парадоксов, характерных для классической математики. Коллеги отмечали: «Джон фон Нейман способен разобратся в самой трудной проблеме, разделяя её на компоненты, выглядящие настолько бриллиантово простыми, что все мы изумлялись, почему мы не могли рассмотреть этот вопрос столь же ясно, как это стало возможным после того как это сделал он» [2:56]. При решении трудных задач обычно он хотел знать КАК это работает, но оставлял инженерам добиться, чтобы это реально работало. Понятность принципа вела к утрате интереса к проблеме. В 1930-е годы Освальд Веблен пригласил фон Неймана в Принстон.

Известно, что фон Нейман активно общался с Аланом Тьюрингом, посещавшим Принстон в 1930-х годах. Фон Нейман внимательно изучил результаты А. Тьюринга, подружился с ним, они часто прогуливались вместе и многое обсуждали в период 1936–1939 годов. В эти годы Алонсо Чёрч опубликовал свои идеи по описанию любых вычислений на основе λ -исчисления, А. Тьюринг под его руководством написал диссертацию, в которой описал эквивалентный этому исчислению автомат, получивший название «машины Тьюринга».

Следует отметить, что фон Нейман в число своих наиболее значимых результатов не включал формулировку принципов архитектуры и к работе в области чистой математики не возвращался [13-19].

Джон Мочли (John William Mauchly, August 30, 1907 – January 8, 1980) любил конструировать с детских лет. Увлёкся идеей автоматизации вычислений, читал на эту тему лекции, на одной из которых присутствовал Джон Атанасов, который после лекции подошёл и сказал, что делает прибор, пригодный для решения этой проблемы. Джон Мочли вскоре приехал в гости к Джону Атанасову и ознакомился с его машиной. Джон Атанасов показал ему 30-ти страничное описание машины, которое Джон Мочли просил дать на время для изучения, но Джон Атанасов отказал, мотивируя отсутствием копий. Предложение Мочли о совместном продолжении работы Дж. Атанасов отклонил. В 1942 году Мочли уже пытался привлечь внимание к идее автоматизации вычислений, подготовил семь страниц предложений, но на него не обратили внимания, да и текст потеряли.

Лейтенанту Герману Голдстайну порекомендовали пригласить Дж. Мочли и Дж. П. Эккерта разработать компьютер. Они сумели восстановить текст своего проекта для его представления администрации, распределяющей финансы. Занятно, что не было попытки просто воссоздать эти семь страниц по памяти, предпочли найти стенографистку, два года назад печатавшую текст, и восстановили его по сохранившейся стенограмме, что весьма трудоёмко. Это говорит о том, что Мочли был весьма обаятельным человеком, многие его коллеги отмечают, что его все любили.

Проект Дж. Мочли, позволил Г. Голдстайну сделать сообщение о перспективах вычислений на базе компьютеров, достаточное, чтобы О. Веблен порекомендовал выделить на этот проект финансы. На полгода был заключён контракт, который потом неоднократно продлевался. Г. Голдстайн обещал свести время счёта от месяцев к дням, если такую проблему решать с помощью компьютеров, в разработку которых к тому времени включились наиболее престижные университеты. Интересно, что в 1943 году на вопрос корреспондентов про объём памяти будущего компьютера Дж. Мочли отвечал, что память бесконечна, т.к. будут использоваться перфокарты, пригодные для многократного ввода. Приступив к своему компьютерному проекту, Дж. Мочли ещё дважды встречался с Дж. Атанасовым, пытался получить его консультацию и узнать о его дальнейших работах, но Дж. Атанасов уже был связан режимом секретности [20, 21].

Джон П. Эккерт (John Adam Presper "Pres" Eckert, Jr., April 9, 1919 – June 3, 1995) – прирождённый изобретатель, зарегистрировал более 80 патентов. Подростком изготовил кораблики с дистанционным управлением на базе магнитов с возможностью переключения от одного кораблика к другому. Студентом изобрёл для дискотек поцелуйный автомат по измерению силы любви. В воспоминаниях отмечал момент, когда его озарило понимание, что нет необходимости конструировать два вида памяти отдельно для данных и программы, а можно сделать единую память для того и другого. Коллеги отмечали, что он предпочитал проговаривать свои соображения любым слушателям.

Отец Дж. П. Эккерта дважды вмешался в ход жизни сына. Будучи весьма состоятельным бизнесменом, он счёл нужным сказать, что семья не может оплатить учёбу Джона в престижном университете. Можно найти утверждение, что он так поступил под влиянием матери, не желавшей расставаться с сыном. Позднее, когда в 1946 году Дж. П. Эккерт получил предложение фирмы IBM возглавить лабораторию по разработке новых компьютеров, отец посоветовал это отклонить и дал кредит

200 тысяч долларов на организацию вместе с Дж. Мочли своей фирмы, первой в мире фирмы по производству компьютеров.

Уже после эпопеи с компьютерным проектом Дж. П. Эккерт у себя дома придумывал разные устройства для хозяйства и детских развлечений. Требовал, чтобы дети для получения подарка называли свой возраст в двоичной системе [20, 21].

Неправдоподобие: «Загадка одного патента»

Математик, начавший карьеру определением аксиоматической теории множеств, с детства поражавший публику способностью оперировать в уме большими числами, соревновавшийся с физиками в выполнении расчётов², мог не обратить внимания на разность скоростей арифметико-логического устройства и средств ввода-вывода.

Чисто бюрократическая организация – патентное бюро – стала изучать не только официальные публикации, но ещё и предварительные черновики, пытаясь выловить там аналоги патентуемых идей.

Судебные иски возникли без инициативы заинтересованных лиц. Суды не ищут себе работу.

Изобретатель первого действующего макетного образца компьютера, потративший на это полученные от общественного фонда 6000 долларов и добившийся работоспособности прибора, достаточной для демонстрации мало знакомым специалистам, мог полностью отвлечься от своих идей и недооценить их значимость.

Любознательные и эрудированные учёные не поинтересовались материалами об аналитической машине Ч. Беббиджа, возможно хранимыми в Британском музее или упоминаемыми в частных беседах.

Хронология вокруг проекта ENIAC

Чтобы оценить правдоподобие полученных сведений описанные события ранней истории компьютеров можно разделить на три этапа: осознание потребности и исследование возможности автоматизации вычислений для решения особо важных и сложных задач (1936-1942 годы), создание и конструирование лабораторных образцов для исследования принципиальной осуществимости компьютерной автоматизации вычислений при решении любых задач (1943-1946 годы), переход к серийному производству компьютеров (1946-1970 годы).

По завершении Первой мировой войны в Европе была признана роль математики в достижении успешного применения новых военных технологий, что активизировало научный интерес к созданию математических моделей, поддерживающих эффективные вычисления. В результате О. Веблену (Oswald Veblen), авторитетному исследователю формальной логики, пришла идея создания Математического отдела в Институте перспективных исследований, и ему удалось ее осуществить. Он создал ядро Принстонской группы по европейскому образцу и тем самым нашёл наилучшее применение талантам математиков на случай войны. После ряда визитов в Европу он организовал команду математиков-вычислителей, введя вычисления на основе формализации выполнения пошаговых алгоритмов для обработки результатов тестов пристрелки [2].

Известно, что в 1936 году А. Чёрч создал λ -исчисление, давшее теоретическую основу процедурно-функциональной технике программирования, А. Тьюринг описал автомат, получивший название «машина Тьюринга» [25], К. Цузе зарегистрировал два патента на конструкцию компьютерной памяти, в описании которой упомянул, что память может хранить как данные, так и программы [45]. В Принстоне А. Тьюринг два года готовил к защите диссертацию под руководством А. Чёрча, был знаком с фон Нейманом, они много общались, обсуждая проблемы вычислимости [2, 22-24]. Возможно, в Британском музее хранилось доступное для ознакомления наследие Ч. Беббиджа, включая чертежи аналитической вычислительной машины, на которых видны принципы строения и взаимосвязей основных составляющих [26].

Результаты первого этапа (1936-1942 годы) – это математические теории, такие, как машина А. Тьюринга, лямбда-исчисление А. Чёрча, продукции Э. Поста, теория комбинаторов Х. Кэрри, алгоритмы А.А. Маркова³ и др. На этом этапе характерно стремление к минимизации используемых построений, лаконизму выразительных средств. Интересно, что в своё время А. Чёрч защищал диссертацию под руководством О. Веблена. Появляются и первые макетные образцы, выполненные отдельными энтузиастами, такими как Джон Атанасов и Конрад Цузе [11,40].

На втором этапе (1943-1946 годы) многие ведущие университеты включились в соревнование за финансирование их проектов и борьбу за приоритеты в новой области. Фон Нейман стал консультантом Манхэттэнского Атомного проекта [2]. Проведение важнейших вычислений силами команды математиков-вычислителей, число которых около 200 человек – преимущественно выпускниц математических факультетов, не позволяло достичь нужную скорость вычислений: прогноз погоды считался медленнее, чем наступала сама погода. Фон Нейман продолжал переписываться с А. Тьюрингом, вернувшимся в Англию, и

² Физики любят говорить, что они умеют считать лучше математиков

³ Публикация от 1944 года наверняка готовилась на пару лет раньше

часто навещал знакомых разработчиков компьютеров. Его увлекла идея, что можно создать устройство, по скорости счёта обгоняющее мозг человека и даже коллектив математиков-вычислителей. Происходят визиты А. Тьюринга в США и фон Неймана в Англию. Фон Нейман рассказывает многим, включая создателей ENIAC-а, про машину А. Тьюринга, пытаясь всем разъяснить её роль [2, 13-18].

В 1942 году Дж. Мочли уже пытался привлечь внимание к идее создания компьютера для автоматизации вычислений, подготовил небольшое предложение, но на него не обратили внимания, да и текст потеряли. Лейтенанту Г. Голдстайну порекомендовали пригласить Дж. Мочли и Дж. П. Эккерта для разработки компьютера. Они сумели восстановить текст своего проекта, подготовленной по семистраничной записке Дж. Мочли, для его представления администрации, распределяющей финансы. Г. Голдстайн сделал сообщение о перспективах вычислений на базе компьютеров, достаточное, чтобы О. Веблен порекомендовал выделить ему финансы, после чего был заключён контракт на полгода, который потом неоднократно продлевался. Разработку компьютера стал курировать Герман Голдстайн. Одновременно развивались другие компьютерные проекты в ряде престижных университетов. Кроме ENIAC-а были развёрнуты аналогичные проекты в Гарварде, Кембридже и др. Ради производительности оборудования многие технические решения по организации обработки данных использовали параллелизм. В ENIAC-е сумматор обрабатывался параллельно, примерно как, мультипроцессорных комплексах сейчас [2: 73, 15, 18, 20]. Ничего удивительного, что по ходу проекта, обладающего высокой новизной, возникли технические трудности, усложняющие обоснование дальнейшей поддержки, препятствующие чёткому прогнозу сроков завершения работ. Часть таких проблем изложения хода дел имеет объективно лингвистический характер — новейшие решения и изобретения выходят за пределы сложившейся речевой практики, требующей от конструктора конкретной опоры на реальные конструкции. Без наблюдения процесса физик-инженер не уверен в истинности своих решений и поэтому зачастую не может их выразить.

Неожиданно Г. Голдстайн знакомится с фон Нейманом и в августе-сентябре 1944 года фон Нейман включается в проект. Его обязанность – писать отчёты о ходе дел два раза в год [2: 74]. Примерно в это время в описании машины происходит переход к идее хранимой программы [2: 77], Дж. П. Эккерт приходит к идее единой памяти [[2: 78]. Летом 1945 года фон Нейман описал, а Г. Голдстайн напечатал 105-страничный текст про компьютер и сделал 24 копии, разосланных экспертам для ознакомления. Сильной стороной фона Неймана как математика оказалась способность давать абстрактные описания «принципов» без опоры на физический эксперимент с устройствами, воплощенными в конкретном «корпусе»⁴. Математическая культура поддерживает способность оперировать конструкциями с неизвестными составляющими любой природы. В версии от 30 июня 1945 года отмечена важность иерархии памяти, отдельной системы управления вычислениями, выделенного вычислительного устройства – процессора – и средств ввода-вывода. Канал между процессором и памятью назван «бутылочным горлышком».

Эксперты одобрили предварительный отчёт, Дж. Мочли признал, что он верно отражает логику их проекта, Дж. П. Эккерт констатировал, что первичный текст был в форме писем Голдстайну. Голдстайн отметил, что главной задачей фон Неймана было постараться всё осмыслить и описать понятно, сам фон Нейман спешил сделать общедоступным свод идей, полезных любым разработчикам компьютеров. Проект получил очередное финансирование.

При завершении этого этапа крупнейшие фирмы стали организовывать компьютерные лаборатории. Команда ENIAC-а распалась, отчасти из-за проблем с зарплатой. Джон П. Эккерт был приглашён в руководители лаборатории фирмой ИБМ, но отказался в пользу своего бизнеса. Подобное решение принял и Дж. Атанасов, когда флот ему предложил возглавить компьютерный проект.

Третий этап (1946-1970 годы) знаменует понимание коммерческого значения новых средств и развёртывание серийного производства компьютеров. Новая профессия специалистов-компьютерщиков по разному воспринимается широкой публикой. Для гуманитариев и инженеров они математики, а для математиков – инженеры. [2: 119]. Появляется первая фирма по производству компьютеров, организованная Дж. П. Эккертом вместе с Дж. Мочли. Успех и признание пришли не сразу, пришлось выполнить ряд реорганизаций через банкротство и перепродажу, включая передачу прав на интеллектуальную собственность в виде патента на конструкторские решения ENIAC-а. Были и другие претенденты на упоминание в качестве авторов ENIAC-а, но суд их претензии не признал. Но по мере обретения популярности компьютерных вычислений владение патентами на ряд конструктивных решений стал восприниматься как препятствие развитию новой отрасли и противоречие антимонопольному законодательству, что и привело к ряду судебных процессов, один из которых отозвал ранее зарегистрированный патент [2: 72, 76].

⁴ Образ сформулирован А.Н. Тереховым, обосновавшим несопоставимость теоретических построений и реально работающих программных комплексов. Эта же разница отмечена в знаменитой книге Фр. Брукса

Часть правдоподобных ответов

1. Какова природа разногласий между инженерами-физиками Джоном Мочли и Джоном Преспером Эккертом, конструировавшими ENIAC, и авторитетным математиком Джоном фон Нейманом, сформулировавшим принципы компьютерной архитектуры?

- Для инженера результат – это действующая установка, которую можно показать другим инженерам. Для математика результат – это публикация статьи, пригодной для понимания другими математиками. Такая разница в механизме признания результатов провоцирует инженеров считать написание текстов и выступление с докладами пустой тратой времени, отвлекающей от основной работы, а математиков рассматривать мелкие неполадки в конструировании новых приборов показателем плохо обдуманных решений.

2. Зачем куратор компьютерного проекта Герман Голдстейн счёл нужным позвать фон Неймана в уже идущий компьютерный проект?

- Лейтенант Г. Голдстейн получил крупное финансирование проекта и, выполняя курирование работ, чувствовал, что для дополнительного финансирования необходимо убедительно показать прогресс. Новое дело требовало каскада взаимосвязанных изобретений, на описание которых и чёткий прогноз по представлению демонстрируемого макета инженеры не были способны. Г. Голдстейн догадался, что фон Нейман, известный способностью вникать в любое дело, сумеет дать солидный отчёт о ходе дел и в этом проекте.

3. В чём заключались обязанности Дж. фон Неймана в компьютерном проекте?

- *В обязанности Дж. фон Неймана входило писать отчёт о состоянии дел два раза в год, что он делал в виде рукописных писем Г. Голдстейну.*

4. Насколько участники проекта ENIAC были знакомы с идеями и результатами Ч. Беббиджа, А. Тьюринга, К. Цусе и других изобретателей вычислительной техники?

- Материалы по аналитической машине Ч. Беббиджа хранятся в Британском музее. К. Цусе в 1936 году зарегистрировал два патента на конструкцию памяти компьютера, в описании которой отметил, что память может хранить как данные, так и программу, но неизвестно, была ли такая информация доступна участникам проекта ENIAC. А. Тьюринг описание своего автомата выполнил в Принстоне под руководством А. Чёрча в 1936 году и в это время подружился с Дж. фон Нейманом, много времени они проводили, гуляя вместе, и обсуждали проблемы вычислимости. Дж. фон Нейман старался всюду, где бывал, знакомить с результатами А. Тьюринга, и особенно знакомых ему разработчиков компьютеров.

5. Почему Г. Голдстейн спешил сделать машинопись рукописных писем фон Неймана и разослать текст как предварительный отчёт экспертам? В чём причина спешки с рассылкой этого черновика, содержавшего описание решений, обсуждавшихся коллективом разработчиков ENIAC-а?

- *В это время были и другие группы, пытавшиеся создать компьютер и получить на это финансовую поддержку. Г. Голдстейн чувствовал необходимость продемонстрировать, что его проект – самый успешный. Он распечатал письма фон Неймана и сделал 24 копии, которые разослал экспертам, от мнения которых зависело дальнейшее финансирование работ. Хотя машинопись была выполнена с большим числом опечаток, предварительный отчёт получил одобрение.*

6. Почему в тексте отчёта фон Неймана не уделено особого внимания авторству Мочли-Эккерта и других участников проекта?

- Фон Нейман писал Г. Голдстейну, который и так знал о вкладе всех участников проекта. Кроме того, идеи проекта ENIAC фон Нейман воспринимал как реализацию идей А.Тьюринга, а потому не считал их новыми. Позднее К. Гёдель говорил, что ENIAC соответствует его идеям.

7. Что побудило судью Эрла Ларсена (E.R. Larson) призвать Джона Атанасова в качестве эксперта, удовлетворить иск фирмы Honeywell Inc., отозвать принадлежащий фирме Sperry Rand патент на конструктивные элементы ENIAC-а?

- Выяснилось, что в 1939 году Дж. Мочли познакомился с Дж. Атанасовым. Дж. Мочли в июне 1941 г. приехал к Дж. Атанасову, пробыв у него около недели. Во время этого визита Дж. Атанасов продемонстрировал также свой компьютер "ABC", который к тому времени был почти готов к работе. Дж. Мочли ознакомился с устройством его компьютера и предлагал сотрудничество, от которого Дж. Атанасов отказался. Дж. Мочли ещё и в 1942 году дважды навещал Дж. Атанасова, уже из-за войны прервавшего работу над своим компьютером и переключившимся на создание компьютеров для военного флота, о которых нет открытых публикаций. Через четыре года идеи Дж. Атанасова нашли воплощение в компьютере "ENIAC". Дж. Атанасов доказал заимствование некоторых его идей в конструкции ENIAC-а на трех заседаниях суда. Судья Ларсен признал, что Дж. Мочли и Дж. П. Экерт воспользовались придуманными Дж. Атанасовым основными принципами построения электронного цифрового компьютера и заложили их в "ENIAC".

8. Кто инициировал судебное разбирательство по ранее зарегистрированному Дж. П. Эккертом и Дж. Мочли патенту на архитектурные решения, реализованные при создании ENIAC-а?

- Инициатором судебного процесса возможно был коллега Дж. П. Эккерта и Дж. Мочли, считавший, что его несправедливо забыли упомянуть в списке авторов ENIAC-а. Про это вспомнила одна из шести программисток⁵, работавших в проекте, после проведения торжеств в связи с 50-летием ENIAC-а, на которые её забыли пригласить [21, 42-50].

Принципы архитектур Беббиджа, Атанасова и фон Неймана

Многие комментаторы истории ВТ заинтригованы очевидным сходством описаний аналитической машины Ч. Беббиджа, компьютера Атанасова-Берри и сформулированных фон Нейманом принципов архитектуры компьютеров [51-52, 54-57]. Можно видеть удобное для такого сравнения описание машины Ч. Беббиджа, сопровождаемое комментарием: «Устройство аналитической машины во многом превосходило структуру современных компьютеров» [3, 53].

Структурная организация аналитической машины Ч. Беббиджа включает в себя память для хранения чисел, процессор для выполнения арифметических операций, устройство управления действиями машины и средства ввода-вывода, включая перфорацию и машинопись. В качестве долговременной памяти использовались многократно применимые перфокарты трёх типов – для чисел, переменных и программы. Предполагалось, что машина сможет оперировать алгебраическими формулами, что можно рассматривать как идею автоматизации конструирования программ.

Формулируя принципы своего компьютера Дж. Атанасов решил, что будет использовать электричество и достижения электроники. Кроме того, работа его компьютера будет основана на двоичной, а не на десятичной системе счисления, основой оперативной памяти будут служить конденсаторы; функционирование будет использовать параллельную обработку и логические электронные схемы.

Фон Нейман в виде принципов архитектуры универсальной вычислительной машины, которая должна содержать несколько основных компонент, таких, как арифметическое устройство, память, устройство управления и связи с оператором, выделил ряд достаточно общих пунктов, описание которых сопроводил подробными комментариями по особенностям функционирования основных устройств, сопоставляя свои решения с известными математическими теориями и сверяя их с результатами исследования нейронов и нейронных сетей, опубликованными в 1943 году, что рассматривал как природный эксперимент по организации обработки данных.

Некоторые комментаторы полагают, что К. Цусе подсознательно воспроизводил идеи Ч. Беббиджа, но сам К. Цусе утверждал, что с идеями Ч. Беббиджа знаком не был.

Заключение

В статье на примере сведений по ранней истории вычислительной техники показано возрастание уровня недоверия информации массово доступной в Интернете. Выполнена успешная попытка поиска более достоверной информации, представленной на разных языках, и её сопоставления с механизмами поведения. Результат показывает трудоёмкость такого поиска, необходимость привлечения разноязычных ресурсов, мемуаров, первичных и вторичных источников, собранных и созданных профессиональными исследователями ранней истории ВТ. Противоречивость полученной таким образом картины потребовала определённых средств аналитики в стиле детективного анализа на правдоподобие для выстраивания сравнительно связного изложения. Определённые сложности вызваны тем, что исходные материалы могут по разным причинам исчезать из оперативного доступа.

Можно продолжать поиск недоопределённости в общедоступной информации, задавать вопросы и отыскивать в Интернете ответы, но пока достаточно констатировать, что успехи современной лингвистики, этологии и психологии дают основания рассчитывать на появление формальных моделей поведения и практических инструментов анализа правдоподобия информации, связанной с разными явлениями и событиями. Такие инструменты найдут своё место в практике обработки больших данных, представляющих информацию на естественном языке.

Следует отметить, что отечественный авангард математики времён создания первых компьютеров не только был знаком с результатами исследования вычислимости, но и участвовал в создании и развитии своих моделей вычислений, получивших мировое признание, но не воспринятых инженерами-конструкторами. Граница между королевствами чистой и прикладной математики почти не нарушена до сих пор.

⁵ Мэрлин Мельцер (Marlyn Wescoff Meltzer), Рут Лихтерман (Ruth Teitelbaum), Кэтлин Рита Макналти (Kathleen McNulty Mauchly Antonelli), Бетти Джин Дженнингс (Jean Jennings Bartik), Франсис Элизабет Снайдер (Frances Snyder Holberton), Франсис Билас (Frances Spence)

Литература

1. Материалы по истории ВТ <http://chernykh.net/>
2. George Dyson Turing's Cathedral/ The Origins of Digital Universe/ USA, Random House 2012 , 401 p.
3. Полунов Ю.Л., Шилов В.В. БББ: Бэббидж. Биография. Библиография. Приложение к журналу «Информационные технологии» 2014. №6. 32 с.
4. G.D.Crove, S.E.Goodman S.A.Lebedev and the Birth of Soviet Computing. Special Reprint for the IFIP World Conference on Perspectives on Soviet and Russian Computing. 3–7 July 2006, Karellia, Russia. p. 1–21.
5. http://db4.nsc.ru/elbib/data/show_page.phtml?76+91+1213 – сайт А.М.Федотова
6. Michael D. Godfrey Introduction to «The First Draft Report on the EDVAC” by John von Neumann
7. Каргаева Кристина Андреевна Реферат
<https://sites.google.com/site/funkcionalnaashemapk/home/principiy-dzona-fon-nejmana>
8. Биографии Дж. Атанасова и Кл. Берри <http://chernykh.net/content/view/447/659/>
9. Биография Дж. Атанасова <http://www.blgari.eu/ArchivPDF/0502/www/0502-12-14.pdf>
10. Научная биография Дж. Атанасова <http://projecteuclid.org/euclid.rml/1204900339>
11. Dr. Geraldine M. Montag John V. Atanasov, Inventor of the First Electronic Digital Computer. A Chronology of Fact.
<http://www.engineersaz.com/NEWSLETTERS/The%20Atanasoff%20Berry%20Computer.pdf>
12. John Vincent Atanasoff https://www.revolvy.com/topic/John%20Vincent%20Atanasoff&item_type=topic
13. Биография фон Неймана <http://chernykh.net/content/view/449/661/>
14. Alan Jacobs. The Man Who Delivered the Computer
<http://www.booksandculture.com/articles/2012/sep/oct/who-delivered-computer.html>
15. Herman H. Goldstine. The Computer from Pascal to von Neumann. — Princeton University Press, 1980. — 365 p. — ISBN 9780691023670. (англ.)
16. William Aspray. John von Neumann and the Origins of Modern Computing. — MIT Press, 1990. — 394 p. — ISBN 0262011212. (англ.)
17. John von Neumann. First Draft of a Report on the EDVAC. University of Pennsylvania (30 июня 1945).
18. Burks A. W., Goldstine H. H., Neumann J. Preliminary Discussion of the Logical Design of an Electronic Computing Instrument. — Institute for Advanced Study, Princeton, N. J., July 1946.
19. Backus, John W.. «Can Programming Be Liberated from the von Neumann Style? A Functional Style and Its Algebra of Programs». DOI:10.1145/359576.359579. Проверено 2012-01-20.
20. Биографии Дж. Мочли и Дж.П.Эккерта <http://chernykh.net/content/view/448/660/>
21. Nancy B. Stern. From Eniac to UNIVAC: An Appraisal of the Eckert-Mauchy Computers. — Digital Press, 1981. — 286 p. — ISBN 0932376142.
22. The Alan Turing Internet Scrapbook Who Invented the Computer?
<http://www.turing.org.uk/scrapbook/computer.html>
23. Alan Turing British mathematician and logician <https://global.britannica.com/biography/Alan-Turing>
24. Alan Turing is the Father of Computer Science and AI <http://factmyth.com/factoids/alan-turing-is-the-father-of-computer-science-and-ai/>
25. Turing, A.M. (1936), "On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem", *Proceedings of the London Mathematical Society*, 2 (published 1937), 42, pp. 230–65, doi:10.1112/plms/s2-42.1.230 (and Turing, A.M. (1938), "On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. A correction", *Proceedings of the London Mathematical Society*, 2 (published 1937), 43 (6), pp. 544–6, doi:10.1112/plms/s2-43.6.544)
26. Yanel Maryse Ramos Charles Babbage & Alan Turing (Final Draft)
<http://www.personal.psu.edu/faculty/j/a/jav106/seps/essays/RamosEs3.html>
27. Биография Ч. Бэббиджа <http://chernykh.net/content/view/441/653/>
28. A Brief History of Computers <http://www.cs.uah.edu/~rcoleman/Common/History/History.html>
29. Библиография А. Тьюринга
https://books.google.ru/books?id=y1MjDgAAQBAJ&pg=PA490&lpg=PA490&dq=Alan+Mathison+Turing++Charles+Babbage&source=bl&ots=c68_UtZveE&sig=ALceC3L_8eXnZoxosMAuce_yqhs&hl=ru&sa=X&ved=0ahUKewjeyrzaorfTAhUB6CwKHbkCAjE4ChDoAQg9MAM#v=onepage&q=Alan%20Mathison%20Turing%20-%20Charles%20Babbage&f=false
30. Who is real father of computer, Charles Babbage or Allan Turing?<https://www.quora.com/Who-is-real-father-of-computer-Charles-Babbage-or-Allan-Turing>
31. History of Computing: What is the relationship between the Turing machine and the Charles Babbage's Difference Engine? <https://www.quora.com/History-of-Computing-What-is-the-relationship-between-the-Turing-machine-and-the-Charles-Babbages-Difference-Engine>

32. Петренко А. К., Петренко О. Л. Машина Беббиджа и возникновение программирования // Историко-математические исследования. — 1979. — Т. 24. — С. 340.
33. Doron Swade. The difference engine: Charles Babbage and the quest to build the first computer. — ISBN 0-670-91020-1.
34. Биография Конрада Цузе <http://chernykh.net/content/view/445/657/>
35. В. В. Шилов ФОН НЕЙМАН И ФОН ЦУЗЕ НА ФОНЕ ИСТОРИИ
36. KONRAD ZUSE <http://people.idsia.ch/~juergen/zuse.html>
37. KONRAD ZUSE <http://history.computer.org/pioneers/zuse.html>
38. My First Computer and First Thoughts About Data Processing ["Computer Design-Past, Present, Future," talk given by Prof. Konrad Zuse, in Lund/Sweden, Oct. 2, 1987, previously unpublished.]
39. Zuse, Konrad, "Some Remarks on the History of Computing in Germany," in Metropolis, N., J. Howlett, and Gian-Carlo Rota, *A History of Computing in the Twentieth Century*, Academic Press, New York, 1980, pp. 611-627.
40. German Computer Designer Zuse Files For Patent. 11th April 1936
<http://www.computinghistory.org.uk/det/6149/Konrad%20Zuse%20Files%20For%20Patent>
41. Pioneers of the Computer Age
<https://books.google.ru/books?id=8RnMTc9uzbAC&pg=PT15&lpg=PT15&dq=Konrad+Zuse++Charles+Babbage&source=bl&ots=rjNnWj90AV&sig=LK-I0Q4DFxyGxTNznCeYQMICx1A&hl=ru&sa=X&ved=0ahUKEwiMxODEprfTAhUDEVAKHccJDUE4ChDoAQhYMAk#v=onepage&q=Konrad%20Zuse%20-%20Charles%20Babbage&f=false>
42. Материалы судебного разбирательства
<http://evolv.ho.ua/Nauka%20i%20Informatsija/Atanasoff%20John%20Vincent.html>
43. Honeywell vs. Sperry Rand records <http://archives.lib.umn.edu/repositories/3/resources/11>
44. Переписка Мочли — Атанасов
https://books.google.ru/books?id=_Zja6hoP4psC&pg=PA105&lpg=PA105&dq=Thomas+Kite+Sharpless+ENIAC&source=bl&ots=6liMDDTyrd&sig=yJNQ2NbBV3--qJ-4CI-R0vu6dQk&hl=ru&sa=X&ved=0ahUKEwiXq43oyfvTAhUBD5oKHYjSck0Q6AEIZDAM#v=onepage&q=Thomas%20Kite%20Sharpless%20ENIAC&f=false
45. The Forgotten Female Programmers Who Created Modern Tech
<http://www.npr.org/sections/alltechconsidered/2014/10/06/345799830/the-forgotten-female-programmers-who-created-modern-tech>
46. Некролог Джеффри Чуан Чу (Jeffrey Chuan Chu)
<http://www.legacy.com/obituaries/bostonglobe/obituary.aspx?n=jeffrey-chuan-chu&pid=151684797&fhid=6713>
47. Биография Kathy Kleiman Book - ENIAC Programmers Project
<http://eniacprogrammers.org/books/kathy-kleiman-book/>
48. <https://www.computer.org/csdl/mags/an/1996/03/man1996030013-abs.html>
49. W. Barkley Fritz, "The Women of ENIAC", *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 18, no. , pp. 13-28, Fall 1996, doi:10.1109/85.511940
50. <https://www.lifehacker.com.au/2015/11/invisible-women-the-six-human-computers-behind-the-eniac/>
51. Davis, Martin (2000), *The universal computer: the road from Leibniz to Turing*, New York: W W Norton & Company Inc., ISBN 0-393-04785-7 republished as: Davis, Martin (2001), *Engines of Logic: Mathematicians and the Origin of the Computer*, New York: W. W. Norton & Company, ISBN 978-0-393-32229-3
52. Айзексон Уолтер Инноваторы. Как несколько гениев, хакеров и гиков совершили цифровую революцию <https://biography.wikireading.ru/211566>
53. Шилов В. В. Удивительная история информатики и автоматки. — Москва : ЭНАС, 2011. — 214 с. — (О чем умолчали учебники).; ISBN 978-5-4216-0007-7
54. https://en.wikipedia.org/wiki/Von_Neumann_architecture
55. https://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_de_von_Neumann
56. https://mn.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D0%BD_%D0%9D%D0%B5%D0%B9%D0%BC%D0%B0%D0%BD_%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80
57. <https://de.wikipedia.org/wiki/Von-Neumann-Architektur>

Вклад выпускников Московского энергетического института в развитие отечественной вычислительной техники

Дзегеленок Игорь Игоревич, д.т.н.
Ладыгин Игорь Иванович, к.т.н.
Поляков Аркадий Константинович, к.т.н.

Национальный Исследовательский Университет «МЭИ»
Москва, Россия
Dzegelii@gmail.com, Ladyginii@mail.ru, Poliakovak@mpei.ru

Ключевые слова: Московский энергетический институт, история отечественной вычислительной техники, кафедра вычислительной техники МЭИ, факультет АВТ МЭИ.

Данная работа является продолжением предыдущих исследований авторов, посвященных роли МЭИ в становлении и развитии отечественной вычислительной техники [1-3,17]. В числе создателей советских ЭВМ было много выпускников МЭИ: В.С. Бурцев (ЭВМ М-40,М-50,серия спец-ЭВМ, МВК ЭВМ ЭЛЬБРУС), В.А. Мельников (ЭВМ БЭСМ-6), Б.Н. Наумов (ЭВМ серии СМ), В.К. Левин (ЭВМ ВЕСНА), члены корреспонденты АН СССР: Г.П. Лопато (ЭВМ серии МИНСК), Н.Я. Матюхин (ЭВМ М1 и спец. ЭВМ), Ю.М. Митропольский (ЭВМ Электроника СС БИС), доктора наук: М.А. Карцев (ЭВМ М4, М9, М-10), Б.И. Рамеев (ЭВМ серии УРАЛ), В.В. Пржиялковский (спец ЭВМ АРГОН, серия ЕС ЭВМ), А.М. Ларионов (серия ЕС ЭВМ), кандидат наук Н.П. Брусенцов (создатель 1-й в мире троичной ЭВМ) и другие [4-9,11]. Выпускники МЭИ участвовали не только в создании средств вычислительной техники, но и в организации ведущих предприятий в данной области и управлении ими.

ИТМ и ВТ – директор В.С. Бурцев (1973-1984 гг.), академик АН СССР, создатель и директор (1994 - 1999 г.г.) Института высокопроизводительных вычислительных систем РАН. Академик АН СССР В.А.Мельников, организатор (1983 г.) и директор Института проблем кибернетики АН СССР. Начальник отдела, главный конструктор ЭВМ для системы противовоздушной обороны С-300П, д.т.н. Е.А. Кривошеев. Начальники отделов и лабораторий ИТМ и ВТ: доктора и кандидаты технических наук, лауреаты Государственных премий и орденосцы: Ф.П. Галетский, В.Л.Ли, В.Н. Лаут, Л.А. Зак, А.С. Крылов, А.А. Соколов, В.И. Смирнов, М.В. Тяпкин, Л.Ф. Чайковский. Из числа выдающихся инженеров, имена которых внесены в галерею славы ИТМиВТ больше половины – это выпускники МЭИ [8].

ИНЭУМ – директор (1964 – 1967 гг.) к.т.н. Н.В. Паутин, директор (1967 – 1983 гг.), академик АН СССР Б.Н.Наумов, генеральный директор с 1984 г., д.т.н. Н.Л. Прохоров – генеральный конструктор СМ ЭВМ. Первый заместитель директора, к.т.н. Е.Н. Филинов. Заместитель директора по научной работе, д.т.н. С.Н. Хрущев. Заместитель генерального директора ОАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука» по научной работе с 1994 г., д.т.н. Г.А. Егоров, Заведующий отделом (1984-2008 гг.), д.т.н. В.А. Козмидиади (1971-1983 гг.).

ВНИИЭМ – директор, академик АН СССР Шереметьевский Н.Н. Создатель отделения вычислительной техники, а в МИИТ кафедры «Вычислительные машины и системы» д.т.н. Каган Б.М. Главный научный сотрудник, д.т.н. Долкарт В.М., разработчик УВМ ВНИИЭМ-3 и УВМ «В-3М», Танаев М.Я.- главный инженер Истринского филиала ВНИИЭМ.

НИИАА – директор Семенихин В.С. (1963–1971 гг., 1976–1987 гг.), академик АН СССР, Герой Социалистического Труда. Начальник отдела Матюхин Н.Я., член корреспондент АН СССР, начальники лабораторий д.т.н. Татарников Ю.А., Татур В.Е. и др.

НИЦЭВТ – директор (1971 -1977 гг.), д.т.н. Ларионов А.М., генеральный конструктор ЕС ЭВМ и БЦВМ серии Аргон. Директор с 1977 г. д.т.н. Пржиялковский В.В., а затем (1978-1988 гг.) генеральный директор НПО «Персей». Д.т.н. Ломов Ю.С., первый заместитель директора – заместитель по научной работе. К.т.н. Пеледов Г.В. руководитель отдела технического проектирования базового программного обеспечения ЕС ЭВМ.

НИИВК – основатель института и директор (1975-1983 гг.), д.т.н. Карцев М.А., главный конструктор многопроцессорных векторно-параллельных ЭВМ М-10 и М10-М. Директор (1983-1988 гг.), к.т.н. Рогачев Ю.В., первый заместитель главного конструктора ЭВМ М4-2М, М-10, М10-М, М-13[14,15]. Генеральный директор (1992-2014 гг.) Мухтарулин В.С., генеральный конструктор НИИВК. Д.т.н. Крупский А.А., заместитель директора по научной работе.

НИИЭВМ (Минск) – директор д.т.н. Лопато Г.П.(1964-1987 гг.), член-корреспондент АН СССР. Директор (1987-1988 гг.,1992-1994 гг.) д.т.н. Пыхтин В.Я.

НИИ УВМ (Северодонецк) – к.т.н. Резанов В.В., главный конструктор ЭВМ М6000, М7000, СМ2, в 1981-1991 гг. заместитель генерального конструктора систем управления атомными электростанциями, под его руководством разработан высоконадежный программно-технический комплекс ПС 1001.

НИИ «Квант» – директор (1976-1996 гг.), академик АН СССР Левин В.К. Главный конструктор трех очередей проблемно-ориентированных систем с массовым структурным параллелизмом. Заместитель директора к.т.н. Горбунов В.С.

НПЦАП имени Н.А.Пилюгина – начальник отделения – заместитель генерального конструктора организации Назьмов Р.Б. Начальник отделения, руководитель разработки бортовых вычислительных комплексов, в том числе, для космического корабля «Буран».

ОКБ МЭИ – организатор и руководитель ОКБ В.А. Котельников, академик АН СССР. В 1958 году он создал Институт радиотехники и электроники АН СССР. Богомолов А.Ф., директор ОКБ с (1958-1989 гг.) академик АН СССР.

РПКБ – генеральный директор, д.т.н. Г.И. Джанджгава. Под его руководством были созданы комплексы авионики для самолётов и вертолётов корабельного базирования, истребителей МиГ-29, Су-27.

МНИИПА – с 1989 г. заместитель директора по научной работе д.т.н. Я.В. Безель. С 1999 г. он научный руководитель ОАО "ГСКБ "Алмаз-Антей". Генеральный конструктор систем ПВО С-50, С-50М, главный конструктор ряда войсковых АСУ.

ЦНИИ «Агат» – главный конструктор вычислительного комплекса «Бурав», к.т.н. Б.Г. Микаэлян. Главный конструктор высоконадежных ЭВМ к.т.н. А.К. Заволокин. Главный конструктор ряда БЦВМ «Аргон», к.т.н. В.Г. Черчесов.

НИИ «Аргон» – заместитель директора по научной работе, главный конструктор ряда разработок БЦВМ, д.т.н. А.Ф. Кондрашев. Заместитель генерального директора по научной работе Мишин В.Ф. Главный конструктор БЦВК «Аргон-16», к.т.н. Г.Д. Монахов

НИИ «Ангстрем» – к.т.н. А.Т. Яковлев (1980 – 1987 гг.) директор, с 1991 по 2003 г. заместитель генерального директора НПК «Научный центр». К.т.н. А.А. Попов – генеральный директор (2000-2012 гг.).

Но, как говорится, «короля определяет свита». Кроме перечисленных лидеров следует вспомнить многих членов их коллективов, выпускников МЭИ – докторов и кандидатов технических наук, орденосцев и лауреатов Государственных премий [4]). Например, в издании [10] помещены материалы о более 500 инженерах и ученых, сыгравших большую роль в развитие отечественной ВТ, из них более 100 выпускников МЭИ (ок. 20%). Среди них 8 академиков АН СССР, 32 доктора технических наук.

Следует выделить много сделавшего для развития средств вычислительной техники в СССР выпускника МЭИ В.Д. Калмыкова, в 1954–1957 г. министра радиотехнической промышленности СССР, с 1957 по 1965 г. председателя Государственного комитета СМ СССР по радиоэлектронике, с 1965 по 1974 г. министра радиопромышленности СССР. Министром радиопромышленности СССР в 1987–1988г. был В.И. Шимко, заместителем министра электронной промышленности СССР с 1965г. – А.А. Розанов. Большой вклад в подготовку кадров для электронной промышленности внес академик АН СССР Н.Н. Евтихийев, в 1964–1967гг. ректор Всесоюзного заочного энергетического института, затем ректора МИЭРА, организованного на базе Заочного института.

Все это позволяет утверждать о выдающейся роли МЭИ в подготовке кадров в области вычислительной техники в 50–70 годах XX столетия, и, в частности факультета, а ныне института Автоматики и Вычислительной техники МЭИ. Среди факторов, определивших эту роль МЭИ, важными нам представляются следующие:

- квалифицированные преподавательские кадры,
- электротехнический профиль института,
- массовость выпуска специалистов,
- старт новой отрасли промышленности,
- счастливое стечение обстоятельств,
- тесное сотрудничество с ведущими предприятиями отрасли.

Первые ЭВМ строились на электронно-вакуумных лампах, основные расчеты компонент и схем базировались на электротехнике. МЭИ в 40-60 годы славился своей электротехнической школой, в отличие от МВТУ, где преобладали механика и сопромат. В МЭИ работали выдающиеся электротехники – профессора К.А. Круг, М.К.Поливанов и др. В интервью журналу PC week [11] профессор Б.М.Каган сказал: «Дело в том, что расчеты устойчивости энергосистем были связаны с решением сложных систем нелинейных дифференциальных уравнений, которые требовали применения исключительно трудоемких численных методов. Чтобы преодолеть эти трудности, создавались специальные технические устройства: электромеханический расчетный стол (С. А. Лебедев) и электромеханический интегратор (И.С. Брук). Вот почему С.А. Лебедев и И.С. Брук первыми оценили достоинства цифровых ЭВМ и стали пионерами в создании отечественных ЭВМ».

Но не только электротехники составляли тогда славу МЭИ. В МЭИ в свое время работали академик А.Д. Сахаров, академик В.А. Кириллин, профессор В.А. Фабрикант, первым в мире запатентовавший принцип лазера и др. На факультетах электронно-вакуумных приборов (ЭВПФ) и радиотехники (РТФ)

работали такие специалисты, как академики В.А. Котельников (автор теоремы Котельникова, дважды Герой социалистического труда,) и А.Ф. Богомолов, член-корреспондент АН СССР В.И. Сифоров, профессор А.В. Нетушил, защитивший в 1947 году в МЭИ кандидатскую диссертацию на малопонятную тогда тему «Анализ триггерных элементов электронных счетных схем», профессора: Л.С. Гольдфарб, И.М. Тетельбаум и др. На кафедре «Автоматика и телемеханика» работал д.т.н. профессор Ф.Е. Темников, первым употребившим термин «Информатика» в отечественной научной литературе [3].

Разработчик одной из первых в СССР вычислительных машин академик Сергей Алексеевич Лебедев в 1951 г. работал в МЭИ на кафедре вычислительной техники. Лебедев в то время жил в Киеве, создавая первую в континентальной Европе ЭВМ МЭСМ. Каждую неделю он приезжал в МЭИ для чтения лекций по курсу "Вычислительные машины дискретного действия". Лекции были секретными и конспектировались студентами в специальных тетрадях. Затем Лебедев переехал в Москву и вскоре стал директором ИТМ и ВТ. Он пригласил в свой коллектив многих студентов МЭИ. Его дипломниками были будущие академики В.А. Мельников и В.С. Бурцев. Затем ИТМиВТ организовал базовую кафедру в Физтехе, набирая, в основном, ее выпускников. Но еще долгое время туда шли и выпускники МЭИ.

Рядом с МЭИ расположен Всесоюзный Электротехнический институт (ВЭИ), в стенах которого в 40-50 годы работали такие выдающиеся ученые, как член-корреспондент АН СССР И.С. Брук (первый директор созданного им Института управляющих машин (ИНЭУМ), еще в 1948 году вместе с Б.И. Рамеевым запатентовавший принцип работы ЭВМ), доктора наук Л.И. Гутенмахер, А.В. Нетушил и др. В начале 50-х годов в коллектив И.С. Брука были приняты на работу выпускники МЭИ Н.Я. Матюхин, М.А. Карцев, Т.М. Александриды и др.

Массовость выпуска специалистов также повлияла на «засилье МЭИ» в коллективах, создававших вычислительную технику СССР. Например, в 1951 году в МЭИ была организована первая в СССР кафедра вычислительной техники и в середине 1950-х годов только на одном курсе на факультете ЭВПФ обучались 11 групп студентов (более 300 человек). В 1958 был создан новый факультет автоматики и вычислительной техники, в ноябре этого года по постановлению правительства СССР в два раза был увеличен прием студентов по специальности «Математические и счетно-решающие приборы и устройства». Новый набор в 50 студентов был осуществлен из абитуриентов МЭИ, не прошедших по конкурсу (конкурс был около 10 человек на место) и получивших на вступительных экзаменах оценки не ниже четверок. Занятия начались 17 ноября 1958 года по специальной программе. Студенты, учившиеся на кафедре Вычислительной техники, получали повышенную стипендию. Приведенные ниже краткие сведения более подробно отмечают лишь часть достижений выпускников МЭИ в двух организациях, с которыми кафедра ВТ МЭИ интенсивно сотрудничала в 60-70 годы прошлого столетия.

Особое конструкторское бюро МЭИ (ОКБ МЭИ). В 1953 году в МЭИ для участия в работах по созданию радиотехнических систем обеспечения испытаний и функционирования ракетных систем был организован Сектор специальных работ под руководством академика В.А.Котельникова с привлечением сотрудников Радиотехнического факультета (РТФ) МЭИ. В 1958 году после перехода В.А. Котельникова в созданный им Институт радиотехники и электроники АН СССР, сектор был переименован в Особое Конструкторское Бюро (ОКБ МЭИ), директором которого был назначен А. Ф. Богомолов (Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и двух Государственных премий, кавалер четырех орденов Ленина и многих других наград, с 1984 года действительный член АН СССР). А.Ф.Богомолов окончил МЭИ в 1937 г. Во время войны служил на радиолокационных станциях зенитно-артиллерийских частей системы ПВО Ленинграда. В 1955 г. был назначен заведующим кафедрой Радиотехнических приборов МЭИ. Понимая все возрастающую роль вычислительной техники в области обработки данных, поступающих по телеметрическим каналам, Богомолов стал не только привлекать в эту область студентов и сотрудников РТФ, но и с интересом отозвался на предложение доцента кафедры ВТ МЭИ А.Г. Шигина о сотрудничестве.

С начала 60-х годов ОКБ МЭИ на долгие годы стал партнером кафедры ВТ, не только в качестве базы производственной практики студентов и места работы ее выпускников, но и как заказчик проектов в рамках хозяйственных и госбюджетных НИР, научными руководителями которых были А.Г. Шигин, Г.М. Кольнер, В.Ю.Герасимов, И.И. Ладыгин. По одному из заказов ОКБ МЭИ под руководством В.Ю. Герасимова на кафедре был разработан макет устройства сокращения избыточности информации, поступающей по телеметрическим каналам связи, и затем реализован с помощью Опытного завода МЭИ, работавшего, в основном, выполняя заказы ОКБ МЭИ. В составе этого макета был разработан макет оперативной памяти на ферритовом кубе «Куб-1», полученный из КБ Ф.Г. Староса.

Интенсивное сотрудничество кафедры ВТ и ОКБ МЭИ продолжилось после создания и запуска в эксплуатацию первой в СССР безадресной цифровой вычислительной машины Бета-65. Она была создана на полупроводниковых элементах из оборудования опытной ЭВМ СКБ 245, не пошедших в серию. Главными архитекторами Бета-65 были инженеры Г.М. Кольнер и В.Н. Фальк, а основными исполнителями – дипломники кафедры ВТ МЭИ. После успешного ввода машины в эксплуатацию и приемки Государственной комиссией (машина прослужила кафедре более 10 лет), в одной из бесед с А.Ф. Богомоловым о перспективах создания систем обработки данных, были определены основные направления разработки высокопроизводительных высоконадежных вычислительных машин, с использованием

архитектурных принципов Бета-65. ОКБ МЭИ, кроме финансирования работ, пошло на беспрецедентный шаг – приняло в свой штат сотрудников кафедры ВТ. В результате в ОКБ была создана вычислительная машина В-900 с оригинальной архитектурой, с использованием двух переключающихся стеков и средствами комплексирования многопроцессорной отказоустойчивой вычислительной системы. Для нее был создан компилятор с языка программирования АДА. Можно констатировать, что на кафедре ВТ МЭИ сложилась научная школа, которая охватывала широкий круг проблем вычислительной техники. На основе полученных результатов было защищено большое количество дипломных проектов, кандидатских диссертаций. Однако, в конце 70-х годов, в результате непродуманной кадровой политики руководства кафедры ВТ, факультета АВТ и института группа сотрудников во главе с Г.М. Кольнером перешла в ОКБ МЭИ и там успешно продолжила работы по созданию и внедрению высокопроизводительных программно-аппаратных комплексов (поводом к отказу от присуждения ученым советом факультета АВТ звания старшего научного сотрудника Г.М. Кольнеру был в той обстановке неосторожный отказ участвовать в общественной работе). Тем самым был нанесен непоправимый урон научно-практической школе кафедры ВТ МЭИ.

Московский научно-исследовательский институт приборной автоматики (МНИИПА). В 1959 году в соответствии с указаниями партии и правительства СССР о сближении высшей школы с производством, обучение студентов предусматривало вечернюю форму учебы на первом курсе с работой в дневное время. Одним из таких производств для кафедры ВТ МЭИ и был МНИИПА (тогда НИИ-5, в просторечии – «пятерка»). С этого времени наметилось тесное сближение интересов по подготовке кадров МНИИПА и МЭИ. В 1960 году директором НИИ-5 и генеральным конструктором был назначен выдающийся ученый, д.т.н., профессор А.Л. Лившиц, заместителем директора по науке и первым заместителем генерального конструктора стал д.т.н. З.М. Бененсон. В 1962–1971 гг. З.М. Бененсон – профессор АВТФ МЭИ, автор курсов лекций по теории кодирования и методам обработки радиолокационной информации. В эти годы сотрудники кафедры ВТ выполняли научно-исследовательские работы по заданию «пятерки» в закрытом режиме, вся документация шла через первый отдел. С подачи руководителей организации в НИИ-5 создается специальная учебная лаборатория по системам отображения информации для обучения студентов кафедры ВТ под ее патронажем. Руководителем ее был назначен начальник лаборатории НИИ-5 к.т.н. С.И. Кленов.

Заинтересованность в квалифицированных кадрах привела к тому, что НИИ-5 и МЭИ договорились о подготовке работников, желающих получить высшее образование по программе специальности ЭВМ на кафедре ВТ на вечернем факультете АВТ. Это в свою очередь побудило многих выпускников школ, не прошедших по конкурсу в институт, поступать на работу в НИИ-5, а затем учиться на вечернем отделении. Обучение студентов вели как преподаватели МЭИ, так и сотрудники «пятерки». В частности, курс лекций «Специализированные ЦВМ» читал начальник лаборатории МНИИПА, к.т.н. доцент С.И. Кленов. За многие годы такой подготовки было выпущено большое число специалистов высокой квалификации для НИИ-5. В настоящее время МНИИПА вошел в состав НПО «Алмаз», в котором создана базовая кафедра в составе института АВТ МЭИ. Кафедра участвует в подготовке студентов по специальности «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети», но уже такого успешного как раньше взаимодействия промышленности с ВУЗом не наблюдается.

Заключение. Одним из важных факторов успехов пионеров создания отечественной вычислительной техники была творческая атмосфера, царившая в коллективах разработчиков первых ЭВМ. Большинство работало, не считаясь со временем, творчески и с глубоким интересом. Академик С.А. Лебедев работал наряду с остальными не только над проектами ЭВМ, но и при наладке машин по ночам. Возможно, сейчас покажется странным, что ряд ведущих специалистов ИТМ и ВТ (А.А. Соколов и др.) не считал нужным тратить время на написание диссертаций. Только благодаря авторитету Института и академика С.А. Лебедева А.А.Соколову была впоследствии присуждена докторская степень без защиты диссертации. Закономерен вопрос, почему потраченные усилия во времена СССР не помогли преодолеть отставание от Запада, в первую очередь в технологии производства? Авторы не собираются конкурировать в анализе причин отставания с работами, глубоко рассматривающими эти проблемы, но часть причин может быть объяснена местничеством и разобщенностью усилий. Как у Булгакова в Собачьем сердце «разруха не в стране, а в головах». В СССР так и не было создано министерство Вычислительной техники. ЭВМ создавали постоянно конкурирующие между собой Министерство приборостроения и Министерство радиопромышленности, а основную массу электронных компонентов выпускало министерство Электронной промышленности. Естественно, основная слава доставалась производителям ЭВМ, а не тем, кто производил их компоненты. Министерство электронной промышленности стало налаживать выпуск машин у себя – микро-ЭВМ серии «Электроника» и др. и приступило к проектированию супер-ЭВМ, пригласив академика В.А. Мельникова возглавить один из своих институтов. Однако выдающемуся разработчику ЭВМ М.А. Карцеву не нашлось места в Академии наук СССР.

Можно ли представить опрокинутую в прошлое историю достижений выпускников МЭИ, как некоторый аванс на будущее развитие самого института и вычислительной техники в нашей стране? В этой части у докладчиков возникает определенный скептицизм. Конечно, многие минусы относятся к обстановке в стране и компетенции Минобразования. Что касается МЭИ, то в технологическом плане прорывы в области ВТ ожидаются в квантовой электронике и биотехнологии, а они слабо представлены в МЭИ. Техническое образование в стране в настоящее время уступает в престиже бизнес-экономическому, и это сказывается на качестве абитуриентов. В составе получающего невысокую по московским меркам заработную плату профессорско-преподавательского состава МЭИ мало молодежи и представителей промышленности, в отличие от рассмотренного выше периода, когда в МЭИ на кафедре ВТ преподавали корифеи ВТ. В 50-е годы в МЭИ учились дети министров и глав государства, а институт некоторое время возглавляла жена председателя Совета министров страны. И интересы учащихся изменились. При анализе пожеланий студентов третьего курса кафедры ВМСС 2017 г. о направлении их будущих научных исследований из 40 человек только один оказался заинтересован в изучении схемотехники ЭВМ. Большинство интересуется более востребованными у коммерческих работодателей мобильными приложениями и базами данных. Что касается развития лабораторной базы кафедры Вычислительных машин, систем и сетей (ВМСС), то ее качество во многом зависит не от базового предприятия, а от спонсоров – компаний АВИКОН и Рой Интернейшенал в лице выпускников МЭИ С.Н. Капцова и В.О. Рыбинцева, а также от компании XILINX, ведущего мирового производителя ПЛИС, помогающей кафедре по ее университетской программе.

Что же касается исторической справедливости, то можно лишь с грустью отметить практическое отсутствие упоминаний о выдающихся отечественных создателях вычислительной техники в современных учебниках. Для примера можно привести учебное пособие «Цифровая схемотехника» Е.П. Угрюмова [15] и переведенный на русский язык на деньги американской фирмой МИПС и распространяемый бесплатно через Интернет электронный вариант учебника «Цифровая схемотехника и архитектура компьютера» Дэвида М. Хэрриса и Сары Л. Хэррис [16]. В первом нет ни одного упоминания о разработчиках, внесших вклад в развитие отечественной и мировой вычислительной техники. Во втором более десятка портретов и исторических справок (упоминаются даже одна дама из США – участница разработки ныне забытого языка программирования для экономических задач КОБОЛ). Авторы не призывают к «квасному патриотизму», но при таком состоянии дел с отображением истории развития отечественной вычислительной техники, естественно видеть, что у молодежи возникает представление, о том, что вся вычислительная техника изобретена на Западе и изготавливается в Юго-Восточной Азии.

Литература

1. Дзегеленок И.И., Ладыгин И.И., Поляков А.К. Эстафета поколений в развитии уникальной школы компьютерных систем в Московском энергетическом институте. http://www.computer-museum.ru/document/sorucum2011_0.htm
2. Дзегеленок И.И. Исключительная роль МЭИ в становлении и развитии отечественной вычислительной техники (сокращенный вариант статьи) /Научно-технический журнал «Информационная математика». М.: Изд-во «АСТ– Физико-математическая литература». 2004. №1(4). С.7–20.
3. Институт Автоматики и Вычислительной техники Московского Энергетического института (технического университета) (1958-2008)./ под ред. В.П. Лунина и О. С. Колосова. М.: Издательский Дом МЭИ,2008. 256с.
4. Виртуальный компьютерный музей <http://www.computer-museum.ru>
5. Ревич Ю. Информационные технологии в СССР. Создатели советской вычислительной техники. http://bookz.ru/authors/urii-revi4/informac_919/1-informac_919.html
6. Малиновский Б.Н. История вычислительной техники в лицах. Киев: Изд-во «А.С.К.», 1995.
7. Советская вычислительная техника. История взлета и забвения. <http://24gadget.ru/1161052241-...-zabveniya.html> , <http://nnm.me/blogs/kissaveli/sovetskie-kompyutery-predannye-i-zabytye/page11/>
8. Сайт ИТМ и ВТ. <http://www.ipmce.ru/about/history/leading>
9. История отечественной электронной вычислительной техники. М.: Столичная энциклопедия, 2014,576с.
10. Отечественная электронная вычислительная техника. Биографическая энциклопедия. М.: Столичная энциклопедия, 2014, 400 с.
11. Астахова И.И. История кафедры Вычислительной техники МЭИ .
12. <http://www.computer-museum.ru/histussr/kafvtmei.htm>
13. Каган Б. М. Вклад ВНИИ Электромеханики (ВНИИЭМ) в развитие отечественной вычислительной техники . —<http://www.computer-museum.ru/histussr/vniiem.htm>
14. Рогачев Ю.В. «Жажда жизни». М.: ООО «Печать и жизнь», 2015. – 256 с.
15. Рогачев Ю.В. Вычислительная техника от М1 до М-13. М.:НИИВК,1998,102 с. Вычислительному центру РАН – 50 лет. Сборник. М.: Изд-во РАН, 2009.
16. Угрюмов Е.П.Цифровая схемотехника. СПб: БХВ-Петербург,2012. 600 с.
17. Harris D. M., Harris S. L. Digital Design and Computer Architecture © Elsevier, 2013. 660 p. <http://easyelectronics.ru/files/Book/digital-design-and-computer-architecture- russian-translation.pdf>
18. МЭИ: история, люди, годы: сборник воспоминаний. В 3-х т. / Общ. ред.
19. С. В. Серебрянников. М. : Издательский дом МЭИ, 2010 .

Подсистемы управления потоком заданий КРОС и РОС – надстройка над ОС ЕС

Забирова Лилия Мирхайдаровна

Совет ветеранов КПО ВС, г. Казань, РФ,
zaragy@mail.ru

Созданием системного программного обеспечения на Казанском заводе ЭВМ занимался созданный в 1968 году математический отдел СКБ. Руководитель СКБ – В.П. Лосев. В эти годы Казанский завод выпускал ЭВМ II-го поколения ряда М-20 (М-220, М-220М, М-222). Отдел состоял в основном из выпускников механико-математического факультета Казанского государственного университета и радиотехнического факультета Казанского авиационного института. Отбор специалистов проводился системно: в конце предпоследнего года учебы представитель отдела приходил в деканат и брал списки студентов, которых следовало пригласить на преддипломную практику. В последний год учебы будущие выпускники практически весь год находились на заводе. Сначала полгода проходили преддипломную практику, первый месяц которой был посвящен практическому обучению работе на ЭВМ, а затем программированию. Затем каждый дипломник получал конкретное задание в качестве дипломной работы. Такой подход давал выпускнику возможность определиться, подходит ему работа на заводе или нет. Если работа не по душе, после окончания учебы была возможность взять направление в другое место. Руководство отдела имело также возможность присмотреться к будущему сотруднику, и сделать соответствующее предложение.

В 1970 году дипломницей я поступила на практику в СКБ и осталась работать на заводе до его ликвидации в 90-х годах. Когда мы пришли работать на Казанский завод ЭВМ, машинный зал использовал ЭВМ своего производства. Программисты работали непосредственно за пультом, писали программы, пробивали перфокарты, отлаживали/выполняли уже отлаженные программы. Машинное время делилось между сотрудниками поминутно. Минуты могли достаться программисту в любое время суток: днем, ночью, в будни и праздники. Миф о том, что программисты любят работать ночью, происходит из тех времен. ЭВМ являлась коллективным ресурсом и у программиста на некоторое время появлялась персональная ЭВМ. Операционная система была необходима для организации совместного функционирования различных устройств и предоставления программисту необходимого набора услуг по вводу – выводу информации на бумажные и магнитные носители.

При отладке программ использовался пульт ЭВМ, который позволял делать остановки в определенных местах программы, посмотреть содержимое ячеек, изменять их, выполнять программу по шагам. Со временем появились и операторы ЭВМ, которые эксплуатировали отлаженные программы, но в каждый момент времени могла выполняться только одна программа и решаться одна задача.

Начало семидесятых годов ознаменовалось сменой поколений ЭВМ. Все заводы, в том числе и Казанский, переходили на производство ЕС ЭВМ, ЭВМ III-го поколения. Появившиеся вместе с ЕС ЭВМ операционные системы ДОС и ОС, обеспечивавшие пакетный режим работы, отстранили программиста от непосредственного общения с ЭВМ. Рядом с ЭВМ остались только операторы, у которых была одна задача – чтобы полученные от пользователей пакеты прошли через ЭВМ. К этому времени все стали называться именно так: пользователь. Теперь ЭВМ стала коллективным ресурсом в силу того, что сами ЭВМ были более мощными, а операционные системы (ДОС/ОС) предоставляли возможность одновременно выполнять до 3–15 задач. Пользователи отдавали соответствующим образом оформленные задания операторам. Многие задания были взаимосвязанными, т.е. в зависимости от результата предыдущего задания должно выполняться то или иное задание или задания должны выполняться в строго определенном порядке. Очень часто оператор самостоятельно не мог решить, как поступить дальше. Пользователи стали составлять инструкции операторам, что следует делать в том или ином случае.

Управлять потоком заданий было сложно. Управление шло через печатающую машину (консоль оператора). На печать в непрерывном режиме выводились сообщения о прохождении заданий. Когда в мультипрограммном режиме одновременно выполняется до 15 заданий оператор не успевал анализировать результат прохождения заданий. Выполнение заданий и вывод их результатов происходили отдельными неуправляемыми потоками, так что здесь требовались синхронизация и оптимизация. Специалистами СКБ Казанского завода ЭВМ была разработана подсистема ввода заданий КРОС, устранившая вышеназванные проблемы. Подсистема была надстройкой над ОС ЕС и позволяла пользователю описать необходимые действия при тех или иных ситуациях, меняя последовательность обработки данных. Подсистема значительно повышала производительность вычислительных систем и устраняла недостатки управления заданиями, свойственные операционным системам пакетной обработки. Разработка подсистемы КРОС завершилась в 1978г. Руководителями проекта были Ф.З. Рохлин, а затем Л.М. Забирова (Шаймарданова). Подсистема ввода заданий была включена в список обязательных программных средств к поставке в составе выпускаемых ЭВМ и имела большой спрос среди потребителей. Казанский завод ЭВМ в 1972-1976 г.г. выпускал ЭВМ ЕС-1030, разработки ЕрНИИММ Армянской ССР. Коллектив СКБ завода разработал более

совершенную ЭВМ ЕС-1033, которая выпускалась в 1976-1983 гг. и пользовалась повышенным спросом. На базе ЭВМ ЕС-1033 был разработан вычислительный комплекс ВК-1033. Затем появились вычислительные комплексы ВК-1045 и ВК-1046, разработки ЕрНИИММ. С одной стороны, операционные системы этих комплексов в основном поддерживали режим «горячего резервирования» и для решения общегражданских задач были не очень интересны. С другой – вычислительные центры оснащались ЭВМ разных поколений, использование которых необходимо было как-то упорядочить. Возникла идея разделения функций между ЭВМ разных поколений и разных мощностей: более мощные ЭВМ занять преимущественно вычислительными процессами, поручив управление внешними устройствами ЭВМ более низкой производительности. Связь между ЭВМ обеспечивалась через адаптеры, соединяющие каналы ввода-вывода.

Соединив через канал связи ЭВМ ЕС-1030 или ЕС-1033 с ЭВМ ЕС-1045, ЭВМ ЕС-1046 или (в любой комбинации до трех), получали многомашинный комплекс. Параллельно с подсистемой ввода заданий в СКБ разрабатывалась подсистема ввода и планирования заданий для многомашинных комплексов РОС, которая являлась надстройкой к ОС ЕС и решала задачу организации вычислительных процессов пакетной обработки. Отладку подсистемы в реальных условиях разработчики РОС проводили на 4-х машинном комплексе Института электроники и вычислительной техники Академии наук Латвийской ССР (директор академик Э.А. Якубайтис). Институт предоставил возможность проводить отладку и опытную эксплуатацию РОС, при этом неоценимую помощь оказывали руководители отделов И.Г. Илзине и С.В. Козловский. В течение полутора лет казанская группа разработки РОС постоянно работала в Риге, сменяя друг друга. Работа завершилась в 1977 г. государственными испытаниями подсистемы РОС и передачей ее в промышленную эксплуатацию. В 1978 г. совместно с заводом ЭВМ был создан 4-х машинный вычислительный комплекс ЭВМ ЕС-1033 в вычислительном центре Казанского авиационного института. На базе этого центра успешно были проведены межгосударственные испытания подсистемы РОС в рамках сотрудничества стран СЭВ.

Работоспособность подсистемы РОС подтверждена эксплуатацией в СЭВ. В 1982 г. РОС была установлена в вычислительном центре головного офиса обьездинения «Цебо», в городе Партизанск Чехословацкой Социалистической Республики. Опытную эксплуатацию и обучение специалистов осуществили Л.М. Забирова (Шаймарданова), В.Н. Марушев, Р.Г. Еналеев. С целью повышения эффективного использования мощностей в одномашинных и многомашинных вычислительных системах пакеты КРОС и РОС после сертификации были переданы головному предприятию по ЕС НИЦЭВТу для введения их в комплект поставок операционных систем.

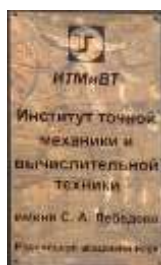
Две судьбы в истории отечественной вычислительной техники (С.А. Лебедев и И.С. Брук)

Захаров Виктор Николаевич, д.т.н.

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук
Москва, Россия
vzakharov@ipiran.ru

Ключевые слова: академик Сергей Алексеевич Лебедев, член-корреспондент Исаак Семенович Брук, вычислительная техника, ВЭИ, АН СССР, ИТМиВТ, ИНЭУМ

В Москве в районе Ленинского проспекта недалеко друг от друга расположены два научно-исследовательских института, носящих имена людей, которых с полным основанием можно назвать основоположниками вычислительной техники в СССР. Это Институт точной механики и вычислительной техники им. С.А. Лебедева и Институт электронных управляющих машин им. И.С. Брука. Линии жизни этих двух великих людей содержат удивительные параллельности, которые попытаемся показать в данной статье.



Сергей Алексеевич Лебедев



Родился **20 октября** (2 ноября по новому стилю) **1902** года в Нижнем Новгороде.

Отец – **служащий** земства, потом издатель, деятель в области педагогики.

Сестра Татьяна Маврина – всемирно известная **художница**.

В течение лета **1921 г.** завершил освоение программы средней школы и сдал экзамены экстерном.

В 1921 г. поступил в МВТУ им. Н.Э. Баумана на электротехнический факультет. Специализировался в физике высоких напряжений.

В **1928 г.** окончил **МВТУ им.**

Исаак Семенович Брук



Родился **27 октября** (9 ноября по новому стилю) **1902** года в Минске.

Отец – **служащий** табачной фабрики.

Сестра Мирра – кандидат искусствоведения.

В **1920 г.** окончил реальное училище

В 1920 г. поступил в МВТУ им. Н.Э. Баумана на электротехнический факультет.

В **1925 г.** окончил **МВТУ им.**

Н.Э. Баумана. Тема дипломной работы «Устойчивость параллельной работы электростанций». Руководитель – А.К. Круг.

1928 г. зачислен на должность младшего научного сотрудника во **Всесоюзный электротехнический институт им. В.И. Ленина (ВЭИ)**. Одновременно оставлен на кафедре МВТУ в качестве преподавателя. Читал курс «Устойчивость работы параллельных электрических станций». В 1930 г. электротехнический факультет МВТУ преобразован в Московский энергетический институт МЭИ.

1930 г. организовал лабораторию электрических сетей в **ВЭИ**.

1933 г. монография с П.С. Ждановым «Устойчивость параллельной работы электрических систем», создана теория переходных процессов в синхронных машинах – «уравнения Лебедева – Жданова».

Математическое моделирование энергосистем, выполняемое с помощью аналоговых вычислительных машин, позволило имитировать асимметричные нагрузки, создание регуляторов устойчивости. В **ВЭИ** были изготовлены и введены в эксплуатацию в тресте «Теплоэлектропроект» (Москва) и энергосистеме «Уралэнерго» (Свердловск) модели оригинальной конструкции. До появления ЭВМ модели служили основным средством анализа и оптимизации режимов работы сложных электроэнергетических систем.

23 октября 1935 г. ВАК присвоил звание профессора по кафедре «Электрические станции и сети».

1936 г. возглавил отдел автоматики **ВЭИ**. Занимались проблемой управления энергетическими системами, **созданием анализаторов для решения дифференциальных уравнений**.

1939 г. защитил докторскую диссертацию в Энергетическом институте АН СССР (**ЭНИИ**) по **теории искусственной устойчивости энергосистем (не будучи кандидатом)**. В **1941 г.** ВАК присудил ученую степень доктора технических наук.

1941–1946 гг. разработка и создание управляемых самонаводящихся торпед, системы стабилизации танкового орудия при прицеливании.

12 февраля 1945 г. избран действительным членом АН УССР. В мае **1946 г.** назначен директором Института энергетики АН УССР. С июня 1947 г. – член Президиума АН УССР. Летом 1946 г. семья переехала в Киев. С мая 1947 г. до конца 1951 г. – директор Института электротехники АН УССР. **5 лет работы на**

Н.Э. Баумана. Его диплом был посвящен новым способам регулирования асинхронных двигателей.

С 1925 - 1930 гг. работал во **Всесоюзном электротехническом институте им. В.И. Ленина (ВЭИ)**. Участвовал в создании новой серии асинхронных двигателей и решении задач параллельной работы электрогенераторов.

В 1930–1935 гг. работает на Харьковском электротехническом заводе, где под его руководством были разработаны и построены несколько электрических машин новой конструкции, в том числе взрывобезопасные асинхронные двигатели. **5 лет работы на Украине.**

1935 г. возвратился в Москву и по рекомендации академика К.И. Шенфера был направлен в Энергетический институт АН СССР (**ЭНИИ**). Организовал Лабораторию электросистем и начал исследования в области расчетов мощных энергетических систем. **Для моделирования таких систем он создал расчетный стол переменного тока – аналоговую вычислительную машину.**

Май 1936 г. присвоена ученая степень кандидата технических наук **без защиты диссертации**.

Октябрь 1936 г. защитил докторскую диссертацию на тему «Продольная компенсация линий электропередач».

28 января 1939 г. был избран **членом-корреспондентом АН СССР** по Отделению технических наук по специальности «энергетика, электротехника». 1939 г. на заседании Президиума АН СССР сделал доклад о созданном под его руководством **механическом интеграторе для решения дифференциальных уравнений до 6-го порядка**.

1941-1945 гг. **работал над системами управления зенитным огнем, изобрел синхронизатор авиационной пушки**, которая стреляла через вращающийся пропеллер. В 1947 г. избран действительным членом Академии артиллерийских наук.

В послевоенные годы под руководством И.С. Брука проводились исследования статической устойчивости энергосистем, разрабатывалась

Украине. 1950 г. – Государственная премия СССР (с Л.В. Цукерником) – за создание **электромагнитно-полупроводниковых устройств компаундирования синхронных машин.**

В конце 1947 г. создал лабораторию по спецмоделированию и вычислительной технике. К осени 1948 г. закончил разработку основных принципов построения ЭВМ. К концу 1948 г. лаборатория получила необходимое финансирование и была обеспечена необходимыми кадрами. В Феофании завершены работы по созданию МЭСМ. Помогал М.А. Лаврентьев.

В 1948 г. был создан ИТМ и ВТ, исполняющим обязанности директора был назначен академик **Н.Г. Бруевич.**

1949 г. выполнена разработка ЗУ и других основных компонентов машины, а также общая компоновка. В первой половине 1950 г. были изготовлены все блоки и началась их отладка во взаимосвязи.

6 ноября 1950 г. состоялся первый пробный пуск макета машины.

4 января 1951 г. макет машины демонстрировался приемной комиссии. Комиссия составила акт об окончании разработки, изготовления и наладки макета МЭСМ.

10-11 мая 1951 г. МЭСМ демонстрировали в Киеве правительственной комиссии и комиссии экспертов. В нее входили академики М.В. Келдыш и Н.Н. Боголюбов, а также специалисты по вычислительной технике Ю.Я. Базилевский, К.А. Семендяев, А.Н. Тихонов и др. 1 июля 1951 г. принято правительственное постановление № 2759-1321, обязывающее ввести в эксплуатацию МЭСМ в 4 квартале 1951 г. **25 декабря 1951 г. МЭСМ была принята в эксплуатацию** государственной комиссией, в которую входили академики С.Л. Соболев и М.А. Лаврентьев, профессора К.А.

аппаратура регулирования частоты и активной мощности для крупнейших электростанций страны, был создан электронный дифференциальный анализатор ЭДА, позволяющий интегрировать уравнения до 20-го порядка.

Решая задачи в области электроэнергетики с помощью аналоговой вычислительной техники, **пришел к выводу о необходимости создания электронных цифровых вычислительных машин (ЭЦВМ)** и их применения для получения необходимой точности вычислений.

В конце 40-х годов становится активным участником научного семинара, обсуждавшего вопросы автоматизации вычислений (создан при Президиуме РАН по инициативе академика-секретаря АН СССР **Н.Г. Бруевича**).

В 1948 г. совместно с Б.И. Рамсевым составил отчет о принципах действия ЭЦВМ. Первое в СССР авторское свидетельство на изобретение автоматической цифровой вычислительной машины (АЦВМ) на имя И.С. Брука и Б.И. Рамеева датировано **4 декабря 1948 г. (приоритет, выдано 16 февраля 1950 г.).**



В 1950–1951 гг. была разработана малогабаритная электронная автоматическая цифровая машина М-1 (с хранимой программой). **22 апреля 1950 г.** вышло постановление Президиума АН СССР о начале разработки М-1.

15 декабря 1951 г. научно-технический отчет «Автоматическая цифровая вычислительная машина [М-1]» был утвержден директором ЭНИН АН СССР академиком Г.М. Кржижановским.

Семендяев и А.Г. Курош. МЭСМ была одной из двух первых в стране ЭВМ.

16 марта 1950 г. возглавил лабораторию №1 в ИТМ и ВТ (по совместительству). Семья переехала в Москву осенью 1951 г. **21 апреля 1951 г.** назначена Государственная комиссия для приемки **эскизных проектов БЭСМ** (ИТМ и ВТ) под председательством М.В. Келдыша.

Апрель 1953 г. БЭСМ принята Государственной комиссией под председательством академика М.В. Келдыша. В комиссию входили академики М.А. Лаврентьев, В.А. Трапезников, С.Л. Соболев, **член-корреспондент И.С. Брук** и др.

23 октября 1953 г. избран действительным членом АН СССР по Отделению физико-математических наук по специальности «счетные устройства».

1956 г. выступление на сессии АН СССР по автоматизации с докладом об электронных вычислительных машинах.

Июнь 1953 – 1973 гг. директор ИТМ и ВТ.

С 1943 г. член ВКП(б). 1956–1960 гг. разработка и создание первой отечественной системы (при активном участии) противоракетной обороны.

1 июня 1956 г. присвоено звание Героя Социалистического Труда.

1955 г. выступление на международных конференциях в Дармштадте и Праге.

1957 г. выступление на международной конференции в Стокгольме.

1959 г. командировка в США в составе делегации ученых.

1961 г. научная командировка в Индию.

1964 г. командировка в Великобританию.

1965 г. командировка в Японию.

1968 г. командировка в Болгарию.

1970 г. командировка в Великобританию.



Начало 1952 г. М-1 запущена в опытную эксплуатацию. АЦВМ М-1 была одной из двух первых в стране ЭВМ

В 1952 г. лабораторией Брука разработана машина М-2.

В 1955–1956 гг. И.С. Брук сформулировал концепцию малых ЭВМ и их отличия от машин предельной производительности.

В 1956 году на базе лаборатории электросистем ЭНИН АН СССР для разработки электронно-вычислительной техники образована Лаборатория управляющих машин и систем (ЛУМС) АН СССР под руководством И.С. Брука.

Разработка в 1956–1957 гг. машины М-3, проведенная ЛУМС совместно с НИИЭМ (акад. А.Г. Иосифьян), была принята в 1957 году Государственной комиссией под председательством академика **Н.Г. Бруевича**, выпускалась малой серией на заводе им. С. Орджоникидзе в Минске.

1956 г. выступление на сессии АН СССР по автоматизации с докладом, в котором изложил главные направления промышленного применения вычислительных и управляющих машин. В 1957 г. поставил научную проблему «Разработка теории, принципов построения и применения специализированных вычислительных и управляющих машин».

1 октября 1958 года ЛУМС АН СССР преобразована в Институт электронных управляющих машин (**ИНЭУМ**) АН СССР, **директором** которого стал И.С. Брук.

Брук избегал работать по постановлениям правительства с привлечением других коллективов. Работы по созданию ЭВМ М-1, М-2, М-3 выполнялись как внутриакадемические, по постановлениям президиума АН СССР.

Предложения И.С. Брука по применению ЭВМ в экономике встретили резкие возражения

В 1966 г. **критически отнесся** к проекту по разработке систем «Ряд» (ЕС ЭВМ), ИТМ и ВТ отказался быть головным.

Награжден 4 орденами Ленина (1954, 1956, 1962, 1972), орденом Октябрьской революции (1971), 2 орденами Трудового Красного Знамени (1947, 1957).

Умер 3 июля 1974 г. Похоронен в Москве на Новодевичьем кладбище.

чиновников, стоявших у руководства Госпланом СССР и Госэкономсоветом СССР, в ведение которых попал ИНЭУМ в начале 60-х годов. В результате непримиримых противоречий с руководством И.С. Брук в 1964 г. был вынужден уйти с поста директора ИНЭУМ.

1971 г. **отрицательно отнесся** к докладу Межведомственной комиссии о разработке систем «Ряд» (ЕС ЭВМ).

Награжден 4 орденами Трудового Красного Знамени.

Умер 6 октября 1974 г. Похоронен в Москве на Введенском кладбище.

Литература

1. Сергей Алексеевич Лебедев. К 100-летию со дня рождения основоположника отечественной электронной вычислительной техники. Отв. ред. В.С. Бурцев. Составители: Ю.Н. Никольская, А.Н. Томилин, Ю.В. Никитин, Н.С. Лебедева. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 440 с. – ISBN 5-9221-0315-6.
2. Филинов Е.Н. Исаак Семенович Брук // Информационные технологии и вычислительные системы, Изд. УРСС, №2, 2002, с. 3-10. ISBN 5-9519-0001-8.
3. Российская академия наук. Персональный состав. Книга 2 1918-1973. Москва, «НАУКА», 1999
4. Малиновский Б.Н. История вычислительной техники в лицах. – Киев: фирма «КИТ», 1995. – С. 175-196.

50 лет НИИВК им. М.А.Карцева: открывая горизонты

Зенин Виталий Никитович
Рогачев Юрий Васильевич, к.т.н.

НИИВК им. М.А.Карцева
Москва, Россия
zenin@niivk.ru

Ключевые слова: компьютеры четырех поколений, вычислительные комплексы, Агат, спецвычислители, метро, кафедра.

3 мая 1967 года Постановлением Правительства Отдел специальных разработок ИНЭУМ, возглавляемый М.А.Карцевым, из Министерства приборостроения был переведен в Министерство радиопромышленности. К этому времени коллектив этого отдела в составе пяти научных лабораторий прошел путь разработки, производства и ввода в эксплуатацию ряда вычислительных машин первого и второго поколений.

Руководитель отдела – Михаил Александрович Карцев – главный конструктор, доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии СССР, участник Отечественной войны, кавалер орденов Ленина, Трудового Красного Знамени, Красной Звезды – стоял у истоков создания отечественной вычислительной техники. В 1950–1951 гг. в Лаборатории электросистем ЭНИН АН СССР под руководством члена-корреспондента АН СССР И.С. Брука он, будучи студентом 5-го курса МЭИ, принял участие в создании первой в стране электронной вычислительной машины АЦВМ М-1, спроектировав основной узел машины – главный программный датчик. Участием в создании первых ЭВМ в лаборатории электросистем начинали свой творческий путь и другие ветераны НИИВК.

1950 г. Лаборатория электросистем ЭНИН АН СССР. По заключению Российского национального подкомитета IEEE Computer Society компьютерная информатика в России, в СССР началась с работ в лаборатории электросистем члена-корреспондента АН СССР И.С. Брука. [1] 4 декабря 1948 г. Государственный комитет Совета Министров СССР по внедрению передовой техники в народное хозяйство зарегистрировал за номером 10475 авторское свидетельство на изобретение И.С. Бруком и Б.И. Рамеевым автоматической цифровой вычислительной машины. 4 декабря отмечается как день российской информатики.

АЦВМ М-1. По распоряжению Президиума АН СССР от 22 апреля 1950 года лаборатория И.С.Брука приступила к созданию первой в СССР автоматической цифровой вычислительной машины – АЦВМ М-1. В этой машине впервые в мировой практике логические схемы строились на полупроводниковых элементах. В декабре 1951 года АЦВМ М-1 успешно прошла испытания и была введена в постоянную эксплуатацию. Машина круглосуточно работала около 3-х лет и первые полтора года была единственной действующей ЭВМ в России.

ЭВМ М-2. В 1952 году в лаборатории И.С. Брука группой специалистов под руководством М.А. Карцева, была создана быстродействующая ЭВМ М-2, которая летом 1953 года была введена в эксплуатацию. Средняя скорость работы машины составляла 2000 оп/с., в некоторых случаях она доходила до 3000 и более оп/с. В 1956 году было разработано, изготовлено и введено в состав ЭВМ М-2 первое в Советском Союзе ферритовое запоминающее устройство матричного типа объемом 4096 двоичных 34-разрядных чисел, что значительно повысило ее технические характеристики и удобство эксплуатации. М-2 работала около 15 лет наравне с ЭВМ «Стрела» и БЭСМ.

1956 г. ЛУМС АН СССР. В 1956 году постановлением Президиума АН СССР на базе Лаборатории электросистем ЭНИН была образована самостоятельная Лаборатория управляющих машин и систем АН СССР (ЛУМС АН СССР). ЭВМ М-4. В 1957 году группа специалистов ЛУМС под руководством М.А. Карцева приступила к разработке одной из первых в стране транзисторной ЭВМ М-4. ЭВМ М-4 предназначалась для автоматического управления работой и обработки информации радиолокационных станций контроля космического пространства ЦСО-П и ЦСО-С, создаваемых в Радиотехническом институте АН СССР под руководством А.Л. Минца. Постановлением Совета Министров СССР разработка М-4 поручалась ЛУМС АН СССР, изготовление – Загорскому электромеханическому заводу. В апреле 1958 года Загорский электромеханический завод получил полный комплект конструкторской документации и приступил к изготовлению двух комплектов машин М-4. Так началось творческое сотрудничество коллектива М.А.Карцева с Загорским электромеханическим заводом. Летом 1960 года завод изготовил и поставил в РТИ устройства 2-х комплектов ЭВМ М-4.

1958 г. ИНЭУМ АН СССР. Постановлением Президиума АН СССР №413 от 27.07.1958 года Лаборатория управляющих машин и систем АН СССР была преобразована в Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ АН СССР).

1960 г. Спецлаборатория №2 ИНЭУМ АН СССР. Для комплексной стыковки первого комплекта М-4 и его ввода в совместную эксплуатацию с РЛС ЦСО-П на полигоне в районе озера Балхаш в январе 1960 года под руководством М.А.Карцева была сформирована специальная лаборатория №2. Летом 1961 года М-4 была состыкована с РЛС ЦСО-П, которая включилась в работу по контролю космического пространства, и уже 17 сентября 1961 года она впервые обнаружила и сопровождала цели. 9 июля 1962 года были успешно завершены совместные испытания РЛС ЦСО-П и ЭВМ М-4. ЭВМ М-4 представлялась для серийного изготовления.

ЭВМ М-4М. Второй комплект машины, доукомплектованный устройством первичной обработки сигналов, с обозначением М-4М в 1962 году также был направлен на полигон для совместной работы с РЛС ЦСО-С. Обе машины находились в эксплуатации на объекте до 1966 года.

ЭВМ М4-2М. Успешные результаты ввода в опытную эксплуатацию РЛС ЦСО-П утвердили ее преимущество при выборе РЛС для создания радиолокационного поля обнаружения и определения координат для системы «ИС» (системы истребления военно-опасных спутников) и системы РО (системы раннего обнаружения ракет) для СПРН. М.А.Карцев был в курсе перспективы развития сети радиолокационных станций, создаваемой А.Л. Минцем. Проектировалась глобальная территориальная система радиолокационных станций в пределах границ Советского Союза, способная вести непрерывный круглосуточный контроль космического пространства. Он четко представлял, какие требования к ЭВМ будут предъявлены при построении вычислительных комплексов для такой системы и подготовил проект технического задания на новую машину. Предлагалась архитектура единственной специальной вычислительной машины, универсальной для обработки информации на всех уровнях территориальной системы: на РЛС, на КП территориального узла группы РЛС и на командном пункте всей системы.

Это ТЗ было утверждено, и в марте 1963 года Решением ВПК вопрос был решен: выпускались три модификации ЭВМ М4-2М - 5Э71, 5Э72, 5Э73. В сентябре 1963 года на Загорский электромеханический завод была поставлена конструкторская документация и, уже через год, завод выставил все устройства машины для комплексной стыковки. В ноябре 1964 года первый комплект машины 5Э71 успешно выдержал испытания и прошел военную приемку представителей Заказчика. К концу 1964 года еще шесть комплектов машин 5Э71 первой серии были приняты Заказчиком и отгружены к местам постоянной эксплуатации.

1965 г. Отдел спецразработок ИНЭУМ. Под руководством М.А.Карцева был образован Отдел специальных разработок в составе пяти лабораторий. В 1965 году развернулся широкий фронт работ. В Москве продолжались работы по проектированию абонентских систем и спецвычислителя М4-3М для построения вычислительных комплексов на командных пунктах территориальных радиолокационных узлов и главного командного пункта СПРН. Продолжалась активная поставка машин 5Э72 на радиолокационные узлы ОС-1 в Восточной Сибири, ОС-2 в Казахстане, РО-1 на Кольском полуострове, РО-2 в Прибалтике, РО-3 в Крыму. В апреле 1967 года первая РЛС «Днестр» была принята на вооружение Советской армией. Группе ее создателей была присуждена Государственная премия СССР. Лауреатом этой премии стал и главный конструктор создания ЭВМ М4-2М М.А. Карцев.

К 1969 году работы по вводу в эксплуатацию вычислительных машин на объектах в Казахстане, в Сибири, в Заполярье, в Прибалтике и в Крыму были завершены. На пяти радиолокационных узлах и командном пункте системы с 1965 по 1969 год было введено в эксплуатацию свыше 50 ЭВМ М4-2М и М4-3М, соединенных каналами передачи данных, длиной в десятки тысяч километров в единую вычислительную сеть. Вычислительные машины М4-2М надежно выполняли обработку радиолокационной информации на всех уровнях Системы предупреждения о ракетном нападении, обеспечившую военное-политическое руководство страны достоверной информацией об обстановке в космосе. В 1971 году Система предупреждения ракетного нападения в составе первого этапа была поставлены на боевое дежурство.

1967 г. Филиал №1 ОКБ «Вымпел» МРП. Эскизный проект ВК М-9. С 1965 года одновременно с конструкторскими исследованиями вопросов построения вычислительных комплексов СПРН М.А.Карцев проводил теоретические исследования, целью которых были поиски возможностей повышения производительности вычислительных средств. Он понимал, что дальнейшее значительное повышение производительности даже при увеличении быстродействия элементов на ЭВМ со структурой, ставшей к этому времени традиционной, будет проблематичным из-за ограниченной скорости распространения электрических сигналов. Многопроцессорная структура вычислительной системы, которая может обеспечить одновременное (параллельное) решение отдельных частей задачи – вот реальная возможность получить более высокую производительность, чем может обеспечить обычная вычислительная машина при одинаковом уровне элементной базы.

Завершающим этапом работы М.А. Карцева по исследованиям вопросов построения многопроцессорных вычислительных систем была функциональная проработка структуры многомашинного вычислительного комплекса М-9, способного обеспечить производительность в 1 миллиард операций в секунду и представляющего собой именно многопроцессорную комбинированную вычислительную систему.

В апреле 1967 года вопрос о разработке вычислительного комплекса М-9 рассматривался на совещании у заместителя председателя ВПК Л.И. Горшкова. По результатам этого Совещания Постановлением Совета Министров СССР от 3 мая 1967 года Отдел специальных разработок ИНЭУМ

переводился из Министерства приборостроения в Министерство радиопромышленности, и ему поручалась разработка эскизного проекта ВК М-9 для включения его в состав комплексного эскизного проекта системы ПРО «Аврора» Генерального конструктора Г.В. Кисунько. В августе 1967 года приказом Министра радиопромышленности СССР на базе Отдела спецразработок ИНЭУМ был образован Филиал №1 ОКБ «Вымпел». Так началась самостоятельная деятельность коллектива М.А. Карцева в Министерстве радиопромышленности. В конце августа 1967 года эскизный проект ВК М-9 был передан Заказчику. Работы по реализации проекта ВК М-9 были учтены при реализации проекта М-10.

1970 год. Филиал Радиотехнического института (Филиал РТИ). 29 сентября 1969 года вышло постановление Правительства о разработке новых вычислительных средств для КП СПРН – ЭВМ М-10 и вычислительного комплекса 5К31. Главным конструктором назначался М.А. Карцев, заместителями главного конструктора – Ю.В. Рогачев, Л.В. Иванов, А.А. Крупский, Л.Я. Миллер, Р.П. Шидловский. Приказом Министра радиопромышленности от 4 февраля 1970 года Филиал №1 ОКБ "Вымпел" был переименован в Филиал РТИ.

ЭВМ М-10 – синхронная векторно-параллельная многопроцессорная машина, способная обеспечить производительность более 5 млн. операций в секунду, объем внутренней памяти более 5 Мбайт и целый ряд других возможностей, обеспечивающих построение вычислительных комплексов, способных обеспечить непрерывную и безотказную работу в реальном времени в режиме круглосуточного дежурства. Разработана схема, позволяющая объединять до семи машин М-10 в единый синхронный вычислительный комплекс, работающий от общего тактового генератора.

Освоенная серийным производством в 1973 году ЭВМ М-10 до 1984 года (до ввода в эксплуатацию МВК «Эльбрус»), являлась самой мощной отечественной ЭВМ. Она составила основу построения вычислительных комплексов основных проектов создания второго этапа СПРН. Были созданы вычислительные комплексы:

- ВК 5К31 – вычислительный комплекс командного пункта СПРН
- ВК 5Э52 – вычислительный комплекс для обработки информации на КП космической системы обнаружения стартов межконтинентальных баллистических ракет и космических аппаратов по факелам в момент их запуска.
- ВК 63И6 – вычислительный комплекс для РЛС «Дарьял» в Печере,
- ВК 68И6* – вычислительный комплекс для у РЛС «Дарьял» в Габале.
- ВК 17Л6* – 5-ти машинные вычислительные комплексы для командных пунктов (КП и ЗКП) при обработке информации, поступающей от абонентов СПРН и СККП.
- ВК 65И6* – 2-х машинный спецвычислитель полигонной РЛС Дон 2-НП.
- ВК 70И6 и ВК 76И6* для Научного испытательного центра (НИЦ) Министерства обороны.

(Примечание: звездочкой показаны вычислительные комплексы с ЭВМ М-10М)

1975 год. НИИ вычислительных комплексов (НИИВК). Успехи ввода в эксплуатацию ЭВМ М-10 и построения вычислительного комплекса 5К31 явились основанием Решения Комиссии по ВПК при СМ СССР от 19.06.1975 года о преобразовании Филиала РТИ в НИИВК. Самоотверженная работа коллектива на объекте позволила к концу 1975 года подойти к завершающему этапу: в 1976 году в составе объекта ЭВМ М-10 и ВК 5К31 успешно выдержали Государственные испытания. Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР группе участников создания М-10 была присуждена Государственная премия СССР.

Строительство лабораторного корпуса НИИВК на улице Волгина. Работы по созданию ЭВМ М-10 способствовали успешному развитию материально-технической базы коллектива М.А. Карцева. До начала этих работ коллектив не имел собственных производственных площадей и размещался в нескольких арендованных нежилых помещениях, разбросанных по городу. Во второй половине 1973 года началось строительство лабораторного корпуса на улице Волгина. В начале 1975 года все подразделения и службы разместились в собственном здании.

ЭВМ М-10М. Моделирующий стенд НИИВК. Реализация заданных в М-10 объемов внутренней памяти в 5 Мбайт обеспечивалась значительным увеличением размеров машины: электроника запоминающих устройств занимала 21 типовой шкаф. В 1974 году были проведены исследования по созданию запоминающих устройств на новой элементной базе. Новые элементы, обеспечивающие такие же объемы памяти, разместились в 4-х типовых шкафах. По решению ВПК от 4.09.1974 г. в серийное производство запускалась машина с новой комплектацией – ЭВМ М-10М. Первый комплект этой машины поступил в НИИВК для построения моделирующего стенда. На нем отрабатывались любые вопросы по вычислительным комплексам и программному обеспечению, возникающие на объектах. Дополнительно на стенде была разработана и введена в эксплуатацию система САПР, которая обеспечивала автоматическую трассировку слоев многослойных печатных плат и выпуск конструкторской документации новых разработок института.

К работам на моделирующем стенде НИИВК допускались ученые ряда академических институтов для решения своих задач, которые не удавалось решить на других отечественных машинах. По оценкам Института математики АН СССР быстродействие ЭВМ М-10 на 64-разрядном формате превосходит БЭСМ-6 (48 разрядов) в 3,6 – 4,6 раза, ЭВМ ЕС-1060 в 3,5 раза, Эльбрус 1-1 (48 разрядов) в 2,4 раза. За создание ЭВМ М-10 и М-10М Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 3-го ноября 1977 года

присуждена Государственная премия 8 разработчикам института. 118 специалистов НИИВК получили правительственные награды.

ЭВМ М-13. В 1979 году приказом Министра радиопромышленности было поручено разработать ЭВМ М-13. Эта машина является первой отечественной векторно-конвейерной ЭВМ [2]. В М-13 была введена конвейеризация на уровне данных. В ней имеется одно векторное арифметическое устройство с параллельными перестраиваемыми конвейерными устройствами обработки, каждое из которых выполняет в данный момент в режиме конвейера одну и ту же операцию, но над различными операндами. На основе предложенной концепции и архитектуры параллельной и конвейерной обработки М.А. Карцев и его сотрудники по НИИВК изобрели и реализовали в созданных ЭВМ и вычислительных комплексах множество различных технических решений, использованных в архитектуре вычислительных систем. В 1980 году Постановлением Правительства на базе ЭВМ М-13 поручалось создание вычислительного комплекса 4МПО из шести машин, предназначенного для управления и обработки информации радиолокационной станции «Дарьял-У». Изготовление экспериментального образца М-13 возлагалось на Опытный завод НИИДАР (Москва), серийных образцов на заводы ДМЗ и ЮРЗ (Украина). Разработка конструкторской документации выполнялась с использованием САПР на моделирующем стенде НИИВК. Все заводы в 1981 году получили полный комплект документации на устройства машины. Опытный завод НИИДАР изготовил к концу 1982 года все типы устройств машины. ДМЗ и ЮРЗ не приступили к изготовлению М-13 ни в 1982, ни в 1983 годах. 23 апреля 1983 года ушел из жизни основатель НИИВК, главный конструктор ЭВМ М-13 М.А. Карцев.

В январе 1984 года решением коллегии МРП производство М-13 передавалось на Загорский электромеханический завод. И уже в сентябре 1985 года в институт начали поступать устройства головного образца. Выпуск серийных устройств начался в 1986 году. В течение 1986-1988 годов завод изготовил и поставил в район озера Балхаш все устройства на шесть комплектов ЭВМ М-13 для вычислительного комплекса 4МПО головного образца радиолокационной станции "Дарьял-У". В 1991 году ЭВМ М-13 в составе объекта успешно выдержала Государственные испытания. Серийное производство ЭВМ М-13 продолжалось до 1992 года. Было изготовлено около 20 комплектов этих машин. Президиум Верховного Совета СССР Указом от 25 августа 1986 года за успехи создания новой специальной техники наградил НИИ вычислительных комплексов орденом Трудового Красного Знамени.

Персональная ЭВМ «АГАТ». С целью реализации государственной программы компьютеризации школьного образования разработана и запущена в серийное производство персональная ЭВМ «Агат». В течение трех лет ПЭВМ «Агат» являлась практически единственной персональной ЭВМ, выпускаемой серийно в нашей стране и поступившей в свободную продажу. За это время коллектив специалистов по персональным вычислительным машинам – инженеров и программистов значительно вырос. В НИИВК был создан специальный отдел персональных ЭВМ. С целью привлечения к использованию персональных ЭВМ в повседневной деятельности НИИВК направлял комплекты ПЭВМ "Агат" многим научным, медицинским, учебным, хозяйственным и другим организациям для применения их в решении конкретных задач этих организаций. При необходимости направлялись и специалисты – разработчики ПЭВМ или программисты. Создание ПЭВМ "Агат" и активная пропаганда на начальном этапе ее использования в различных организациях стали в нашей стране первым шагом на пути массового применения персональных ЭВМ во многих сферах повседневной жизни и деятельности всех слоев общества, первым шагом на пути всеобщей компьютеризации.

ОАО «НИИВК им. М.А.Карцева». Преодолев рубеж кризисных девяностых и двухтысячных, НИИВК им. М.А. Карцева смог осуществить реформирование системы управления научными исследованиями и разработками в области вычислительной техники и информационных технологий. Институт приступил к созданию востребованных оборонной и гражданской промышленностью модульных вычислителей на основе интегральных микросхем различных архитектур, позволяющих обеспечивать с высокой производительностью параллельные вычисления, цифровую обработку сигналов, в частности, для систем гидроакустики и радиолокации.

С постепенным выходом из кризиса, развитием транспорта, энергетики и ряда отраслей промышленности Российской Федерации в институте нарастал объем разработок по автоматизации технологических процессов АСУ ТП. Осваивались современные архитектуры микроконтроллеров, центральных и графических процессоров, внедрялись системы автоматизированного проектирования, суперкомпьютерные технологии, робототехника. Проводились широкомасштабные исследования в области электромагнитной совместимости, создания технологических и аварийных регистраторов данных для транспорта и промышленности. Создавались новые поколения высокопроизводительных вычислителей, решавшие n-мерные системы нелинейных дифференциальных уравнений за единицы-десятки микросекунд. Подобные решения применялись, например, для задач адаптивной пространственной фильтрации, актуальных в системах ПРО и ПВО. Разрабатывались системы реального масштаба времени для передачи, обработки и хранения больших объемов информации (облачные технологии). Велись исследования в области структурной устойчивости средств электропитания, повышения показателей безотказности систем преобразования электрической энергии, электромагнитной совместимости, электроники для альтернативной энергетики. Изучались новые принципы передачи информации, а также защиты вычислительной техники и

автоматических систем управления от воздействия факторов деструктивного воздействия, в том числе и преднамеренных. Организован центр информационной безопасности по комплексной защите объектов информатизации. Разработана и внедрена в эксплуатацию АСУ службы «электроснабжение» для линий московского метрополитена. Изготовлено и находится в эксплуатации более 700 регистраторов параметров движения для вагонов нового поколения московского метрополитена. Серийная поставка аварийных регистраторов БАРС-2М для самолетов легкомоторной авиации. Работает лицензированный учебный центр, функционирует кафедра университета МТУ.

Литература

Головкин Б.А. Эволюция параллельных архитектур в машинах серии М // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. 1993. Вып 2. С. 14–18.

История Международного института кибернетики и артоники

Игнатъев Михаил Борисович

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
ignatmb@mail.ru

Аннотация В докладе рассматривается история создания Международного института кибернетики и артоники, которая началась с создания секции кибернетики в Доме ученых им. Горького РАН и формирования междисциплинарной научной школы по кибернетике как метанауки, а в качестве примеров рассматриваются модели организма человека для уменьшения врачебных ошибок, модели города для поддержки управленческих решений, модели движения литосферных плит для прогнозирования литосферной погоды, киберфизические системы и гипотетическая модель мирового суперкомпьютера.

Введение.

В ноябре 1956 года была организована Секция кибернетики в Доме ученых им. Горького АН СССР в Ленинграде, это была первая кибернетическая организация в СССР, Научный совет по проблеме кибернетики при Президиуме АН СССР был создан только в 1959 году под руководством адмирала и академика А.И. Берга, но ему так и не удалось создать в Москве и еще где-либо в РСФСР полноценный институт кибернетики, такие институты были созданы почти во всех союзных республиках – в Киеве, в Тбилиси, в Ташкенте, в Таллине и др., и после смерти А.И. Берга он был закрыт, а секция кибернетики в Ленинграде непрерывно существовала и существует и развивается как центр междисциплинарных исследований по кибернетике как метанауки. Первым председателем Секции кибернетики был профессор Л.В. Канторович, впоследствии академик АН СССР и лауреат Нобелевской премии по экономике, и это не было случайностью – именно лауреаты Нобелевской премии по экономике внесли большой вклад в развитие кибернетики.

Кибернетика прошла долгий путь развития от средневековых автоматов и регулятора Уатта для паровой машины до всемирной информационно-вычислительной сети, всемирной паутины, на основе которой сейчас совершается самоорганизация социума. Но кибернетика, информатика и вычислительная техника возникли не на пустом месте, они возникли на мощном фундаменте человеческой культуры, науки и техники. Появились новые понятия – киберпространство, кибератака, кибервело и др., кибернетика стала метанаукой. Для того, чтобы понять феномен возникновения и развития кибернетики, вычислительной техники и информатики и определить их перспективы развития необходимо разобраться в том, что такое сложные системы и как они развиваются во времени и пространстве, что такое параллельные миры. Ключевыми понятиями теории и практики сложных систем являются самоорганизация, хаос и неопределенность. На основе компьютерных сетей осуществляется новый этап самоорганизации человеческого общества

Мы живем в быстроизменяющемся мире, растет число достижений человеческой цивилизации, но растет и количество и качество опасностей. Самое большое достижение человечества – это естественный язык, с помощью которого мы общаемся, накапливаем и анализируем информацию. Как показал Клод Шеннон, естественный язык имеет пятикратную избыточность для того, чтобы устойчиво функционировать в нашем мире, то есть наш мир на 80% враждебен человеку. Итальянский экономист и социолог Вильфред Парето сформулировал закон, из которого следует, что 20% усилий дают 80% результата, а остальные 80% усилий дают лишь 20% результата, только надо правильно выбрать направление этих усилий. Он же выявил структуру распределения доходов среди итальянских домохозяйств – 80% дохода сосредоточено у 20% домохозяйств, то есть владельцы этих 20% домохозяйств более или менее правильно выбирают направление своих усилий в современном мире, то есть человеческое общество неоднородно и все время порождает неравенство, что является еще одной опасностью.

Люди издревле пытались понять, как устроен мир. С этой целью и был введен термин «кибернетика» французским ученым Андре Мари Ампером (1775–1836 г) в его книге «Опыт философских наук или аналитическое изложение естественной классификации всех человеческих знаний» (1834 г), которая сформировалась под воздействием идей великой французской революции. В этой книге он высказал предположение, что со временем возникнет особая наука «кибернетика» об общих закономерностях процессов управления и связи в организованных системах. Он отнес ее к группе политических наук, куда

входили физико-социальные науки (социальная экономика и наука об общественном благополучии), военные науки (гоплетика – наука о вооружениях и собственно военное дело), этногенетические науки (номология – правоведение, учение о праве, законодательство, политика – права народов и собственно политика). С тех пор кибернетика сформировалась как метанаука, которая включает в себя и теорию автоматического управления, и информатику, и системный анализ, и синергетику и многие другие направления. Следует отметить, что в 1830 г Ампер был избран в число иностранных членов Императорской Академии Наук в Санкт-Петербурге. Уже в наши дни было введено понятие о киберфизических системах, круг замкнулся – ведь Андре Мари Ампер был прежде всего физиком, ведь именно он сформулировал электродинамическую теорию в сочинении «Теория электродинамических явлений, выведенная исключительно из опыта», 1826 г., его именем названа единица силы тока. Объединение физики и кибернетики знаменует новый этап развития науки.

В 1948 г вышла книга Норберта Винера «Управление и связь в животном и машине», а в 1950 г его же книга «Кибернетика и общество», что знаменовало новый этап развития наук об управлении. Во время Второй мировой войны Н. Винер участвовал в решении проблем управления артиллерийским зенитным огнем. Автор этих строк мальчишкой работал в августе–октябре 1941 года в Ленинграде на зенитной батарее, оборонявшей завод «Светлана». Звучала команда: Беглый заградительной огонь, сообщались координаты угла возвышения, азимута и трубки и начиналась изматывающая работа, немецкие самолеты натывались на стену зенитного огня, совершали противозенитный маневр, куда попало сбрасывая бомбы. Так мы отстояли завод «Светлана», который работал без выходных днем и ночью, снабжая нашу армию электронными лампами для радиосвязи.

В различных странах в зависимости от идеологии и социально-экономического развития отношение к кибернетике было различным. На первых порах отношение к кибернетике в СССР было отрицательным, в философском словаре она была названа «лженаукой». Я закончил Ленинградский политехнический институт в феврале 1955 года по специальности «Автоматика и телемеханика» по кафедре Б.И. Доманского. В процессе обучения ни о какой кибернетике мы не слышали, но когда в конце 1955 года появилась в журнале «Вопросы философии» статья Э.Кольмана «Что такое кибернетика», она попала на хорошо подготовленную почву. Уже в ноябре 1956 года была создана Секция кибернетики в Ленинградском Доме ученых АН СССР

Конечно, проблемы управления волновали многих и до Ампера, логистика сложилась еще в Древней Греции и Древнем Риме, и поэтому логично говорить о до-амперовском периоде развития наук об управлении и связи. В этот период необходимо отметить работы Раймонда Луллия по структурному анализу общества и первой логической машине и Готфрида Лейбница по монадологии, которые во многом предвосхитили работы по многоагентным системам.

Второй период развития кибернетики – от Ампера до Винера, когда Д.И. Менделеев осуществил прорыв в системном анализе, построив периодическую систему элементов, когда А.С. Поповым было изобретено радио, когда были реально созданы сложные системы автоматического регулирования и т.д.

В 1833г. профессор Кембриджского университета Ч.Баббидж (1791–1871) разработал проект «аналитической машины» – гигантского арифмометра с программным управлением, арифметическими и запоминающими устройствами. В качестве первого программиста этой машины выступила леди Лавлейс, дочь поэта Байрона. Однако тогда полностью этот проект осуществить не удалось из-за недостаточного развития техники. В 1832 г Ч.Баббидж был избран иностранным членом Императорской Академии наук в Санкт-Петербурге.

Здесь необходимо отметить нашего соотечественника И.А. Вышнеградского, который разработал теорию регуляторов прямого действия и сформулировал условие устойчивости системы регулирования. И.А. Вышнеградский, будучи министром финансов России в 1887–1892 годах, добился балансировки бюджета и укрепления курса рубля. Также необходимо отметить работы А. Пуанкаре по качественной теории дифференциальных уравнений. В биологии благодаря работам И.М. Сеченова и И.П. Павлова возникло четкое представление об организме как саморегулирующейся системе. Окончание второго периода развития кибернетики ознаменовано началом атомной и космической эры.

Третий период – от Винера, когда именно в конце сороковых – в начале пятидесятых годов XX века появились электронные вычислительные машины и четко обозначились поколения ЭВМ, появились реально действующие роботы, была определена структура гена и введено понятие мема. За последние 50 лет параметры вычислительных машин улучшились в миллионы раз, выросло быстродействие и объемы памяти, появились новое программное обеспечение, уменьшились габариты, энергопотребление и стоимость компьютеров. Компьютер стал самой распространенной машиной, возникли мощные вычислительные сети, которые интегрируют все остальные средства коммуникации. Компьютерная инфраструктура продолжает развиваться. Практика создания и применения компьютеров значительно опережает теорию. В этих условиях говорить о теоретических основах кибернетики сложно, но с другой стороны имеется много примеров неэффективного применения компьютеров и необходимость выработки теоретических основ становится все острее.

Четвертый период начался в 2000 году, когда стало ясно, что существующие модели в различных отраслях науки и техники недостаточно отражают информационно-управляющие свойства структур. По

сути люди пользуются моделями 19 века. Этот период характеризуется провозглашением новой стратегической компьютерной инициативы США в 21 веке, в которой предлагается новая трактовка структуры предметной области, Computational Science, которая должна объединить Algorithms, Modeling & Simulation, Computer Science & Information Science и Computing Infrastructure, а главной задачей провозглашается проведение научных исследований в широком диапазоне – от биофизических процессов до исследования фундаментальных физических основ формирования Вселенной.

Международный институт кибернетики и артоники в Санкт-Петербурге окончательно сформировался в 2002 году и был нацелен на решение междисциплинарных проблем, которые рассматриваются ниже. В настоящее время в связи с построением информационного общества возникают совершенно новые фундаментальные проблемы по исследованию мироздания. Все большую роль начинают играть работы наших ученых – В.И. Вернадского, К.Э. Циолковского, А.Л. Чижевского и др. Родилось представление о том, что Вселенная – это модель внутри мирового суперкомпьютера, что позволяет использовать структурные достижения компьютерной техники для объяснения сложных космических проблем.

Кибернетику, вычислительную технику, информатику, синергетику и системный анализ изучают в одной связке, они возникли на стыке различных наук, основой их развития являются междисциплинарные исследования, именно широкой междисциплинарностью отмечена работа Секции кибернетики Дома ученых им.М. Горького РАН с момента ее возникновения [1 – 7].

В настоящее время сложилось представление о киберфизических системах, которое базируется на лингво-комбинаторном моделировании сложных систем, феномене адаптационного максимума, различных способах защиты информации и границах, которые разделяют различные миры – и виртуальные и реальные.

Как только в конце 40-ых годов прошлого века появилась электронная вычислительная машина, компьютер, так сразу же родилась аналогия между окружающим нас миром и компьютером, и эта аналогия продолжает развиваться и привлекаться для объяснения мироустройства (работы К. Цузе, Э. Фредкина, С. Ллойда и др.). Появление интернета вещей активизировало эти работы. Интернет вещей предполагает наличие связи с различными предметами, вещами, объектами. Следует заметить что и до этого связь с различными объектами поддерживалась людьми с помощью зрения, слуха и механического взаимодействия, но интернет вещей предполагает установление новой дополнительной связи с помощью различных технических средств, что позволит вещам взаимодействовать на новом уровне не только с людьми, но и вещам между собой. Далее, каждый из объектов описывается с помощью лингвистических, математических и компьютерных моделей. Например, солнечная система является специализированным вычислительным устройством для решения задачи многих тел. В итоге вкладывается следующая картина.

Во-первых, компьютеры – системы со структурированной неопределенностью, у них имеется память, которая может быть пустой или заполненной различными данными и программами. Доказано, что универсальные цифровые вычислительные машины могут решать самые разные задачи.

Во-вторых, описание мироустройства на естественном языке, который является универсальной знаковой системой, с помощью лингво-комбинаторного моделирования, превращается в систему уравнений с произвольными коэффициентами, которые и есть структурированная неопределенность. На использовании естественного языка основан и краудсорсинг – выявление мнений умной толпы.

В-третьих, архитектура компьютеров непрерывно развивается – эволюционируют элементная база, уровень знаний компьютера, развиваются операционная среда и интерфейсы общения, системы ввода-вывода информации, системы контроля, диагностики и коррекции, системы передачи информации и энергии. Мир заполнен осцилляторами различных типов – это и атомы и молекулы, это и солнечная система и галактики, и все эти осцилляторы включены в общую моделирующую вычислительную систему.

В-четвертых, компьютеры являются вместилищем различных виртуальных миров, которые отделены друг от друга системами защиты информации. Наш мир – это виртуальная ячейка в мировом суперкомпьютере, который является неоднородной распределенной структурой, везде проникающей, а гигантский аналог 3D принтера может печатать астероиды, планеты и звезды.

В-пятых, компьютеры и сети являются основой самоорганизации социума.

Складывается сетевой гибридный интеллект на фоне развития интернета вещей на основе первобытного мышления. Наш современный опыт в своей совокупности составляется из относительно небольшого числа данных и бесконечного числа индукций. Опыт первобытного мышления, напротив, содержит индукции лишь в очень малой пропорции, но зато включает в себя много непосредственных данных, которым мы отказываем в объективной ценности, хотя они, на взгляд первобытного человека, тоже реальны и даже более реальны, чем данные внешних чувств.

Все это позволяет выдвинуть гипотезу о том, что компьютер можно рассматривать как базовую модель самоорганизации Вселенной.

При таком подходе становится понятным, почему нам до сих пор не удалось установить связь с инопланетянами. Ведь если наш мир не более чем модель внутри мирового суперкомпьютера, то для того, чтобы установить такую связь необходимо изучить структуру мирового суперкомпьютера, его аппаратного и программного обеспечения, изучить систему защиты между мирами, и вот тогда, может быть, удастся установить связь с обитателями других миров. Это колоссальная фундаментальная задача для современной науки (Kardashev N.S. “Transmission of Information by Extraterrestrial Civilization”\ Soviet Astronomy, vol.8,

Заключение.

Хотелось бы заметить, что 300 лет тому назад сложился механицизм – система взглядов, когда механика была единственной развитой наукой, получившей применение в производстве, ее символом были механические часы (Г. Галилей, И. Ньютон, П.С. Лаплас и др.). В наше время складывается компьютеризм – система взглядов, когда самой распространенной машиной стал компьютер как система со структурированной неопределенностью и вмещающая в себя множество различных виртуальных миров, которая породила множество моделей, аналогий и метафор. Кибернетика как метанаука продолжает развиваться, порождая все новые и новые направления, а вычислительные сети стали основой самоорганизации социума, который защищает человека.

В настоящее время мир живет в поиске новой нормальности, в преддверии кризисов, но кризисы являются имманентным свойством сложных систем[6,7], можно лишь уменьшить глубину кризисов, если тщательно измерять показатели функционирования сложных систем и своевременно принимать меры.

Литература

1. Игнатьев М.Б. Голономные автоматические системы. Изд. АН СССР. 1963. 204 с.
2. Фрадков А.Л. «Кибернетическая физика». СПб: Наука, 2003. 208 с.
3. Игнатьев М.Б. Десять лет Международному институту кибернетики и артоники /Наука и техника: вопросы истории и теории. Материалы XXXIII международной годичной конференции Санкт-Петербургского отделения Российского национального комитета по истории и философии науки и техники РАН, вып. XXIX/ С-Петербург, 2012. С. 312–314.
4. История информатики и кибернетики в Санкт-Петербурге (Ленинграде)/ Под редакцией Р.М. Юсупова. СПб.: Наука. Вып.1. 2008. 170 с. Вып. 2. 2010. 152 с. Вып. 3. 2012. 216 с. Вып. 4. 2014. 180 с.
5. Игнатьев М.Б. Кибернетическая картина мира. Сложные киберфизические системы/ Предисл. акад. С.В.Емельянова. СПб.: ГУАП. 3-е изд. 2014. 472 с.
6. Игнатьев М.Б., Катермина Т.С. Системный анализ проблемы управления хаосом/ Сб. научных трудов XX международной конференции «Системный анализ в проектировании и управлении». СПб. 2016. Ч.1. С.129–136.
7. Игнатьев М.Б. Просто кибернетика. СПб.: Страта. 2016. 248 с.

1956 – Секция кибернетики в Доме ученых им. Горького
1959 – Совет по проблеме «Кибернетика» при Президиуме АН СССР
1960 – создание кафедры технической кибернетики в ЛИАП. Железнов
1972 – создание кафедры выч. машин в ЛИАП
1976 – создание СПИИРАН

Модулярные процессоры – оценки, история борьбы и победы над бивалентным дефектом

Инютин Сергей Арнольдович, д.т.н., профессор

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)
Москва, Россия
Inyutin_sa@mail.ru

Ключевые слова: модулярные коды, вычеты по модулю, двоичное числовое представление, бивалентный дефект, информационная избыточность, бинарный регистр

Известен способ представления числовых величин в векторной форме с независимыми компонентами – наименьшими неотрицательными вычетами по модулям из множества взаимно-простых чисел, называемых основаниями модулярной арифметики.

Модулярная арифметика имеет несомненные достоинства: независимость выполнения аддитивных и мультипликативных операций по всем компонентам векторных представлений, а также уникальную возможность построения арифметических помехозащитных кодов, позволяющих контролировать выполнение операций обработки данных в таких компьютерных форматах, называемых модулярными. Однако, имеется недостаток – естественная избыточность представления компонент модулярных форматов данных в двоичных цифровых регистрах. Проанализируем возникающие при этом проблемы.

При создании технических устройств: специализированных процессоров, контролеров, цифровых фильтров, работающих на основе модулярной арифметики (отечественное название – система остаточных классов), первым и важнейшим этапом является выбор модулей – простых (взаимно-простых) чисел. Эти числа называются основаниями модулярной арифметики. Результаты большинства операции в этой арифметике являются наименьшими неотрицательными вычетами по модулю, а обрабатываемые числовые данные в модулярных форматах данных являются векторами с компонентами – вычетами по модулю. Учитывая, что проектирование большинства современных устройств ориентировано на двоичную элементную базу, компоненты модулярных векторов отображаются в двоичных регистрах. Причем не все возможные двоичные комбинации регистра используются для представления вычетов по простым модулям, следовательно, возникает избыточность двоичного регистрового представления, получившая название бивалентного дефекта.

Числовая величина A в модулярном формате данных представлена вектором:

$$A(\text{mod } P) \leftrightarrow (\alpha_1 \text{ mod } p_1, \dots, \alpha_n \text{ mod } p_n),$$

где α_i – наименьший неотрицательный вычет по модулю $\text{mod } p_i$,

$$P = \prod_{i=1}^n P_i \text{ – вычислительный диапазон модулярной арифметики.}$$

Введем понятие бивалентного дефекта для одиночного основания δ_i и полного вычислительного диапазона Δ_n для n -регистровой бинарной разрядной сетки модулярного процессора:

$$\delta_i = \lceil \log_2 p_i \rceil - \log_2 p_i = n_i - \log_2 p_i \geq 0,$$

$$\Delta_n = \sum_{i=1}^n \delta_i,$$

где квадратными скобками $n_i = \lceil \log_2 p_i \rceil$ обозначена целая не меньшая часть, равная бинарной разрядности регистра для отображения одного вычета по соответствующему модулю. Аналогично определяется тривалентный дефект для троичной элементной базы модулярного процессора.

Бивалентный дефект дает основу для расчета информационной избыточности (информационного дефекта) регистра $2^{n_i} - p_i$, а также относительного информационного дефекта $\frac{2^{n_i} - p_i}{2^{n_i}}$.

Представление числовой величины в модулярном формате данных можно рассматривать в качестве кодового n -компонентного вектора, компоненты которого отображены в n -бинарных регистрах длиной

$n_i = \lceil \log_2 p_i \rceil$. При этом суммарная длина разрядной сетки модулярного процессора равна $k = \sum_{i=1}^n n_i = \sum_{i=1}^n \lceil \log_2 p_i \rceil$.

Определим информационную избыточность разрядной сетки модулярного процессора $2^k - P$ и относительную информационную избыточность разрядной сетки $\frac{2^k - P}{2^k} = 1 - \frac{P}{2^k}$. Отметим, что нулевой бивалентный дефект даёт нулевую информационную избыточность разрядной сетки процессора.

Определим приведенную информационную избыточность разрядной сетки модулярного процессора $2^k - 2^{\lceil \log_2 P \rceil}$ и относительную приведенную информационную избыточность разрядной сетки $\frac{2^k - 2^{\lceil \log_2 P \rceil}}{2^k} = 1 - 2^{\lceil \log_2 P \rceil - k}$.

Известными и применяемыми до настоящего времени методами уменьшения избыточности от бивалентного дефекта являются:

- выбор простых оснований модулярной арифметики с минимальным бивалентным дефектом,
- выбор отдельных взаимно-простых оснований с минимальным бивалентным дефектом,
- применение многоуровневой модулярной арифметики.

Проанализируем с позиции бивалентного дефекта и информационной избыточности разрядные сетки известных ЦВМ с модулярными процессорами Т340А, К340А, Алмаз, 5Э53, а также проект 41-50 «Лидер», разработанные в разные годы в Специализированном вычислительном центре Зеленоградского научного центра микроэлектроники Министерства электронной промышленности СССР [1].

В 60-х годах прошлого века в НИИ-37 начались работы по созданию ЦВМ на основе модулярной арифметики. В 1962-63 гг. был разработан первый, экспериментальный образец модулярной ЦВМ Т340А (главный конструктор Д.И. Юдицкий, научный руководитель И.Я Акушский). В 1963 г. была создана существенно модифицированная ЦВМ К340А, которая выпускалась серийно до середины 70-х годов (главный конструктор Д.И. Юдицкий, научный руководитель И.Я Акушский). В дальнейшем работы на разработанной базе по созданию специализированной модулярной ЦВМ и её применению для оборонных задач продолжил Л.В. Васильев, удостоенный Госпремии СССР за серийный образец спецЦВМ. В 1968 г. создана модулярная ЦВМ проекта «Алмаз» (главный конструктор Д.И. Юдицкий, научный руководитель И.Я Акушский). Все эти машины имели бинарную 45-разрядную сетку модулярного процессора. Количественные и информационные параметры разрядной сетки приведем в таблицах 1-4.

Таблица 1.

Разряды процессора	1	2-4	5-9	10-15	16-20	21-25	26-30	31-34	35-39	40-45
Основания модулярные	2	5	23	63	17	19	29	13	31	61
Разрядность регистров	1	3	5	6	5	5	5	4	5	6
Бивалентный дефект	0	0,678	0,476	0,023	0,913	0,752	0,142	0,300	0,046	0,069
Избыточность	0	0,375	0,281	0,016	0,469	0,406	0,094	0,188	0,031	0,047
% избыточности	0	37,50	28,13	1,56	46,88	40,63	9,38	18,75	3,13	4,69

Таблица 2.

Диапазон вычислительный	3336597244890
Разрядность реальная	45
Бивалентный дефект	3,398
Избыточность информационная	0,905
Избыточность приведенная	0,784

% избыточности приведенной	78,4
----------------------------	------

Для указанного вычислительного диапазона требуется бинарная разрядность 42 бит.

Таблица 3.

Диапазон вычислительный	3336597244890
Разрядность необходимая	42
Бивалентный дефект	0,398
Избыточность информационная	0,241
% избыточности информац.	24,13

Для указанной разрядности модулярного процессора ЦВМ вычислим численное значение информационной избыточности $2^k - P$ разрядной сетки процессора.

Таблица 4.

Разрядность процессора	45
Избыточность диапазона	35184372088801

Из приведенных данных видно, что модулярный процессор имел большой, 78,4 процент избыточности.

В 70-х годах прошлого века в Специализированном вычислительном центре (Зеленоград) были разработаны ЦВМ 5Э53 (1971), специализированная модулярная ЦВМ для проекта 41-50 «Лидер» (1973) с 40-разрядной сеткой модулярного процессора (главный конструктор Д.И. Юдицкий, научный руководитель И.Я Акушкин). Количественные и информационные параметры разрядной сетки приведем в таблицах 5-8.

Таблица 5.

Разряды процессора	1- 5	6- 10	11- 15	16- 20	21- 25	25- 30	31- 35	36-40
Основания модулярные	17	19	26	31	23	25	27	29
Разрядность регистров	5	5	5	5	5	5	5	5
Бивалентный дефект	0,913	0,752	0,300	0,046	0,476	0,356	0,245	0,142
Избыточность	0,469	0,406	0,188	0,031	0,281	0,219	0,156	0,094
% избыточности	46,88	40,63	18,75	3,13	28,13	21,88	15,63	9,38

Таблица 6.

Диапазон вычислительный	117210676050
Разрядность реальная	40
Бивалентный дефект	3,230
Избыточность информац.	0,893
Избыточность приведённая	0,758
% избыточности приведён.	75,8

Для указанного вычислительного диапазона требуется бинарная разрядность 37 бит.

Таблица 7.

Диапазон вычислительный	117210676050
Разрядность необходимая	37
Бивалентный дефект	0,230
Избыточность информационная	0,147
% избыточности информ.цион.	14,72

Для указанной разрядности модулярного процессора ЦВМ вычислим численное значение информационной избыточности $2^k - P$ разрядной сетки процессора.

Таблица 8.

Разрядность процессора	40
Избыточность диапазона	982300951726

Из приведенных данных видно, что модулярный процессор имел большой процент избыточности, равный 75,8. Делались попытки естественную избыточность модулярной арифметики использовать для дополнительного повышения надежности передачи данных в комплексе специализированных ЦВМ, но существенных результатов не было достигнуто

В 2000-х годах в Институте проблем проектирования в микроэлектронике РАН для ряда проектов под научным руководством академиков А.Л. Стемпковского и В.М. Амербаева были разработаны специализированные модулярные микропроцессоры с 22- и 43-разрядной двоичной сеткой для цифровой обработки сигналов, ориентированные на использование многоуровневой модулярной арифметики [2]. Отметим, что с увеличением количества уровней избыточность пропорционально увеличивается. Приведем параметры двух вариантов микропроцессоров, использующих модулярную арифметику. Количественные и информационные параметры разрядной сетки приведем в таблицах 9-14.

Таблица 9. Первый вариант

Разряды процессора	1	2-3	4-6	7-9	10-13	14-17	18-22
Основания модулярные	2	3	5	7	11	13	17
Разрядность регистров	1	2	3	3	4	4	5
Бивалентный дефект	0,000	0,415	0,678	0,193	0,541	0,300	0,913
Избыточность	0,000	0,250	0,375	0,125	0,313	0,188	0,469
% избыточности	0,00	25,00	37,50	12,50	31,25	18,75	46,88

Таблица 10.

Параметры	Реально	Необходимо
Диапазон вычислительный	510510	510510
Разрядность необходимая	22	19
Бивалентный дефект	3,038	0,038
Избыточность информационная	0,878	0,026
Избыточность приведенная	0,784	0

% избыточности приведенной	78,4	0
----------------------------	------	---

Для указанной разрядности модулярного микропроцессора первого варианта вычислим численное значение информационной избыточности $2^k - P$ разрядной сетки процессора.

Таблица 11.

Разрядность процессора	22
Избыточность диапазона	3683794

Таблица 12. Второй вариант.

Разряды процессора	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-31	32-37	38-43
Основания модулярные	19	21	23	29	31	37	41	43
Разрядность регистров	5	5	5	5	5	6	6	6
Бивалентный дефект	0,752	0,608	0,476	0,142	0,046	0,791	0,642	0,574
Избыточность	0,406	0,344	0,281	0,094	0,031	0,422	0,359	0,328
% избыточности	40,63	34,38	28,13	9,38	3,13	42,19	35,94	32,81

Таблица 13.

Параметры	Реально	Необходимо
Диапазон вычислительный	538163773413	538163773413
Разрядность	43	39
Бивалентный дефект	4,031	0,031
Избыточность информационная	0,939	0,021
Избыточность приведенная	0,914	0
% избыточности приведенной	91,4	0

Для указанной разрядности модулярного микропроцессора второго варианта вычислим численное значение информационной избыточности $2^k - P$ разрядной сетки процессора.

Таблица 14.

Разрядность процессора	43
Избыточность диапазона	8796093022208

Из приведенных данных видно, что модулярный микропроцессор в первом варианте имел избыточность 78,4% и во втором варианте 91,4%.

В 2015 г. был разработан новый метод борьбы с бивалентным дефектом или способ перераспределения избыточности симметричных модулярных оснований, позволивший одержать победу над этим явлением.

Способ основан на выборе взаимно-простых оснований модулярной арифметики симметричных относительно числа, являющего некоторой степенью двух, и использовании избыточности одних оснований для отображения числовых значений вычетов симметричных им, превышающих регистровую емкость.

Для иллюстрации способа, ориентируясь на стандартный двоичный размер байта, выберем взаимно-простые модули – основания модулярной арифметики: $\{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5\} = \{253, 255, 256, 257, 259\}$. Для них выполняются следующее: модуль 257 – простой; для четырех модулей мультипликативные канонические разложения имеют вид: $253=11.23$; $255=3.5.17$; $259=7.37$; $256=2^8$. Это позволяет сформировать две пары (p_1, p_5) , (p_2, p_4) взаимно-простых модулей, равноотстоящих от константы 2^8 . Для модулей выполняются соотношения: $p = p_3 = 2^8 = 256$; $n = \log_2 p = \log_2 2^8 = 8$ – длина блока (двоичного регистра);

первая пара оснований $p_1 = p - \tilde{\gamma}_1 = 253 = 2^8 - 3$; $p_5 = p + \gamma_1 = 259 = 2^8 + 3$; $\tilde{\gamma}_1 = \gamma_1 = 3$ – разности между константой 2^8 и модулями первой пары (количеством бинарных комбинаций);

вторая пара модулей $p_2 = p - \tilde{\gamma}_2 = 255 = 2^8 - 1$; $p_4 = p + \gamma_2 = 257 = 2^8 + 1$; $\tilde{\gamma}_2 = \gamma_2 = 1$ – разности между константой 2^8 и модулями второй пары.

Выполнение соотношений для модулей – оснований модулярной системы позволяет заявленным способом размещать двоичные значения вычетов по пяти взаимно-простым модулям в пяти однородных 8-битовых блоках выходного регистра (бинарной 40-разрядной сетке модулярной ЦВМ).

Пусть из блока входного регистра получен вычет $\alpha_4 = 2^8 = p$ по модулю 257, который не может быть размещен в 8-битовом блоке. Вычисляют число $\tilde{\alpha}_2 = \alpha_4 - (p - p_2) = \alpha_4 - \delta_i = \alpha_4 - 1 < p$, которое размещают в 8-битовом блоке, предназначенном для размещения вычета по модулю p_2 , который размещают в 8-битовом блоке, предназначенном для размещения вычета по модулю p_4 .

Модулярная арифметика с множеством оснований

$$\{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5\} = \{253, 255, 256, 257, 259\}$$

имеет суммарный бивалентный дефект и информационную избыточность, равные нулю.

Специальный способ выбора оснований модулярной арифметики и соответствующее устройство детально раскрыты в описании к патенту [3].

Способ и соответствующее техническое решение относится к области специализированной цифровой вычислительной техники, может быть использовано в системах связи и управления сложными объектами, предназначено для компактного размещения в цифровом регистре групп чисел или данных, представленных в модулярных форматах. Результатом технического решения является уменьшение информационной избыточности размещения групп чисел в однородных, равной длины блоках цифрового регистра, что повышает эффективность размещения данных, экономичность функционирования, технологичность схемотехнического проектирования однородного блокового регистра (разрядной сетки ЦВМ).

Новый способ уменьшения избыточности содержит задание первой константы, разделение на пары вычетов по модулю из блоков входного регистра, вычисление второй константы, выбор пары оснований модулярной системы, симметричных относительно первой константы, преобразование вычета по одному из оснований с использованием второй константы, размещение после преобразования пары чисел в однородных блоках выходного регистра. Устройство, реализующее способ, содержит однородный выходной блоковый регистр и неоднородный входной блоковый регистр, в котором для каждой пары блоков содержатся блоки сравнения, вычитания, передачи в параллельном бинарном коде информационных данных в однородный выходной регистр, проводники передачи управляющих сигналов. При передаче каждой пары чисел из блоков входного регистра в блоке сравнения одно из чисел сравнивают с заданной первой константой, если число меньше, то по первому управляющему сигналу пару чисел без изменений передают в соответствующую пару блоков выходного регистра, в противном случае по второму управляющему сигналу в блоке вычитания от сравниваемого числа вычитают расчетную вторую константу и размещают после ротации числа в паре однородных блоков выходного регистра.

В результате специальным выбором оснований модулярной арифметики описанный способ позволяет на порядок уменьшить информационную избыточность, а в отдельных случаях получить бивалентный дефект и информационную избыточность, равные нулю.

Литература

1. Малашевич Б.М. Неизвестные модулярные суперЭВМ // PC Week/RE. 2005. № 9. С. 44-45; № 10. С. 52-54.
2. Амербаев В.М., Тельпухов Д.В., Константинов А.В. Бивалентный эффект модулярных кодов // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем. Сборник трудов ИППМ РАН. Под общей ред. А.Л. Стемповского. М.: ИППМ-МЕС, 2008. С. 492-496.
3. Инютин С.А. Способ и устройство размещения групп чисел в однородных блоках цифрового регистра. Патент на изобретение РФ № 2591009 зарегистрирован 17.06.2016, приоритет заявки № 2015109196 от 17.03.2015

Сервисный процессор МВК Эльбрус-1 и Эльбрус-2

Леонид Евгеньевич Карпов, д.т.н.

Институт системного программирования РАН
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
mak@ispras.ru

Владимир Марткович Фельдман, д.т.н.

ПАО Институт электронных управляющих машин им. И.С. Брука,
Московский физико-технический институт (технический университет),
Vladimir.M.Feldman@mcst.ru

Александр Евгеньевич Ширай

АО МЦСТ
aesheerai@gmail.com

Аннотация. *Описываются побудительные мотивы и подход, выработанный для построения сервисного процессора многопроцессорных вычислительных комплексов Эльбрус-1 и Эльбрус-2, получившего название Универсальный инженерный пульт МВК Эльбрус (УИП). Приводятся сведения об аппаратной структуре УИП, структуре инструментального программного обеспечения, предназначенного для автономной наладки и ремонта компонентов МВК Эльбрус: центральных процессоров, коммутаторов памяти, процессоров ввода-вывода и передачи данных, а также аппаратуры контроля технического состояния МВК.*

Ключевые слова: *сервисный процессор, инженерный пульт, наладка и ремонт вычислительной аппаратуры.*

Введение

В 1970-х годах в ИТМ и ВТ им. С. А. Лебедева АН СССР разворачивались работы по реализации Технического задания (ТЗ) на многопроцессорные вычислительные комплексы (МВК) Эльбрус-1 и Эльбрус-2. Как часть общей работы коллективом разработчиков сразу нескольких подразделений института создавались различные устройства – центральные процессоры (ЦП), процессоры ввода-вывода (ПВВ), процессоры передачи данных (ППД). Для этих сложнейших устройств требовалось создавать и инженерные пульта, с помощью которых операторы (в качестве которых выступали инженеры-наладчики) могли управлять работой процессоров и получать информацию об их состоянии. Однако в ТЗ на МВК Эльбрус была сформулирована задача создания универсального инженерного пульта (УИП), который мог бы концентрировать в себе возможности работы сразу с несколькими различными устройствами МВК. Очень скоро стало понятно, что без включения в состав УИП некоторого интеллектуального устройства, работу по интеграции автономных пультов выполнить не удастся.

В результате в 1978 году перед коллективами разработчиков аппаратуры и системного программного обеспечения ИТМ и ВТ, возглавлявшимися д.т.н. В. Н. Лаутом и д.ф.-м.н. Д. Б. Подшиваловым, директором института членом-корреспондентом АН СССР и главным конструктором МВК Эльбрус-1 и Эльбрус-2 В. С. Бурцевым была поставлена задача разработать и реализовать на практике интеллектуальный универсальный инженерный пульт МВК, построенный на новых для того времени принципах. В то время разработка и самих вычислительных машин, и инженерных пультов для них была в самом разгаре, однако, эти пульта были для того времени традиционными, то есть представляли собой наборы большого количества небольших неоновых лампочек, загоравшихся, если представляемый ими разряд внутренних регистров или триггеров имел единичное значение. С помощью размещенных на этих пультах органов управления (кнопок, переключателей и тумблеров) инженеры имели возможность передавать на присоединенные устройства МВК управляющие воздействия (*рис. 1*).



Рис. 1. Традиционный пульт ЦП МВК Эльбрус-2.

Задача, сформулированная главным конструктором, заключалась в том, чтобы в стандартном конструктиве МВК Эльбрус создать небольшую однопроцессорную ЭВМ, обеспечив ей доступ к той же информации, что передается традиционным пультам различных процессоров МВК, то есть пультам центральных процессоров, процессоров передачи данных и процессоров ввода-вывода. Выбранный универсальный подход дал название новой ЭВМ, она получила имя «Универсальный инженерный пульт МВК Эльбрус» – УИП. Одновременно главным конструктором было указано, что новый цифровой пульт должен работать совместно с включаемой в состав МВК аппаратурой контроля технического состояния комплекса (АКТС) и уметь контролировать состояние всех других аппаратных компонентов МВК, в частности, различных видов устройств оперативной памяти – коммутаторов памяти (ЭКМ) и отдельных хранящих модулей (УП4К).

Работа началась с определения общего облика новой вычислительной машины. У коллектива был уже опыт разработки больших машин – 32- и 64-разрядных, но в этот раз было понятно, что такая большая машина просто не поместится в отведенное для нее конструктивное пространство. Предполагалось, что разрабатываемый сервисный процессор должен разместиться в одном шкафу с АКТС, просто доступ к нему должен обеспечиваться с другой стороны шкафа, в котором размещались две поворотные рамы – с одной стороны для АКТС, с другой стороны для УИП. На таком пространстве с учетом возможностей имевшейся в то время элементной базы можно было попробовать реализовать только 16-разрядную машину с относительно небольшой оперативной памятью. Впрочем, все были уверены, что этой разрядности вполне хватит для решения всех поставленных задач.

Руководители аппаратного и программного отделов создали совместную группу для выработки общей структуры процессора УИП и определения его системы команд. От аппаратчиков в группу вошел сам В. Н. Лаут и один из его инженеров В. М. Фельдман, который должен был впоследствии руководить разработкой аппаратуры. От программистов первичной разработкой были заняты Д. Б. Подшивалов, Л. Е. Карпов, С. В. Нестеров и А. П. Черняев. Каждый из шести участников группы готовил собственные предложения по системе команд новой ЭВМ. Сравнение результатов проводилось по тому, насколько экономно в той или иной системе можно было выразить внутренний цикл основной задачи, которую предстояло решать универсальному интеллектуальному инженерному пульту – извлечению нескольких несмежных разрядов из входного шлейфа информации от ЦП МВК и формированию его внешнего цифрового представления на экране УИП. Несмежность разрядов была указана в условии не случайно. Например, последовательность некоторых разрядов нулевого слова стека ЦП МВК в этом шлейфе (в МВК Эльбрус-1 он состоял из 2072 разрядов) поступала в УИП на позициях 777, 785, 336, 344, 128 и далее в таком же хаотичном порядке.

Было понятно, что при работе с памятью необходимо обеспечить адресацию с точностью до отдельного разряда. У коллектива ИТМ и ВТ АН СССР уже был опыт разработки ЭВМ с такой точностью адресации, поэтому все соревновавшиеся между собой участники разработки предлагали свои варианты системы команд с учетом таких возможностей. На окончательном обсуждении было решено, что самую красивую систему команд предложил В. Н. Лаут. Однако коллективным решением она была отвергнута, так как выигрывая у всех при программировании внутреннего цикла, она явно проигрывала в тех фрагментах программ, которые предполагали реализацию относительно универсальной схемы обработки информации. В результате группа остановила свой выбор на системе команд, близкой к системе PDP-11 [1], которую, однако, необходимо было существенно модифицировать для работы с одноразрядными объектами.

На проектируемой ЭВМ предстояло создать программную систему наладки и ремонта всех устройств, составляющих МВК Эльбрус-1 и Эльбрус-2 [2-3].

Архитектура сервисного процессора УИП МВК Эльбрус

Кроме уже понятных требований к методам управления оперативной памятью разработчики аппаратуры сервисного процессора УИП МВК Эльбрус основной своей задачей видели обеспечение высокой надежности разрабатываемой ЭВМ. Действительно, эта машина разрабатывалась для проведения технического обслуживания, наладки и ремонта компонентов аппаратуры МВК Эльбрус сразу двух модификаций. Эффективность подобных мероприятий серьезным образом влияет на общее время доступности контролируемого оборудования для его пользователей. Быстрая, надежная, достоверная проверка оборудования, малое время ремонта оборудования прямо влияют на общее время простоя МВК, как и на время его работы в условиях неполных конфигураций. Разработчики аппаратуры УИП понимали, что перед ними, как и перед всеми разработчиками МВК Эльбрус стоят следующие цели [4]:

- увеличение времени наработки на отказ отдельных устройств УИП и системы в целом;
- создание отказоустойчивого оборудования, обладающего аппаратурной избыточностью;
- включение в состав вычислительных систем средств аппаратного и программного контроля, тестирования и самодиагностики;
- построение многопроцессорных (и шире – многомодульных) комплексов с возможностью гибкого, оперативного изменения конфигурации вычислительной системы в случае возникновения отказа в одном из модулей;
- сокращение времени восстановления (ремонта) отказавших устройств за счет внедрения современных методов технического обслуживания.

Сервисный процессор УИП [4-8] должен был прямо способствовать повышению коэффициента готовности вычислительной системы путем уменьшения времени восстановления отказавшего устройства. Его особенностью, отличавшей его от подобных сервисных процессоров, разработанных к тому времени для разных ЭВМ, была необходимость функционирования в составе многопроцессорных комплексов. От самого УИП требовалось добиться достижения всех целей, стоящих перед сервисным процессором, самыми минимальными средствами, используя минимально возможный аппаратный центральный процессор УИП, относительно небольшую оперативную память (64К 16-разрядных слов) для хранения собственных программ и данных, минимум собственных внешних устройств.

Прежде всего, разработчики, взяв за образец PDP-11, приняли решение отбросить догматы о совместимости и необходимости точно копировать этот образец в своей работе, ведь никакого заимствования программного обеспечения в проекте не предполагалось. Была существенно модифицирована система команд, в частности, исключены команды умножения и деления, реализация которых заметно увеличила бы аппаратные издержки. Команды были разные по размеру, от 1-го до 3-х двухбайтовых слов, и всего реализованы были только 7 полноценных двухадресных команд:

- MOV – пересылка
- ADD – арифметическое сложение
- SUB – арифметическое вычитание
- CMP – арифметическое сравнение
- BIT – проверка разрядов по маске
- BIS – установка разрядов в 1 по маске
- BIC – установка разрядов в 0 по маске

Некоторое количество команд также были реализованы в полноадресном виде, но имели только один операнд, например:

- TST – сравнение с нулевым кодом
- CLR – обнуление
- INC – арифметическое увеличение (сложение с 1)
- DEC – арифметическое уменьшение (вычитание 1)
- NEG – изменение знака
- COM – исключающее ИЛИ
- ASL – арифметический сдвиг на 1 разряд влево
- ASR – арифметический сдвиг на 1 разряд вправо
- ROL – циклический сдвиг на 1 разряд влево
- ROR – циклический сдвиг на 1 разряд вправо
- JMP – переход (установка счетчика команд)

Как для двухадресных, так и для одноадресных команд структура адреса в команде была одинаковой, на адрес отводилось 6 разрядов, три из них использовались для указания типа адресации, а оставшиеся три предназначались для хранения номера используемого регистра, которых в аппаратуре УИП было реализовано 8 (с номерами от 0 до 7). Регистры с номерами 6 и 7 могли использоваться как самые обычные регистры общего назначения, но аппаратура использовала их для своих специальных функций: регистр R7 выполнял функции счетчика команд (именно по его содержимому на каждом шаге работы центрального процессора УИП выбиралась очередная команда), а регистр R6 играл роль указателя системного стека (при

возникновении прерывания адрес, хранящийся на регистре R6, использовался для записи связующей информации – адреса возврата из прерывания и регистра состояния процессора).

Все регистры, как общего назначения, так и специальные, имели свое отображение в оперативной памяти (табл. 1).

Адрес оперативной памяти	Назначение	Пояснение
0x0000	0	Нулевое значение
0x0001-0x0007		Тумблерные регистры пульта УИП
0x0008-0x000D	R0-R5	Первые пять регистров общего назначения
0x000E	R6 (SP)	Шестой регистр общего назначения (регистр стека)
0x000F	R7 (PC)	Седьмой регистр (регистр счетчика команд)
0x0010-0x0017	RS0-RS7	Восемь теневых регистров адреса
0x0020-0x002F	PAH0-PAH15	Регистры адресов начала обмена с каналом 0-15
0x0030-0x003F	PAK0-PAK15	Регистры адресов конца обмена с каналом 0-15
0x0040-0x004F	PYK0-PYK15	Регистры управления обменом с каналом 0-15
0x0050	PS	Регистр состояния процессора УИП
0x0051	TIME	Регистр счетчика времени
0x0052	STRT	
0x0080-0x00BF	ВПЕ	Вектора экстракодов (по два слова на экстракод)
0x00C0-0x00DF	ВПК	Вектора прерываний от каналов 0-15
0x00F8-0x00F9	ВПТ	Вектор прерывания по таймеру
0x00FC-0x00FD	ВПБТ	Вектор прерывания по биту Т (TRAP)
0x0100		Адрес программы инициализации АДСИ
0x0104-0x0123		Адреса глобальных программ и данных АДСИ
0x0124-0x27FF		Программы и локальные данные АДСИ
0x2800-0xBFFF		Программы и данные СРП ПУЛЬТ

Таблица 1. Распределение оперативной памяти в УИП

Использование содержимого регистра, номер которого фигурировал в адресной части команды, зависело от вида указанной для него адресации. Для разных видов адресации в качестве исполнительного адреса использовалось:

- Rx – значение, хранящееся в регистре Rx;
- Rx. – значение, хранящееся в памяти по адресу из регистра Rx;
- D*Rx – значение, хранящееся в памяти по адресу из регистра Rx, (и увеличение значения Rx на 1);
- D*Rx. – значение, хранящееся в памяти по адресу, извлекаемому из ячейки памяти, на которую указывает регистр Rx, (и увеличение значения Rx на 1);
- U*Rx – значение, хранящееся в памяти по адресу из регистра Rx, (и уменьшение значения Rx на 1);
- U*Rx. – значение, хранящееся в памяти по адресу, извлекаемому из ячейки памяти, на которую указывает регистр Rx, (и уменьшение значения Rx на 1);
- Rx+N – значение, хранящееся в памяти по адресу N со смещением на значение из регистра Rx;
- (Rx+N). – значение, хранящееся в памяти по адресу, извлекаемому из слова в памяти, адрес которого вычислялся как сумма значений регистра Rx и N.

Команды перехода с возвратом (JSR) и конца цикла (SOB) были полутораадресными: их первым операндом мог быть только номер регистра общего назначения (от 0 до 7). Команда возврата из подпрограммы (RTS) в качестве своего единственного операнда могла иметь только регистр общего назначения, а команда возврата из прерывания (RTI) была безадресной.

Для организации локальных условных переходов в систему команд был вставлен полный набор команд, с помощью которых можно было строить переходы по любой комбинации значений разрядов NZVC регистра состояния процессора (PS). Эти разряды устанавливались в 0 или в 1 многими командами и предназначались для хранения признаков результата:

- N – сформировано отрицательное значение;
- Z – сформировано нулевое значение;
- V – при выполнении команды возникло переполнение;
- C – при выполнении команды возник перенос из старшего разряда.

Этот набор команд позволял строить любые команды переходов при работе как со знаковыми, так и беззнаковыми целыми числами. При необходимости несложно было программно моделировать работу с числами любой разрядности.

Важнейшим изменением, внесённым в архитектуру и систему команд ЦП УИП по сравнению с системой PDP-11, стала возможность работы не только с двухбайтовыми словами и отдельными байтами, как это часто делается в других вычислительных машинах, но также с тетрадами (группами по 4 разряда) и отдельными разрядами.

В состав регистров ЦП УИП были введены 8 теневого адресных регистров, которые предназначались для хранения базовых адресов. Все полноадресные команды (как двухадресные, так и одноадресные) получили возможность работать в модифицированном режиме адресации, для чего в коде операций всех таких команд выделялся 1 разряд. Таким образом, код операции двухадресной команды становился 4-разрядным, а код операции одноадресной команды занимал 10 разрядов, из которых 4 старших разряда могли содержать только нулевой код или код, равный 8, для варианта формирования модифицированного исполнительного адреса. Предполагалось, что обычный регистр при работе с модифицированным адресом должен содержать смещение относительно базового адреса из теневого регистра с тем же номером. Смещение занимало младшие 14 разрядов в регистре, в то время, как два старших разряда отводились для хранения размера адресуемого элемента:

- 0 – адресация с точностью до двухбайтового слова;
- 1 – адресация с точностью до байтов;
- 2 – адресация с точностью до четырехразрядных тетрад;
- 3 – адресация с точностью до отдельных разрядов.

Формирование исполнительного адреса для всех видов адресации, кроме самого простого, который предполагал использование значения непосредственно из регистра общего назначения, происходило путем косога сложения содержимого теневого регистра и индекса с выдвиганием уточняющих разрядов индекса (0, одного, двух или четырех) вправо. В зависимости от вида адресации индексирующее значение бралось из обычного регистра или из памяти, что позволяло строить и использовать таблицы индексирующих значений.

Устройство обмена УИП МВК Эльбрус

Эскизный проект МВК Эльбрус не содержал конкретной концепции сервисного процессора. Само название устройства – «Универсальный инженерный пульт» – свидетельствует о том, что изначально предполагалось просто создать аппаратное средство, объединяющее каналы наладочной информации процессоров различного типа в одном устройстве. Именно поэтому работа над УИП была поручена отделу В. Н. Лаута, в котором перед этим был разработан стенд УПИП (Устройство памяти инженерного пульта), использовавшийся при автономной наладке процессоров МВК. Инженеры наладчики использовали УПИП для размещения в нём коротких тестовых программ, но стенд содержал и несколько ячеек памяти для данных.

Изначально предполагалось, что УИП станет аппаратным коммутатором между устройствами МВК и устройствами отображения индикации и ввода управляющих воздействий, что он будет содержать множество абсолютно разнородных каналов обмена информацией между специализированными устройствами МВК и типовыми устройствами отображения и ввода информации, на использование которых согласятся представители заказчика. В процессе работы над техническим заданием стало понятно, что сложность этого устройства такова, что без программного управления реализовать и отладить функции такого устройства не представится возможным, тогда и была поставлена задача разработки специализированной мини ЭВМ. Тем не менее проблема организации эффективного обмена между множеством разнородных устройств сохранилась.

По предложению А. Е. Ширая было принято и реализовано решение, при котором:

1. устройство обмена содержало 16 одинаковых каналов с прямым доступом к памяти;
2. каждый канал обеспечивал управление контроллером, к которому можно подключать не менее шестнадцати внешних устройств;
3. была предусмотрена защита памяти от переполнения буферов обмена.

Каждый канал имел 3 регистра управления и выделенный вектор прерывания. Два регистра описывали буфер обмена – регистры адреса начала (РАН) и адреса конца (РАК) буфера. Значение, хранящееся в регистре РАН в процессе обмена после завершения обмена одним словом УИП, увеличивалось

на 1, указывая на очередную ячейку буфера. Совпадение значений регистров РАН и РАК при записи последнего слова в память приводило к выработке запроса на прерывание ЦП и сигнала завершения обмена, поступающего в контроллер, присоединённый к каналу. Третий регистр (РУК) предназначался для выдачи управляющих сигналов каналу и его устройствам. Этот регистр содержал следующие поля:

1. код операции («Пуск») и признак занятости устройства (4 разряда);
2. номер устройства в канале (4 разряда);
3. приоритет прерывания от канала (3 разряда);
4. маску прерывания (1 разряд);
5. код состояния/ошибки (4 разряда), специфичный для каждого типа устройств.

Контроллеры типовых устройств передавали управляющую информацию еще и в пакетах данных.

Пропускная способность интерфейса канала в точности соответствовала пропускной способности памяти УИП. При этом для экономии оборудования были использованы четырёхбитные линии передачи команд и данных. Приоритет по обменам задавался в аппаратуре. Более медленные устройства (например, клавиатура) имели более высокий приоритет, чем быстрые каналы, которые могли подолгу занимать память системы.

Такая организация устройства обмена позволила существенно упростить наладку контроллеров и создание драйверов устройств. Для запуска обмена в цикле (для первичной отладки разработчики не использовали ничего сложнее осциллографа), достаточно было обновить информацию в регистре РАН, записать команду в регистр РУК и дождаться сброса бита занятости устройства. Такую программу было несложно ввести в память непосредственно в машинных кодах, что и делалось при наладке первых контроллеров – ФСМ (ввод перфоленты), параллельного порта АЦД VT-340, а затем и контроллера канала дисковода абонентского пульта – АП 5070. Как только отладка этих каналов была завершена, УИП превратился в «персональную» мини ЭВМ. Такое преобразование весьма обрадовало разработчиков и дало им возможность перенести ранее разработанный А. Е. Шираем на имитационном комплексе УИП на БЭСМ-6 тестовый монитор (ТМ) ДИНАЛ (диалог наладчика), позволявший создавать, сохранять и выполнять программы, предназначенные для отладки устройств, драйверов, загрузки и выполнения других программ, тестов, рабочих программ.

Лишь после этого началась работа по наладке контроллеров для специализированных устройств МВК, а также разработка резидентного системного программного обеспечения УИП. Были реализованы контроллеры:

1. ФСМ (FS-1500) (Чехословакия)
2. Текстовый терминал – Videoton VT-340, затем VDT 52100 (Венгрия)
3. Канал абонентского пульта. (блок гибких 7-дюймовых дисков – АП-5070, магнитофон АП).
4. Стандартный канал ЕС ЭВМ (пишущая машинка Consul (Польша), АЦПУ ЕС-7032, ЕС-7036, ЕС-7040), к стандартному каналу можно было подключить и стойку дисков, доступных из МВК, что увязывало систему в единый комплекс;
5. Абонент ЕС ЭВМ – стандартный канал УИП (связь с АКТС), стандартный канал ПВВ;
6. Контроллер дисплеев ЕС-7920 (до 16 устройств).
7. ЦП МВК – 10 каналов индикации;
8. ЦП МВК – 10 каналов управления (пуск, останов, установка режимов работы);
9. ПВВ МВК – 4 канала индикации/управления;
10. ППД МВК – 16 каналов индикации/управления.

Разработкой и отладкой первых контроллеров занимались В. М. Фельдман и А. Е. Ширай, которым поначалу помогали сотрудники Загорского электро-механического завода (ЗЭМЗ), где изготавливался Эльбрус. При этом вся тяжесть наладки УИП легла на плечи всё тех же основных разработчиков УИП МВК Эльбрус.

Заключение

К сожалению, после успешных испытаний работа над УИП МВК была остановлена. Между тем это был прекрасный опыт, позволивший программистам лучше понять многие проблемы, стоящие перед разработчиками аппаратуры, а инженерам лучше осознать огромные возможности, открывающиеся перед ними, благодаря переходу на новые методы работы с аппаратурой, благодаря возможностям новых интеллектуальных систем поиска неисправностей в аппаратуре, наладки и ремонта этой аппаратуры.

УИП как мини-ЭВМ создавался с большим трудом. В СССР было недостаточно налажено производство периферии для малых машин: гибких дисков, накопителей на магнитной ленте и прочего. Имевшиеся периферийные устройства работали ненадёжно.

Базовая идея, которую развивали разработчики УИП, заключалась в том, что сверхнадежный сервисный процессор не внесет существенную добавку в наработку на отказ всего МВК, но значительно сократит время восстановления. Однако МВК Эльбрус не проектировался под использование сервисного процессора, поэтому эффективность использования УИП ставилась многими под сомнение. Был взят интерфейс традиционного инженерного пульта и сериализован для ввода в УИП, в то время, как на самом деле надо было дорабатывать внутреннюю архитектуру МВК Эльбрус.

Проделанная работа во многом была пионерской для ИТМ и ВТ АН СССР. Её сутью была разработка ЭВМ класса мини, сопровождавшаяся освоением технологии сервисного процессора, которая только-только появилась на Западе. Еще не было интерфейсов типа JTAG (работа над спецификацией началась в конце 1970-х годов, а появилась она в 1985 году, когда работа по разработке УИП была завершена), не было 16-ти разрядных микропроцессоров (работа над Intel 8086 также началась в 1976 году). Лишь намного позднее появилась возможность использовать микропроцессорные наборы отечественного производства.

Группа разработчиков аппаратуры и программного обеспечения отлично справилась с поставленной перед ними задачей. Был разработан полный комплект технической документации, в соответствии с которой Загорский электро-механический завод изготовил мелкую серию экземпляров УИП. Один из них был установлен в ИТМ и ВТ АН СССР и использовался для разработки программного обеспечения, а также для проведения опытных работ по наладке и ремонту первого образца МВК Эльбрус-1.

Литература

1. <http://bitsavers.informatik.uni-stuttgart.de/pdf/dec/pdp11/>
2. Л. Е. Карпов, Программная система – Универсальный инженерный пульт МВК «Эльбрус», М., ИТМ и ВТ АН СССР, препринт № 13, 24 с., 1984.
3. Л. Е. Карпов, А. Е. Ширай, Программное обеспечение сервисного процессора МВК Эльбрус-1 и Эльбрус-2. В этом издании.
4. В. М. Фельдман, Структура, алгоритмы работы и пути использования сервисного процессора для технического обслуживания многопроцессорного вычислительного комплекса. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, М., ИТМ и ВТ АН СССР, 22 с., 1987.
5. А. Н. Болдов, Л. Х. Ротастикова, В. М. Фельдман, А. Е. Ширай, Универсальный инженерный пульт МВК «Эльбрус», М., ИТМ и ВТ АН СССР, препринт № 1, 17 с., 1982.
6. В. М. Фельдман, Аппаратно-программная система технического обслуживания многопроцессорного вычислительного комплекса, в кн: Тез. конф. молодых специалистов и членов НТОРЭС им. А. С. Попова, М., ИТМ и ВТ АН СССР, 1983.
7. В. М. Фельдман, Особенности включения сервисного процессора в многопроцессорный вычислительный комплекс, в кн: Тез. конф. молодых специалистов и членов НТОРЭС им. А. С. Попова, М., ИТМ и ВТ АН СССР, 1985.
8. В. Н. Лаут, В. М. Фельдман, А. Е. Ширай, Устройство для обработки информации. Авторское свидетельство № 993262 СССР, МКИ G 06 F 9/36, по заявлению от 11 сентября 1981 г., опубликовано 01.02.1983 г., бюллетень № 4, <http://www.findpatent.ru/patent/99/993262.html>

Программное обеспечение сервисного процессора МВК Эльбрус-1 и Эльбрус-2

Леонид Евгеньевич Карпов, д.т.н.

Институт системного программирования РАН
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
mak@ispras.ru

Александр Евгеньевич Ширай
АО МЦСТ
aesheerai@gmail.com

Аннотация. *Описывается структура и основные характеристики специализированной операционной системы «Пульт» (СРП «Пульт»), предназначенной для автоматизации процессов наладки и ремонта аппаратных устройств многопроцессорных вычислительных комплексов Эльбрус-1 и Эльбрус-2: центральных процессоров, коммутаторов памяти, процессоров ввода-вывода и передачи данных, а также аппаратуры контроля технического состояния МВК. СРП «Пульт» работала на сервисном процессоре МВК Эльбрус, получившем название Универсальный инженерный пульт МВК Эльбрус (УИП). Приводятся сведения об имитационном комплексе УИП МВК Эльбрус, на котором велось построение прототипа СРП «Пульт», структуре инструментального программного обеспечения и управляющей системе рабочих программ реального времени.*

Ключевые слова: *сервисный процессор, инженерный пульт, наладка и ремонт вычислительной аппаратуры, инструментальное программное обеспечение, система реального времени.*

Введение

Работа над системным программным обеспечением универсального инженерного пульта (УИП) МВК Эльбрус-1 и Эльбрус-2 [1-6], выполнявшаяся в рамках общего Технического задания на МВК Эльбрус, началась сразу же после утверждения системы команд процессора УИП, а некоторые детали этой системы команд уточнялись уже в процессе написания некоторых составных частей имитационного комплекса (ИК) УИП.

Системное программное обеспечение (*рис. 1*) УИП состояло из нескольких подсистем и создавалось поэтапно. На первом этапе разрабатывался имитационный комплекс УИП, состоявший из программы-монитора, интерпретатора центрального процессора УИП, макроассемблера, программ автокода и редактора связей. Созданный имитационный комплекс работал на БЭСМ-6 и использовался для разработки и отладки первой очереди административной системы (АДСИ) специализированной операционной системы рабочих программ СРП «Пульт».

На втором этапе был создан тестовый монитор (ТМ) ДИНАЛ, в составе которого работала система программирования, функционировавшая непосредственно на самом УИП (сначала только на опытном образце, созданном непосредственно в лаборатории В. Н. Лаута, а впоследствии на первом заводском экземпляре УИП). В состав ТМ ДИНАЛ был включён резидентный ассемблер, на котором создавалось основное программное обеспечение, как вспомогательное (вторая очередь АДСИ, включившая в себя программы обмена с устройствами МВК и драйверы внешних устройств УИП), так и рабочее, для которого сам УИП и создавался.

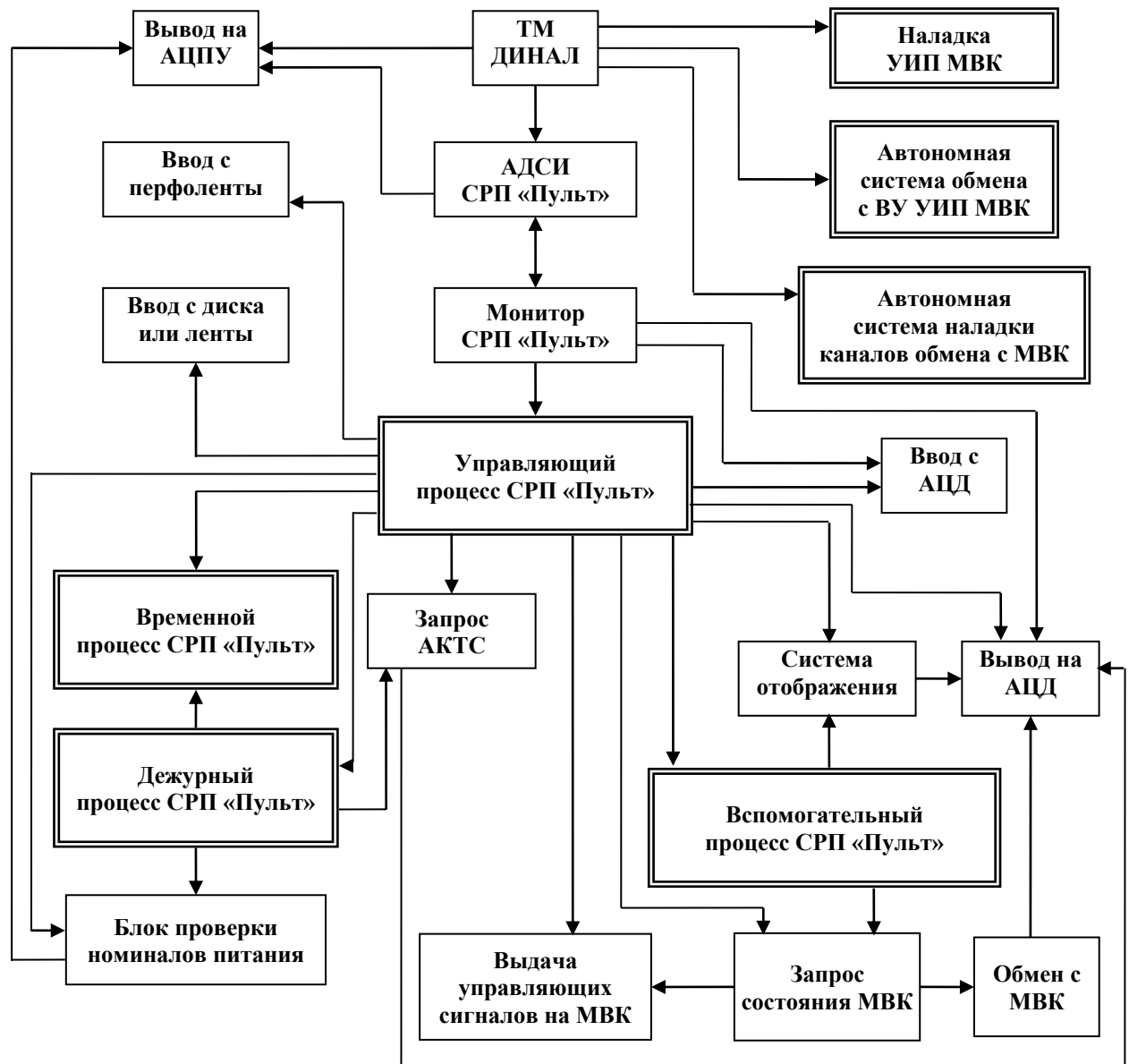


Рис. 1. Структура программного обеспечения УИП МВК Эльбрус.

Имитационный комплекс УИП МВК Эльбрус

Имитационный комплекс создавался на БЭСМ-6, как на инструментальной машине, и первоначально ИК УИП состоял всего из одной программы – интерпретатора системы команд процессора УИП, над которым работал А.П. Черняев. Его товарищ С.В. Нестеров одновременно вел работу по написанию прототипа рабочих программ УИП. Этот прототип начал программироваться непосредственно в кодах, что создавало значительные трудности и требовало огромного количества времени для исправления ошибок программирования. Глядя на мучения своих коллег, Л.Е. Карпов, используя реализованный им в дипломной работе универсальный макропроцессор Stage2 [7-8], построил макроассемблер УИП (названный автокодом УИП), существенно облегчивший процесс программирования и определивший облик автокодов УИП (по существу, языков ассемблера), которые были разработаны впоследствии для ИК УИП Е. С. Кусиковым и Ю. А. Французовым [9], а после них и А. Е. Шираем в его работе над системой программирования ТМ ДИНАЛ. На рис. 2 в качестве примера приведена программа, написанная на автокоде УИП и предназначенная для формирования шестнадцатеричной цифры по информации, полученной от устройства МВК, причём некоторые разряды для этой цифры передаются в прямом коде, а некоторые инвертированы.


```

/** 25 */ HALHEX: MVF[D*R1., R3]/ ПЕРВЫЙ РАЗРЯД /;
MOV[D*R1 , R2]/ ПЕРВЫЙ ПРИЗНАК /;
JNE[.ОБХ6],COM[R3], BIS[.*FFFE,R3]/ УСЛ. ИНВЕРСИЯ. /;
ОБХ6: MVF[D*R1., R4]/ ВТОРОЙ РАЗРЯД /;
MOV[D*R1 , R2]/ ВТОРОЙ ПРИЗНАК /;
JNE[.ОБХ7],COM[R4], BIS[.*FFFE,R3]/ УСЛ. ИНВЕРСИЯ. /;
ОБХ7: ASL[R3], BIS[ R3,R4]/ СЛОЖЕНИЕ ДВУХ /;
MVF[D*R1., R3]/ ТРЕТИЙ РАЗРЯД /;
MOV[D*R1 , R2]/ ТРЕТИЙ ПРИЗНАК /;
JNE[.ОБХ8],COM[R3], BIS[.*FFFE,R3]/ УСЛ. ИНВЕРСИЯ. /;
ОБХ8: ASL[R4], BIS[ R3,R4]/ СЛОЖЕНИЕ ДВУХ /;
MVF[D*R1., R3]/ ЧЕТВ. РАЗРЯД /;
MOV[D*R1 , R2]/ ЧЕТВ. ПРИЗНАК /;
JNE[.ОБХ9],COM[R3], BIS[.*FFFE,R3]/ УСЛ. ИНВЕРСИЯ. /;
ОБХ9: ASL[R4], BIS[ R3,R4]/ СЛОЖЕНИЕ ДВУХ /;
BIS[.*FFF0,R4], MOV[R4+ЦИФРЫ,R4]/ CONVERSION /;
MVF[R4, D*R0]/ ЗАПИСЬ НА ЭКРАН /;
/ СФОРМИРОВАЛИ СЛОЖНУЮ 16-НУЮ ЦИФРУ / RTS[PC];

```

Рис. 2. Пример записи программы на автокоде УИП.

Постепенно ИК УИП приобретал всё новые и новые возможности. В его состав, как уже было упомянуто, был добавлен ассемблер, формировавший не просто двоичный образ памяти УИП, который следовало передавать интерпретатору, а объектные модули, которые можно было накапливать в архиве, что позволяло впоследствии формировать из них готовые программы. Для это предлагалось использовать редактор связей, первый вариант которого был написан на языке БЭСМ-Паскаль Л.Ю. Иоффе, а второй – на языке Эпсилон С.Л. Подгорновой. Первый вариант вполне успешно использовался при разработке Административной системы УИП. Второй вариант потребовался, когда началась активная работа непосредственно над СРП «Пульт», и размеры формируемой готовой программы существенно возросли. Вариант редактора связей, написанный на Паскале, в своей работе слишком интенсивно обменивался с внешней памятью БЭСМ-6 (вся буферная память располагалась на магнитных барабанах), и несмотря на совсем небольшие требования к использованию процессора БЭСМ-6, тратил на объединение трёх-четырёх десятков модулей совершенно неприемлемое астрономическое время.

Тестовый монитор ДИНАЛ и резидентное программное обеспечение УИП

Для УИП не планировалось создавать собственную операционную систему общего назначения, не ставилось и требований по созданию файловой системы и других, привычных в настоящее время средств, но уже на этапе отладки контроллеров внешних устройств возникла необходимость в простой системе, которая позволила бы манипулировать физическими ресурсами, создавать тесты, запускать простые программы в режиме интерпретации, сохранять их на дискетах, загружать с дискет коды обычных программ, тестов, настраивать их окружение.

Однако некоторую подготовительную работу, совершенно необходимую для создания резидентного программного обеспечения УИП, было намечено провести самыми первыми решениями. Речь идет о программе разметки дисков, которую написал разработчик аппаратуры и программного обеспечения А.Е. Ширай. Прежде всего, было необходимо выбрать оптимальный размер сектора, которым сразу определялось количество секторов на одной дискете, размер межсекторного пространства, совокупный полезный объём информации, размещаемый на одной дискете. В результате был выбран максимально возможный размер сектора – 4 Кб, что позволяло иметь на дискете 77 секторов, а всего 308 Кб полезной информации. Другие варианты разметки приводили к росту количества и суммарного размера межсекторных промежутков, и, следовательно, к снижению полезной ёмкости дискет. Эта работа А.Е. Ширая была одной из первых (если не самой первой) программой разметки гибких магнитных дисков в нашей стране.

В то время пока шло изготовление макетного образца УИП, на ИК УИП было отчасти реализовано программное обеспечение, имевшее три основные функции:

1. Создание и редактирование наборов командных строк, которые именовались архивами.
2. Интерпретация команд работы с памятью.
3. Интерпретация команд управления выполнением программ.

Первоначальной целью создания тестового монитора ДИНАЛ была автоматизация процессов наладки процессора УИП и контроллера АЦД. Фактически планировалось организовать автоматизированный пульт самого УИП. Большая часть возможностей ТМ ДИНАЛ связана с его использованием в качестве такого пульта наладки контроллеров и драйверов внешних устройств, выполнение работ с дискетами. Эту свою работу ДИНАЛ выполнял весьма эффективно. С помощью ТМ ДИНАЛ удалось создать архив полезных

тестовых операций, которые было нужно повторять раз от раза при ремонте или проведении профилактических работ.

ДИНАЛ позволял использовать относительно простые команды – разные виды команд записи и чтения, создания последовательностей команд, их запоминания в архиве. Кроме того, была организована возможность создания тестовых программ в виде связанных операторов, содержащих взаимные ссылки.

Обычная последовательность действий включала в себя создание первичной тестовой цепочки операторов, например, последовательность операторов ДИНАЛ:

```
ЗИ 3000 3100 A55A;  
ЗПА 1: ЗП РАН[n] 3000* ЗП РАК[n] 3100*  
ЗП РУК[n] <команда канала i> *ЖД 2000* ВЫП 2;  
ЗПА 2: СЧ РАН[n]* СЧ РУК[n]* СЧ 3000 100;  
ВЫП 1 <Enter>
```

Предназначалась для выполнения таких действий: запуск канала n с предварительным заполнением буфера с адресами 3000-3100 константой A55A и выводом результата работы канала на экран, запоминание операторов в архиве под номерами 1 и 2, ожидание конца обмена в течение 2000 мкс.

На АЦД типов VT-340 и VDT 52100 текстовое редактирование было удобнее производить в режиме «off-line», а затем и использовать клавишу SEND, но, если не бояться ошибок ввода, можно было работать в режиме «on-line».

Если результат прогона теста оказывался неудовлетворительным, можно было зациклить прогон и использовать осциллограф. В таком случае оператор 1 можно было видоизменить, выполнив команду <ВЗА 1>, затем вставить в начало команду <ЗПВ 3> и в конец – команду <ВЫП 3>. Таким образом создавался новый оператор. Из цикла можно было выйти, либо задавая количество его повторов, либо вводом новой команды.

После отладки драйвера диска в ДИНАЛ были добавлены команды чтения и записи на диск, где в фиксированной области хранился архив. Например, команда <СЧД 5 3000 3FFF> означала требование загрузить информацию с двух дорожек диска, начиная с пятой дорожки, в ячейки с адресами 3000-3FFF (4К слов по 2 байта).

Развитие ТМ ДИНАЛ привело к включению в его состав отладчика, основной функцией которого была установка точек останова. Тем самым удалось завершить имитацию аппаратного пульта УИП, на котором также имелась возможность устанавливать адрес команды останова с помощью специальных тумблеров.

Широкое использование таких возможностей началось при написании резидентной операционной системы (ОС УИП). ТМ ДИНАЛ позволял считывать в буфер первое слово команды по заданному адресу, записывать его в ячейку памяти, подставлять в программу команду экстракода, в вектор прерывания которого записывался адрес подпрограммы сохранения регистров в заданный системный буфер (не совпадающий со стеком отлаживаемой программы). Одновременно на регистры процессора УИП устанавливался новый указатель стека, указатели на буфера в памяти ТМ ДИНАЛ, после чего средствами ТМ ДИНАЛ можно было просматривать содержимое памяти и регистров, задавать новую точку останова. По команде возврата восстанавливался код программы, на единицу уменьшался сохранённый в стеке программы счётчик команд, восстанавливались регистры, и выполнялась команда возврата из прерывания (RTI).

ТМ ДИНАЛ оперировал только физическими ресурсами, адресами физической памяти, номерами дорожек диска, однако, хотя сам архив загружался в определённую, заранее известную область памяти, номера строк архива были логическими.

Первичный макроассемблер УИП также всегда формировал образ памяти, настроенный на определённый адреса, поэтому загрузка программ была простым делом – выполнялась командная строка, запускающая ввод данных в память, начиная с конкретной дорожки дискеты, контекст формировался путём записи сохранённой информации в согласованные области памяти, а передача управления осуществлялась на начало программы.

Для ввода данных можно было выполнить командную строку, реализующую установку на заданную дорожку и ввод данных. Для этого в область памяти записывалась управляющая информация и производилась выдача команды позиционирования контроллеру диска обычным запуском канала, и в канал выдавалась команда чтения.

Редактирование строки осуществлялось путём её вызова на экран командой ВЗА N (чтение из архива N), например, «ВЗА 5», и, соответственно «ЗПА 5» (или запись в архив с другим номером). Команда «ВЗВ 5» означала «взять дорожку 5 и выполнить». А командой «ВЫП» с параметрами, можно было задать адрес области, где лежат переменные цикла, начало, шаг, конечное значение. Командой «ЖД N» задавалось время ожидания. Эти команды часто использовались в циклах с обменами.

Существенную часть времени, отведённого на разработку тестового монитора, пришлось потратить на создание резидентного ассемблера УИП. Необходимость его создания обуславливалась сложностью доступа к БЭСМ-6 и отсутствием нормальных средств переноса информации с этой ЭВМ непосредственно на УИП (перфоленты часто перекашивались, застревали в устройстве ввода, рвались, часть вводимого кода портилась, а локальных сетей для передачи информации тогда не было). Затруднения в работе с исходными текстами на БЭСМ-6 привели к тому, что ДИНАЛ оброс заплатками в машинных кодах и окончательно разошёлся с версией, работавшей на ИК УИП, функционировавшем на БЭСМ-6. Назрела явная необходимость создать резидентные средства программирования.

Сначала А. Е. Шираем непосредственно в машинных кодах в среде ДИНАЛ был написан текстовый редактор. После этого началась работа по компилятору, встроенному в редактор. Работа над компилятором велась по принципу раскрутки, а это приводило к тому, что этап за этапом компилятор, компилируя сам себя, обретал всё более завершённый вид. Синтаксис команд был заимствован из макроассемблера УИП, но без его изменений всё же не обошлось. Основным отличием стало внедрение блочной структуры, которая избавляла программиста от придумывания огромного числа имён меток, которые возникали в ассемблере на ИК УИП при каждом условном переходе. Эта особенность не отразилась на рабочем программном обеспечении, создававшемся поначалу ИК УИП – совместимость была полностью соблюдена.

Параллельно с работой над резидентным ассемблером А. Мозговитов создавал дизассемблер, после чего удалось получить новый текст ДИНАЛа, убрать заплатки, расширить функционал. На резидентном ассемблере В. Мартышовым был написан тест системы команд УИП, который был использован при заводских и государственных испытаниях.

Описанный далее комплекс рабочих программ СРП «Пульт» [10] также был перенесён на УИП, скомпилирован на резидентном ассемблере, сохранён на дискетах. Для него с помощью ТМ ДИНАЛ была создана программная документация, от которой сохранился документ под название «Текст программы».

В перерывах между заводскими и государственными испытаниями и после госиспытаний, разработчиками резидентного программного обеспечения УИП была создана полноценная резидентная операционная система, по функциональному уровню близкая к операционной системе MS DOS, с поддержкой файловой системы, параллельных обменов, с возможностью исполнения командных файлов (для этого был создан элементарный язык управления заданиями) и управлением запуском задач. Система поддерживала динамическое распределение памяти, управляла размещением в оперативной памяти УИП исполняемых программ, не содержащих явных привязок к физическим адресам памяти, имела единый файловый интерфейс, включая типовые внешние устройства (АЦПУ, мониторы, собственно файлы различного типа на дискетах). К сожалению работа по УИП была свёрнута и это достижение не нашло практического применения.

Системное программное обеспечение УИП

Административная система (АДСИ) УИП МВК представляла собой набор некоторого количества системных программ, реализовывавших важные вспомогательные функции, необходимые для функционирования системы, обеспечивающей взаимодействие различных аппаратных устройств в реальном времени. Фактически АДСИ являлась частью системы рабочих программ «Пульт», но представляла собой отдельный программный модуль, транслируемый и загружаемый в память УИП независимо от других программ. Разработка АДСИ УИП велась под руководством С. Л. Подгорновой и А. М. Берёзко, отдельные программы писались группой молодых программистов, особенно большой вклад внесли Ю. Давыдов, А. Жукова, С. Попов, А. Шунаев. Программы обмена с внешними устройствами УИП, устройствами из состава МВК Эльбрус, также вошедшие в состав АДСИ, были написаны Л. Карповым. Огромную работу по написанию программ связи с процессорами передачи данных и с памятью МВК Эльбрус провёл прикомандированный к группе разработчиков аппаратуры УИП В. Мартышов.

Программы, входившие в состав АДСИ, предназначались для поддержки псевдопараллельной работы независимых процессов, организации каналов передачи данных между процессами, выполнения отдельных вспомогательных функций. Доступ к программам и информационным таблицам АДСИ осуществлялся по-разному. Некоторые программы были доступны посредством вектора адресов, размещённого по согласованному фиксированному адресу (0x0104), другие вызывались командами экстракодов через вектор экстракодов (0x0080-0x00BF).

Всего было реализовано около 60 подпрограммы, 32 наиболее часто используемых из которых вызывались через экстракоды. К таким важнейшим системным программам были, например, отнесены:

- 00 – создать процесс;
- 02 – запустить процесс;
- 03 – приостановить активный процесс и запустить процесс из очереди;
- 07 – соединить процесс с каналом связи;
- 11 – получить элемент данных через канал связи между процессами;
- 14 – выдать элемент данных в канал связи между процессами;
- 19 – ждать прерывания от канала;

- 28 – остановить канал и выдать прерывание.

Вспомогательные программы, дополняющие системные экстракоды, предназначались для выполнения преобразований из двоичной системы счисления в десятичную и шестнадцатеричную (а также обратно), они обеспечивали доступ к некоторым глобальным таблицам, содержащим информацию о состоянии каналов ввода/вывода УИП МВК, реализовали программы драйверов внешних устройств УИП (например, пишущей машинки, АЦПУ, дисков и магнитных лент), а также устройств МВК Эльбрус.

Система рабочих программ «Пульт» УИП

Разработанная в ИТМ и ВТ Л. Е. Карповым система рабочих программ (СРП) «Пульт» [10] предназначалась для реализации основной функциональности рабочего места оператора инженерного пульта, то есть инженера-наладчика, выполнявшего диагностику, ремонт и наладку устройств, составляющих МВК Эльбрус. Аппаратура УИП позволяла одновременно иметь до 4-х независимых рабочих мест, каждое из которых могло оборудоваться несколькими алфавитно-цифровыми дисплеями (от одного до четырех на рабочее место), общего для всех алфавитно-цифрового печатающего устройства (электрическая пишущая машинка или быстрое печатающее устройство – АЦПУ), а в качестве внешнего хранилища информации инженеры в своей работе могли использовать до 4-х накопителей на гибких магнитных дисках (с 7-дюймовыми съёмными дискетами ёмкостью около 300 Кб) и магнитофон для сменных магнитных лент.

По своим техническим характеристикам СРП представляла собой операционную систему реального времени, обеспечивающую параллельную работу всех рабочих мест (*рис. 1*). Необходимость создания СРП «Пульт» стала понятной при анализе тенденций развития быстродействующих ЭВМ, разрабатывавшихся в ИТМ и ВТ АН СССР. В современной терминологии институт специализировался на разработке элементной базы, архитектуры, аппаратуры и базового системного программного обеспечения суперЭВМ. Создание ЭВМ велось непосредственно в лабораториях института, где создавался опытный образец машины и проводилась его наладка, по результатам которой создавался комплект технической документации, передававшийся на заводы-изготовители для производства сначала опытных серий, а потом и полноценных серийных образцов.

До появления интеллектуальных инженерных пультов постоянное усложнение создаваемой аппаратуры требовало от инженера-наладчика при наладке и проведении необходимого ремонта какого-либо из устройств всё более тяжёлого ручного труда. В особенности важной стала разработка интеллектуального пульта для многопроцессорных вычислительных комплексов, разработка которых велась в ИТМ и ВТ. К работам по автономной наладке отдельных устройств добавилась необходимость отлаживать нетривиальные межпроцессорные связи, состояния которых невозможно отследить с помощью традиционных пультов, жёстко связанных с каждым отдельным процессором.

Переход от старых традиционных пультов к работе с УИП похож на переход от аналоговой вычислительной техники к цифровой и поставил перед разработчиками целый ряд проблем, одной из которых было создание системы реального времени, обеспечивающей параллельную работу нескольких инженеров-наладчиков с разными устройствами МВК.

В качестве отправной точки было решено использовать простую имитацию традиционного инженерного пульта ЦП МВК Эльбрус. На экране АЦД строилась картинка, весьма похожая на то, что видел раньше перед собой оператор пульта (*рис. 3*). Управление устройствами МВК велось через клавиатуру АЦД: инженер, работавший через УИП, вводил в позиции на экране, соответствовавшие управляющим регистрам, новые значения, которые затем программой чтения с экрана АЦД вводились в память УИП и преобразовывались в управляющие сигналы, выдаваемые через каналы связи УИП с устройствами МВК. Расчёт делался на то, что в процессе опытной эксплуатации УИП и СРП «Пульт» будут выработаны дополнительные требования, что в результате и произошло. Программа очень быстро переросла простой инженерный пульт центрального процессора: почти сразу с началом разработки СРП была реализована возможность организации работы инженера-наладчика с одновременным отслеживанием состояний нескольких центральных процессоров (на практике – двух, так как в состав опытного рабочего места были включены два алфавитно-цифровых дисплея, АЦД).

```

09.04.1984. 13-08. Э-1 ВЕРСИЯ 09.04.84. РАБОТА С ЦП 0. ШАБЛОН 01.
Ч.ТТ М 00 08 16 24 32 40 48 56 ЗЦО Ч АСТ АВОСТЫ
0.00 0 00 00 00 00 05 00 00 00 000 0 001 ПОК 4-00 УВ/ДОЧ 2/А ОЧ12 1 ТАЙМ 0
0.00 0 00 00 02 80 05 00 3С 00 000 1 040 ТР 1-01 УВД 4 Ч/Н 12/02 ТИИ ОС 0
1.26 2 55 55 54 15 5F 55 41 55 010 0 091 АД1 4-01 УВС С Ч/Н 05/00 ТП ОС 0
0.00 0 00 00 03 00 F0 00 00 00 000 0 060 АД3 0-02 УДС 5 СДО 1 ССО 0 ТО ОС 1
1.77 0 FF FF F0 3F F0 FF FF FF 111 1 160 РКУ 3-02 УВВ 0 Ч/Н 02/1С ТЗО ОС 0
0.00 0 00 00 00 00 0F 00 00 00 000 0 001 ОЦ2 2-03 ТИП ОЧ Ч/Н 18/00 Ц УП 0
0.00 0 00 00 03 00 00 00 00 00 000 0 060 АДР 5-03 АЗ ОЧ Ч/Н 10/0А ИБП УП 0
1.77 3 FF FF F0 3F F0 FF 07 FF 111 0 180
КОП А1 А2 А3 КОНСТ БК 98.1
РКУ 125 02 12 18 РКУ 8A2501A1 24129090 МА А424А424.1 РПБ 0.Е1120
РКА 0F0 42 50 0A РКА 11499С МАВ 1 КОП МА 192 СЧК 02.49484
РДК 115 020 1A2 0D6( ВЕЛ ) ЗН 0 МАВН ФА 92909.0 АРСЧК 2
ИВК 0214.0 -ПРЕР 1.37(АВ.ПРОЦ) МВН 0 КОП ФА 290 СЕГМЕНТ 125
ИДК 0526.2 ПРСТ 0.22 ПРИВВ 2 МПРОГ 2 ААЧ ФА 10.02 АР ФА 0.09 ЛУ 12 КЛ ЗН 1
СЧБК 2.2 ПРВОЧ11.10 ПРЦП 0 СВУ:СЛ 1 УМ 0 РКФП 1204А521
..... ПР 1 ЛОГ 0 РКФ 9.125
СЕГМЕНТ 000 СИНХРОНИЗАЦИЯ 0000 БЛАВАР . ИНД1 РЕЖИМ 0
ОСТАНОВ 0000.0 ДЛИНА ЦИКЛА 0000 ОСТАВАР .ЗАН:ДЛ 1 ПП 0 ПП ( ВХОД2 )
ПРЕДЕЛ 0000 РЕЖИМ АВТ СОВМ . ЗП 1 ВЗ 0 ЗНАЧВХ ПЛ 2
НАЧАЛО 0000.0 . ОС 0 ВЕРТ 1 СЧЛУ 16
БАЗА 000000 . С16 1 С32 1

```

Рис. 3. Состояние стека и внутренних регистров ЦП Эльбрус-1, показанное с помощью шаблона имитации традиционного пульта

Начальный вариант программной системы «Пульт» был включён в состав тестового монитора ДИНАЛ, уже функционировавшего на УИП МВК и служившего для автономной наладки самого УИП и каналов связи с устройствами МВК Эльбрус, а также с аппаратурой контроля технического состояния (АКТС) МВК. С помощью ТМ ДИНАЛ можно было запустить одновременно до четырёх автономных (псевдопараллельных) процессов СРП «Пульт», распределив между ними до 16-ти АЦД группами до 4-х АЦД на один процесс (на одно рабочее место).

Один из АЦД на каждом рабочем месте при запуске программы объявлялся управляющим. Именно на нём с помощью подключённой к нему клавиатуры должен был работать инженер-оператор УИП. Остальные АЦД (их экраны, так как дополнительные клавиатуры не использовались) выполняли вспомогательные функции. С их помощью можно было, например, организовывать некоторое подобие традиционного пульта, отображая там по приказам оператора постоянно изменяющееся состояние выбранного устройства МВК или АКТС.

Распределяя экраны вспомогательных АЦД по рабочим местам в соответствии с начальными указаниями от ТМ ДИНАЛ, СРП «Пульт» создавала группы вспомогательных псевдопараллельных процессов, которые в дальнейшем работали, переключаясь с помощью системных процедур, входивших в состав административной системы АДСИ. Дополнительно создавались два общих вспомогательных фоновых процесса – процесс отслеживания текущего времени на УИП МВК и дежурный процесс АКТС.

Для реализации счёта времени в аппаратуре УИП МВК имелось специальное оборудование – регистр счётчика времени и аппаратура перехвата прерываний от внутреннего тактового генератора. Взаимодействуя с временным процессом, остальные процессы имели возможность сопровождать все выдаваемые ими сообщения операторам сведениями о том, когда именно произошло то или иное событие.

Такая возможность была особенно важна для дежурного процесса, который работал в фоновом режиме без вмешательства операторов. Этот процесс был предназначен для работы в тесном контакте с АКТС, с помощью которой им велась регистрация сбоев систем охлаждения и электропитания. При обнаружении неисправности в одном из шкафов МВК на АЦПУ УИП могло выдаваться сообщение о характере сбоя (рис. 4). Предполагалось, что такая работа должна будет проводиться в отсутствие персонала, что и приводило к важности сопровождения сообщений о сбоях информацией о дате и времени регистрации неисправностей.

Работа операторов СРП «Пульт» была связана с исследованием состояния устройств МВК, отображаемом на экранах АЦД по заранее составленным шаблонам. Велась эта работа вводом директив с параметрами (параметром мог быть, например, номер устройства МВК: «1ЦП») или нажатием функциональных клавиш (клавиатура использовавшихся АЦД ЕС 7065 допускала до 32 таких клавиш). Шаблоны, включённые в систему, хранились в архиве на магнитном диске, и подкачивались в оперативную память при необходимости. На каждую копию управляющего процесса в оперативной памяти УИП МВК в оперативной памяти могли одновременно находиться несколько шаблонов: один для показа на

управляющем экране, еще 3 для просмотра состояний устройств МВК на вспомогательных экранах соответствующего рабочего места.

ДАТА РАБОТЫ 25.04.1984. ВРЕМЯ ВЦ 20-40.
ШКАФ 15 УП4К 11 АВАРИЯ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ МОДУЛЯ 1

ДАТА РАБОТЫ 25.04.1984. ВРЕМЯ ВЦ 20-40.
ШКАФ 15 УП4К 44 ПРОВЕРЬ НОМИНАЛ +12.00 (+11.07)

ДАТА РАБОТЫ 25.04.1984. ВРЕМЯ ВЦ 20-40.
ШКАФ 24 ПВВ 59 ПРОВЕРЬ НОМИНАЛ + 5.00 (+ 2.99)

ДАТА РАБОТЫ 25.04.1984. ВРЕМЯ ВЦ 20-41.
ШКАФ 36 ЦП 63 ПРОВЕРЬ НОМИНАЛ + 5.00 (+ 0.27)

ДАТА РАБОТЫ 25.04.1984. ВРЕМЯ ВЦ 20-41.
ШКАФ 39 УИП 34 ПРОВЕРЬ НОМИНАЛ + 5.20 (+ 4.99)

Рис. 4. Диагностические сообщения фоновго процесса контроля технического состояния устройств МВК Эльбрус

Всего к моменту проведения Государственных испытаний УИП и СРП «Пульт» было создано шесть шаблонов для показа состояния и управления ЦП Эльбрус-1, 1 шаблон для ППД, 4 шаблона для ПВВ, 2 шаблона для показа содержимого памяти МВК, 3 шаблона для АКТС (рис. 5 и рис. 6) и два шаблона для демонстрации состава и конфигурации МВК.

09.04.1984. 13-08. Э-1 ВЕРСИЯ 09.04.84. РАБОТА С АКТС ШАБЛОН 02.
ШКАФ ХХ (ЦП2) ВЫКЛЮЧЕН. ПФК С КОНФИГУРАЦИЯ ХР-Х.

****ОБНАРУЖЕНА АВАРИЯ ИСТОЧНИКОВ
*****ДАВЛЕНИЕ МЕНЬШЕ НОРМЫ! ПИТАНИЯ МОДУЛЯ 0
***ТЕМПЕРАТУРА БОЛЬШЕ НОРМЫ!
****ЗАФИКСИРОВАН НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫЙ ДОСТУП!
***ЗАФИКСИРОВАНА АВАРИЯ ВЕНТИЛЯЦИИ!
ВНИМАНИЕ! ***ТРЕБУЕТСЯ ЗАМЕНА ФИЛЬТРА!
*****НЕТ ОПЕРАТИВНОГО НАПРЯЖЕНИЯ!

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ НЕ В НОРМЕ:

В ОДНОМ ИЗ ШКАФОВ КОМПЛЕКСА ОТКРЫЛАСЬ ДВЕРЬ
ИЛИ ПРОИЗОШЛА АВАРИЯ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ!

ПЕРЕГРУЖЕНЫ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ:

Рис. 5. Техническое состояние устройства ЦП Эльбрус-1, показанное с помощью запроса к АКТС

09.04.1984. 13-08. Э-1 ВЕРСИЯ 09.04.84. РАБОТА С АКТС ШАБЛОН 02.
ШКАФ 24 (ПВВ1) **ВКЛЮЧЕН**. ПФК В **КОНФИГУРАЦИЯ** ХР-Х.

АВАРИЯ ИСТОЧНИКОВ
ДАВЛЕНИЕ В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ. ПИТАНИЯ НЕ ЗАФИКСИРОВАНА.
ТЕМПЕРАТУРА В ПРЕДЕЛАХ НОРМЫ.
ДВЕРЬ ШКАФА ЗАКРЫТА.
АВАРИЯ ВЕНТИЛЯЦИИ НЕ ЗАФИКСИРОВАНА.
ЗАМЕНА ФИЛЬТРА НЕ ТРЕБУЕТСЯ.
ОПЕРАТИВНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ В НОРМЕ.

Рис. 6. Техническое состояние устройства ПВВ Эльбрус, показанное с помощью запроса к АКТС

Шаблоны представляли собой последовательности описания точек экрана (24 строки по 80 символов на каждой) с указанием экранных координат точки, номера формирующей высвечиваемый символ программы и параметров, передаваемых этой программе, вид и число которых зависели от метода формирования символьного значения по указанным координатам. Всего было написано 36 программ формирования символов, среди которых были, в частности, такие:

- 01 – построение четверичной цифры по двум разрядным дескрипторам;
- 02 – построение восьмеричной цифры по трём разрядным дескрипторам;
- 09 – передача шестнадцатеричной цифры с экрана на управляющие регистры устройства по четырём разрядным дескрипторам;
- 12 – построение символьной строки по заданной таблице и дескрипторам;
- 26 – построение 64-разрядного шестнадцатеричного числа по дескрипторам;

Инженеры, участвовавшие в работах по наладке и сопровождению МВК Эльбрус, установленном в машинном зале ИТМ и ВТ, с большим трудом признавали достоинства нового подхода к построению инженерных пультов. Но именно на облегчение их труда была направлена работа разработчиков аппаратуры и программного обеспечения УИП. С самого начала Главный конструктор МВК Эльбрус сформулировал задачу таким образом: необходимо сделать так, чтобы УИП понравился разработчикам МВК и сменным инженерам, работавшим в машинном зале. Эта задача по началу казалась невыполнимой, так как, например, такой инженер, как А. К. Ким (ныне директор ИНЭУМ имени И. С. Брука) работал на традиционном пульте так, что про него говорили: «Он будто на фортепиано играет». Но ситуацию удалось переломить.

Критикуя программный пульт, инженеры говорили, что цифровое представление некоторых регистров и триггеров центральных процессоров МВК, трудно для быстрого восприятия, так как все привыкли к тем световым картинкам, которые возникают на транспарантах традиционного пульта. В частности, если операционная система при аварии аппаратуры записывает в стек специальный код причины останова, то на пульте зажигается надпись «СТОП» и рядом код, по которому можно разобраться в ситуации. Все были приятно удивлены, когда в течение получаса в СРП «Пульт» был вставлен новый шаблон (рис. 8), показывавший 8 верхних слов стека в виде, имитирующем горящие лампочки, что потребовало написать всего лишь одну дополнительную процедуру показа. После этого все поняли, что УИП МВК может не только выдавать перфоленты со старыми тестами, которые могли бы заменить уже изношенные ленты, использовавшиеся несколько месяцев, но и оказывать реальную помощь инженерам, быстро адаптируясь к их постоянно растущим требованиям.

09.04.1984. 13-08. Э-1 ВЕРСИЯ 09.04.84. РАБОТА С ЦП 0. ШАБЛОН 06.

СОСТОЯНИЕ СТЕКА ПРОЦЕССОРА

0 1 2 3 4 5 6

T012345 01234567890123456789012345678901234567890123456789012345678901234567890123

```
*****  
*****  
*****  
*****  
*****  
*****  
*****  
*****  
*****  
*****  
*****  
*****  
*****  
*****
```

Рис. 7. Состояние стека ЦП Эльбрус-1 в виде цепочек битов

Сразу посыпались новые предложения, среди которых были, например, и такие как встраивание в СРП «Пульт» потактового интерпретатора процессора передачи данных, который можно будет использовать

для получения эталонных состояний и сравнения с ними реальных значений регистров ППД. Тогда же началась работа над созданием библиотеки тестов, которую предполагалось разместить на дисках УИП МВК.

Заключение

Системным программистам пришлось много поработать, чтобы создать процедуры, эквивалентные игре А. К. Кима на тумблерном поле, как на пианино. К сожалению, после успешных испытаний работа над УИП МВК была остановлена. Сейчас очевидно, что естественное развитие предложенных в конце 1970-х годов методов и подходов к настоящему времени привело бы к существенному прорыву в области повышения надежности высокопроизводительных вычислительных машин (в современной терминологии – суперЭВМ). Современные методы искусственного интеллекта прекрасно вписываются в намеченные тогда планы общего развития подхода к автоматизации наладки и ремонта аппаратных устройств. Нет сомнения, что остановка процесса разработки собственных вычислительных машин в СССР не была связана с отсутствием собственных идей у разработчиков отечественной вычислительной техники. Лишь политические процессы и навязанная прямыми зарубежными конкурентами техническая политика 1990-х годов вынудили отечественных разработчиков остановить свои работы.

Полномасштабное возобновление программы развития отечественной вычислительной техники превратилось в задачу будущего, и, хочется надеяться, не столь уж и далекого.

Литература

1. В.Н. Лаут, В.М. Фельдман, А.Е. Ширай, Устройство для обработки информации, Авторское свидетельство № 993262 СССР, МКИ G 06 F 9/36, по заявлению от 11 сентября 1981 г., опубликовано 01.02.1983 г., бюллетень № 4, <http://www.findpatent.ru/patent/99/993262.html>
2. А.Н. Болдов, Л.Х. Ротастикова, В.М. Фельдман, А.Е. Ширай, Универсальный инженерный пульт МВК «Эльбрус», М., ИТМ и ВТ АН СССР, препринт № 1, 17 с., 1982.
3. В.М. Фельдман, Аппаратно-программная система технического обслуживания многопроцессорного вычислительного комплекса, в кн: Тез. конф. молодых специалистов и членов НТОРЭС им. А.С. Попова, М., ИТМ и ВТ АН СССР, 1983.
4. В. М. Фельдман, Особенности включения сервисного процессора в многопроцессорный вычислительный комплекс, в кн: Тез. конф. молодых специалистов и членов НТОРЭС им. А. С. Попова, М., ИТМ и ВТ АН СССР, 1985.
5. В. М. Фельдман, Структура, алгоритмы работы и пути использования сервисного процессора для технического обслуживания многопроцессорного вычислительного комплекса. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, М., ИТМ и ВТ АН СССР, 22 с., 1987.
6. Л.Е. Карпов, А.Е. Ширай, Сервисный процессор МВК Эльбрус-1 и Эльбрус-2. В этом издании.
7. William M. Waite, Implementing Software for Non-Numeric Applications, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1973.
8. Л.Е. Карпов, Реализация мобильной программной системы, в кн: Тез. конф. молодых учёных и специалистов, М., ИТМ и ВТ АН СССР, 1976.
9. А.М. Березко, Е.С. Кусиков, Д.Б. Подшивалов, Ю.А. Французов, Построение и реализация Автокода для модульного программирования, в кн.: Тез. Всес. конф. по методам трансляции, Н., 1981.
10. Л.Е. Карпов, Программная система – Универсальный инженерный пульт МВК «Эльбрус», М., ИТМ и ВТ АН СССР, препринт № 13, 24 с., 1984.

Разработка системы нормативно-технической документации при создании ЕС ЭВМ

Квасницкий Виктор Николаевич, д.т.н.

Об авторе: 1961–1972 – начальник базового отдела стандартизации НИЦЭВТ. В 1968 г. защитил диссертацию на тему: «Выбор и исследования объектов стандартизации при проектировании ЭВМ третьего поколения для обеспечения совместимости». Идея опережающей стандартизации была изложена им в «Аванпроекте ЕС ЭВМ» отдельной главой. Это предопределяло возможность одновременной разработки и производства изделий ЕС ЭВМ во всех странах СЭВ, а также на НИИ, КБ и заводах СССР. Стандарты в качестве отраслевых разрабатывались в базовом отделе НИЦЭВТ, согласовывались со всеми странами СЭВ (на совете СЭ) и издавались во всех странах СЭВ на национальных языках. Руководитель разработки, проводил семинары по разработке документации в ГДР, Болгарии, Минске, Ереване и др. Разработанная система НТД используется по сей день. Все машины и устройства имеют единую индексацию, все интерфейсы стандартные, единая документация от ТЗ до эксплуатационной. Работы по опережающей стандартизации финансировались Минрадиопромом (главк ВТ, начальник главка – Семиков Юрий Тимофеевич, куратор – Кустуш Павел Михайлович). В различных научных изданиях встречается утверждение, что идея опережающей стандартизации реализована в США в начале двадцать первого века. По мнению автора, приоритет принадлежит СССР, а именно НИЦЭВТ.

Шестидесятые годы двадцатого столетия ознаменовались достаточно серьезным развитием средств электронной обработки информации во всем мире. Не отставал от них и Советский Союз. Многие научно-исследовательские институты, конструкторские бюро и т.п. проектировали и изготавливали вычислительные машины, в том числе и большие, по оценке того периода времени. К середине 60-х годов в СССР использовалось свыше 20 различных отечественных ЭВМ, а количество каждого вида не превышало нескольких десятков. Первые машины, так называемые, первого поколения были ламповыми, потребляли достаточно много энергии, требовали дополнительного охлаждения и значительных площадей для установки. Главным же недостатком была их несовместимость по всем параметрам: техническая, программная и информационная.

Однако, серьезное научно-техническое развитие во всех областях, включая экономику, сельское хозяйство, метеорологию, тормозилось из-за отсутствия технических средств для производства быстрых и точных расчетов. При этом требовались совместимые ЭВМ, выпускаемые серийно. Для решения проблемы была разработана программа создания Единой системы ЭВМ (ЕС ЭВМ) – машин третьего поколения. В таких машинах в первую очередь нуждались Госплан ССР, ЦСУ, все институты Академии наук, вузы, правительства союзных республик, все силовые министерства, разработчики крупных проектов в области космонавтики, ядерной энергетики и др. Для этого необходимо было опережающее создание системы совместимых вычислительных машин. Предполагалось, что разработка и производство ЭВМ будет одновременно осуществляться во всех странах СЭВ по единой конструкторской и технологической документации

Советский Союз в то время был основным звеном Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ) и создание системы совместимых ЭВМ должно было охватить и страны СЭВ: Болгарию, Венгрию, ГДР, Польшу и Чехословакию, у которых были возможности для создания и производства как собственно ЭВМ, так и отдельных устройств и элементной базы для них. Для такого успешного взаимодействия необходимо было создание системы нормативно-технической документации, обеспечивающей все основные аспекты создания семейства совместимых электронных вычислительных машин. Был предложен метод опережающей стандартизации, определяющийся тем, что разработка стандартов и других нормативных документов предваряет сам процесс проектирования, изготовления изделий или решения определенной проблемы.

Направления стандартизации ЕС ЭВМ и методы проведения работ по стандартизации определялись особенностями ЕС ЭВМ. ЕС ЭВМ характеризуется следующими признаками: большой сложностью каждого изделия; значительным количеством взаимозаменяемых изделий, имеющих самостоятельное эксплуатационное назначение; возможностью построения любых конфигураций моделей ЭВМ с изменениями в широких пределах по составу входящих в них устройств; широким участием в разработке ТС ЕС ЭВМ и математического обеспечения большого числа предприятий как в СССР, так и в социалистических странах; ориентацией на возможность автоматизированного и полуавтоматизированного составления документации.

В связи с вышеизложенным, необходимо установление наиболее общих требований к разработке в целом по всем проектируемым устройствам, к документации и т.п. и их регламентация до начала проектирования. Это было обеспечено на основе опережающей стандартизации. Основным принципом опережающей стандартизации является опережение работ по стандартизации того этапа создания системы или отдельных ее частей, на который распространяются стандарты. Это, например, означает, что стандарты на правила выполнения технических заданий разрабатываются до этапа технического проектирования, стандарты на правила выполнения конструкторской документации – до этапа рабочего проектирования и т.д. Опережающие стандарты, как правило, разрабатываются на стабильные объекты, не меняющиеся как на протяжении разработки и производства данного вида изделий, так и других изделий в последующие периоды. Объекты стандартизации ЕС ЭВМ определяются на основании заданного уровня стандартизации и унификации, изложенного в документе «ЕС ЭВМ. Общие технические требования», а также научно-технического прогноза стабильности объекта или динамики его изменения.

В основу разрабатываемых стандартов ЕС ЭВМ положены принципы и положения, позволяющие проведение автоматизированного проектирования и оформления конструкторской документации. Единая система электронных вычислительных машин должна представлять собой комплекс совместимых вычислительных машин третьего поколения, предназначенных для решения широкого класса научно-технических и экономических задач. Эти вычислительные машины ориентированы и на использование в автоматизированных системах управления. Модульная структура конструкции ЕС ЭВМ в сочетании с совокупностью стандартных интерфейсов между каналами и устройствами управления внешними устройствами (УВУ), между УВУ и внешними устройствами, интерфейсами прямого управления и питания позволяет потребителям выбрать необходимую конфигурацию вычислительной машины любой модели в полном соответствии с требованиями решаемых задач и с учетом развития системы в будущем. При изменении состава задач и при появлении новых требований к существующей конфигурации ЭВМ легко могут быть добавлены новые внешние устройства или произведена замена процессора более мощным. Возможность изменения конфигурации машин в процессе эксплуатации способствует также предотвращению морального устаревания ЭВМ.

ЕС ЭВМ представляет собой совокупность технических и программных средств, на базе которых создан типовой ряд ЭВМ третьего поколения. В состав технических средств (ТС) входят процессоры с различной производительностью, каналы мультиплексный и селекторный, большая номенклатура внешних устройств различного назначения (устройства ввода-вывода), накопители на магнитных дисках, лентах, барабанах, устройства подготовки данных и др. Концепции, на основании которых создана ЕС ЭВМ, дают возможность совершенствовать ее в дальнейшем как в части технических средств, так и математического обеспечения.

Эти концепции следующие:

- программная совместимость отдельных моделей ЭВМ, обеспечивающая преемственность программ при переходе с одной модели на другую;
- стандартность сопряжения внешних устройств с каналами ввода-вывода, обеспечивающая возможность подключения большого парка устройств этого вида;
- возможность объединения нескольких ЭВМ в одну систему;
- создание системы математического обеспечения на уровне единых операционных систем;
- способность работы в системах управления в реальном масштабе времени;
- применение в системе последних технологических достижений в области микроминиатюризации электронных схем, позволяющих совершенствовать структуру ЭВМ, повышая ее возможности, производительность и надежность.

Каждая из моделей ЭВМ имеет минимальный состав технических средств, достаточный для функционирования соответствующей операционной системы и удовлетворяющий основную массу потребителей. Именно такие ЭВМ рассчитаны на серийное производство. Одним из важнейших достоинств всех моделей ЕС ЭВМ является их программная совместимость, что позволяет разрабатывать программы вне зависимости от конкретного типа ЭВМ и ее конфигурации, использовать общие операционные системы, создавать единый фонд пакетов прикладных программ и др.

Каждая из моделей ЕС ЭВМ построена однотипно. Внешние устройства подключаются к процессорам через специальные устройства обмена – каналы, которые образуют стандартную систему сопряжения – интерфейс ввода-вывода. Таким образом, стандартизация системы интерфейсов обеспечит возможность формировать из различных устройств конкретных ЭВМ, ориентированных на решение

имеющихся задач. К ним относятся интерфейс прямого управления, интерфейсы ввода-вывода (селекторный и мультиплексный) и интерфейс питания.

Практически интерфейс представляет собой унифицированное многоконтактное разъемное кабельное соединение, по которому передаются все необходимые сигналы управления и данные, имеющие соответствующие функциональные, временные и электрические параметры, однозначно воспринимаемые только тем внешним устройством, которому они в данный момент предназначены. Ответные сигналы управления и данные от внешнего устройства поступают к процессору. Такой состав стандартных интерфейсов позволяет формировать различный состав ЭВМ, а также осуществлять их реконфигурацию в процессе эксплуатации. Проектирование, производство и эксплуатация ЭВМ единой системы в разных странах СЭВ потребовало принципиально нового подхода к системе документации нормативно-технической, конструкторской, технологической и эксплуатационной.

К нормативно-технической документации относятся стандарты всех категорий, которые устанавливают необходимую совокупность норм, правил и требований, обязательных при проектировании, изготовлении и эксплуатации технических средств ЕС ЭВМ. Конструкторская документация представляет собой совокупность документов, которые полностью и однозначно определяют необходимые данные для изготовления, наладки, приемки, эксплуатации и ремонта технических средств ЕС ЭВМ. Основными задачами, которые решались при разработке документации вычислительных машин третьего поколения, были:

- всемерное сокращение сроков проектирования и подготовки производства при запуске изделий ЕС ЭВМ в серию;
- обеспечение совместимости технических средств;
- обеспечение агрегатного построения моделей ЕС ЭВМ;
- достижение единства разработок между всеми предприятиями, ведомствами и странами, принимающими участие в создании ЕС ЭВМ;
- получение необходимых качественных показателей всех изделий ЕС ЭВМ и контроль этих показателей;
- обеспечение единства эксплуатационной документации по номенклатуре и правилам выполнения вне зависимости от организации-разработчика и предприятия-изготовителя;
- создание конкурентоспособных ЭВМ для внешнего рынка;
- удешевление создания и производства элементов машин и ЭВМ в целом.

Для выполнения этих задач была создана система нормативно-технической документации ЕС ЭВМ, включающая как государственные, так и отраслевые стандарты, специально разработанные для ЕС ЭВМ. Отраслевые стандарты ЕС ЭВМ направлены на обеспечение технической, программной и информационной совместимости. Для достижения высокого уровня стандартизации система нормативно-технической документации разработана по нескольким основным направлениям.

1. Обеспечение агрегатного метода построения технических средств ЕС ЭВМ, а также технической и функциональной совместимости устройств.
2. Единообразие выполнения документации и представления информации в ней: условных графических обозначений, идентификации составных частей, сигналов и др.
3. Установление единства номенклатуры и правил выполнения конструкторской документации при одновременном максимальном сокращении сроков проектирования за счет применения автоматизации проектирования и сокращения ручного труда.
4. Обеспечение надежности изделий. Установление и регламентирование параметров надежности и методика их расчета и проверки.
5. Установление системы кодов и терминов для достижения информационной совместимости.
6. Стандартизация конструктивной и элементной базы, установление конструктивной модульности, унификация элементов конструкций, сокращение номенклатуры применяемых электрорадиоэлементов, материалов и др.
7. Установление единых требований эргономики, технической эстетики и связанных с ними конструктивных элементов для придания ЭВМ и устройствам современного вида, способствующего конкурентоспособности ЭВМ на внешнем рынке.
8. Обеспечение единства разработок всех соисполнителей и установление взаимопонимания в широком смысле этого слова. Единство и взаимопонимание достигается установлением общих технических требований, правил приемки и методов испытаний опытных образцов, общей и однозначной терминологии, системой адресации элементов конструкций, системой индексации изделий и единой номенклатуры и правил выполнения программной документации систем математического обеспечения.

Вся нормативно-техническая документация ЕС ЭВМ должна быть создана таким образом, чтобы обеспечить единство разработки технических средств и конструкторской документации на этапе рабочего проектирования. Это в значительной степени позволит избежать переоформления документации при передаче изделий в серийное производство. Исходя из этого был выбран метод создания нормативно-технической документации, сущность которого заключается в том, что разработка стандартов предваряет

сам процесс проектирования нового технического средства или решения определенной проблемы. Из сущности проведения работ по опережающему созданию нормативно-технической документации вытекает, что регламентации в первую очередь подлежат наиболее общие вопросы проектирования и создания изделий, а не сами конкретные изделия. Значит, система нормативно-технической документации ЕС ЭВМ не есть нечто постоянное и полностью законченное, она должна развиваться и совершенствоваться.

Вся техническая документация была разделена на три группы:

1. нормативно-техническая документация (стандарты государственные и отраслевые, стандарты предприятия, руководящие технические и методические материалы и др.);
2. конструкторская документация (схемы, чертежи, таблицы, ведомости, технические описания, инструкции по эксплуатации, технические условия и др.); и
3. технологическая документация (технологические инструкции, маршрутные карты, ведомости материалов и др.).

Нормативно-техническая документация устанавливает состав и единство правил оформления, учета, хранения и составления конструкторской документации, а также требований и норм к изделиям и методам их испытаний.

Разработанные технические средства ЕС ЭВМ имеют высокую степень стандартизации и унификации, которая была обеспечена системой стандартов. Под системой стандартов или системой нормативно-технических документов ЕС ЭВМ понимается комплекс взаимосвязанных стандартов, устанавливающих совокупность норм, правил и требований, выполнение которых позволяет обеспечить совместимость технических средств, агрегатное построение моделей ЕС ЭВМ, единство разработок между всеми предприятиями и ведомствами, принимающими участие в создании ЕС ЭВМ, получение необходимых качественных показателей всех изделий ЕС ЭВМ и контроль этих показателей, удешевление создания и производства ЭВМ и их элементов.

Система стандартов ЕС ЭВМ включала:

- государственные стандарты, определяющие общие правила разработки конструкторской документации;
- государственные стандарты по вычислительной технике, определяющие общие требования к устройствам обработки информации, к различного рода носителям информации, правилам кодирования информации и т.п.;
- отраслевые стандарты ЕС ЭВМ, устанавливающие системную унификацию конструктивных и технологических решений для всех разрабатываемых ТС ЕС ЭВМ;
- совокупность стандартов, определяющих правила выполнения документации математического обеспечения.

Отраслевые стандарты подразделяются на стандарты отрасли – ОСТ4ГО... и стандарты подотрасли вычислительной техники ОСТ4аШО... Стандарты отрасли необходимы для предприятий, разрабатывающих и применяющих изделия в рамках отрасли, а стандарты подотрасли – для предприятий, разрабатывающих и изготавливающих ЕС ЭВМ.

Конструкторская документация.

Состав конструкторской документации на изделия ЕС ЭВМ и правила их оформления регламентируются действующей в СССР Единой системой конструкторской документации (ЕСКД).

ЕСКД согласно ГОСТ 2.001-70 представляет собой комплекс государственных стандартов, устанавливающих единые взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения конструкторской документации, разрабатываемой организациями и предприятиями Советского Союза.

Единые правила и положения ЕСКД обеспечивают:

- возможность взаимообмена конструкторскими документами без их переоформления между предприятиями;
- стабилизацию комплектности, исключая дублирование и разработку не требуемых производству документов;
- возможность расширения унификации при конструкторской разработке проектов промышленных изделий;
- упрощение форм конструкторских документов и графических изображений, снижающих трудоемкость проектно-конструкторских разработок промышленных изделий;
- механизацию и автоматизацию обработки технической документации и содержащейся в ней информации;
- улучшение условий технической подготовки производства и условий эксплуатации промышленных изделий;
- оперативную подготовку документации для быстрой переналадки действующего производства.

Стандарты ЕС ЭВМ базируются на действующих государственных стандартах и утвержденных рекомендациях ИСО и СЭВ, конкретизируют и дополняют отдельные положения ГОСТ, восполняют

государственную систему НТД по ряду объектов стандартизации, не охваченных государственными стандартами; устанавливают правила выполнения ряда специфических документов, характерных для вычислительной техники (диаграммы временные, диаграммы микропрограммной логики, схемы алгоритмов и др.).

Основными объектами стандартизации ЕС ЭВМ являются:

- общие вопросы проектирования (терминология, технические требования, система НТД и др.);
- конструктивно-технологическая база и нормы конструирования;
- элементная база;
- система сопряжения устройств;
- показатели надежности и методы их определения;
- номенклатура и правила выполнения конструкторской документации, условные графические обозначения;
- кодирование информации в документации;
- кодирование информации на носителях и в устройствах передачи данных;
- система математического обеспечения.

Конструктивно-технологическая база и нормы конструирования определяются стандартами, регламентирующими типоразмеры и типовые конструкции модулей всех уровней типового шкафа-стойки: типового элемента замены (ТЭЗ), панели, рамы и стойки с установлением иерархической совокупности модулей в компоновке электронных устройств и блоков, единые унифицированные элементов органов управления, единые требования к стилевому оформлению ТС ЕС ЭВМ, а также установку навесных элементов на платах, перечень материалов, покрытий и др.

Разработка фактического большинства конструкторских документов связана с применением самых различных способов условного обозначения информации. Естественно, при любых сокращениях информации или ее кодировании необходимо обеспечить однозначное восприятие содержания сообщения и его смысловой нагрузки. В нормативно-технической документации ЕС ЭВМ разработана методика кодирования информации, в которой предусмотрена возможность упрощения разработки и чтения документации при построении сложных структурных решений, реализуемых на основе применения микросхем высокой интеграции и наиболее полного использования средств автоматизации проектирования, контроля и изготовления. Особое внимание при этом уделено информации, располагаемой в схемной и табличной документации.

При разработке этой методики принимали во внимание следующие основные положения:

- возможность представления проекта в виде формального описания;
- применение стилизованных графических обозначений и простых ключей кодирования;
- возможность оперативного и однозначного обмена информацией между предприятиями разработчиками и изготовителями.
- выполнение схемной документации.
- Особенностью схемной конструкторской документации ЕС ЭВМ является следующее:
- не составляются принципиальные электрические схемы на электронные устройства; информация об электрических элементах и связях между ними содержится в ряде документов: схеме функциональной на устройство и ТЭЗ, схемах расположения на устройство и принципиальной на ТЭЗ, в таблицах соединений и сигналов;
- не составляется схема соединений, ее заменяет таблица соединений;
- правила построения комплекта схемной документации на модели и устройства ЕС ЭВМ равным образом, как и правила выполнения электрических схем на эти устройства, получили дальнейшее развитие в отраслевых стандартах ЕС ЭВМ. Специфические правила построения и выполнения схемной документации на устройства и модели ЭВМ обусловлены следующими особенностями вычислительных машин, наиболее сложных по сравнению с другими видами радиоэлектронной аппаратуры;
- конструкция устройств моделей ЕС ЭВМ строится на базе единых унифицированных конструктивных элементов. В основу построения базовых конструкций ЕС ЭВМ положен модульный принцип конструирования ЭВМ;
- современные ЭВМ состоят из многих тысяч соединенных между собой элементов при сравнительно небольшом количестве их типов.

Электрические схемы сложных электронных устройств и систем, являющиеся основными документами при разработке, изготовлении, наладке, эксплуатации и изучении изделий, значительно усложнились по содержанию и объему. Применявшийся ранее ручной способ их выполнения требовал больших затрат времени, при этом наблюдалась неизбежность внесения ошибок, на исправление некоторых уходило также много времени.

Как никогда остро встал вопрос о новом подходе к разработке и оформлению схемной документации, основой которого является автоматизация процесса проектирования ряда схемных документов. Отраслевые стандарты ЕС ЭВМ по схемной документации разработаны с учетом требований автоматизации процесса

проектирования, предусматривающей изготовление документации машинным способом. Предпосылкой для автоматического выполнения документации на ЭВМ является высокий уровень стандартизации конструктивных элементов изделия, реализация единых систем адресации элементов конструкций и индексации обозначений этих элементов, а также применение единых по всем схемным документам идентификаторов функциональных частей и сигналов.

Основные принципы построения условных графических обозначений (УГО) для элементов, выполняющих логическое преобразование сигналов, специальных элементов и электрорадиоэлементов, условные обозначения модификаций интегральных схем, разрешенных для применения в разработках и при изготовлении технических средств ЕС ЭВМ, равно как и их перечень, правила выполнения электрических схем (структурных, функциональных, принципиальных). Все правила и положения, необходимые при разработке и выполнении схемной документации моделей и устройств ЕС ЭВМ, изложены в отраслевых стандартах ЕС ЭВМ, что позволило использовать инновационный подход к выполнению схемной документации.

Было создано специальное подразделение для выполнения всей схемной документации, что позволило существенно повысить производительность труда и практически избежать ошибок.

Система индексации изделий ЕС ЭВМ.

В состав ЕС ЭВМ входит большое число различных технических средств с самостоятельным функциональным значением: процессоры, периферийные запоминающие устройства, устройства ввода-вывода, абонентские пункты, сервисное и вспомогательное оборудование для машинных залов и др. В связи с широкой кооперацией при разработке, изготовлении и поставке, в том числе с участием стран СЭВ, требовалось обеспечить единство индексации изделий для достижения централизованного учета, контроля и анализа разрабатываемых изделий.

Необходимость разработки единой системы индексации диктуется наличием многообразия действующих систем классификации изделий и систем обозначений конструкторской документации в разных странах; субъективным подходом к выбору наименования изделий, включающих определения их функционального назначения. Единый классификатор изделий ЕС ЭВМ является одним из регламентирующих нормативных документов ЕС ЭВМ, в его основу положены следующие основные принципы:

- любое изделие обозначается буквенно-цифровым индексом (шифром);
- индекс изделия должен однозначно указывать класс изделий, к которому оно относится с точки зрения его функционального назначения;
- индексы изделия необходимо присваивать с такой степенью централизации, которая позволила бы исключить их дублирование.

Как известно, все множество изделий делится на четыре группы: детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты. Изделия, подлежащие индексированию в ЕС ЭВМ, образуют только две группы: группу комплексов (изделия вида I) и группу сборочных единиц (изделия вида II).

В группе комплексов наименьшей единицей выбрано устройство. Это изделие определено в качестве сборочной единицы, характеризующейся функциональной и конструктивной законченностью, обладающей самостоятельным назначением при эксплуатации. Каждое изделие ЕС ЭВМ, отнесенное к одной из двух групп, подлежит индексированию, при этом все индексы сопровождаются кодом ЕС. Созданная на принципах опережающей стандартизации система нормативно-технической документации позволила разработать и выпустить ЭВМ единой системы. Проектирование и производство машин успешно осуществлялось на различных КБ и предприятиях. Правила выполнения документации, в первую очередь схемной, узаконены Государственным стандартом. Вся нормативно-техническая документация была согласована с представителями стран СЭВ, что позволило успешно осуществить создание Единой системы ЭВМ в заданные сроки.

Литература

Система документации Единой системы ЭВМ. Квасницкий В.Н., Наголкин А.Н., Болотов О.В. и др. М., Статистика, 1975 г.

Вычислительный центр для решения задач планирования экономики страны.

Китов Владимир Анатольевич, к.т.н.
Российский экономический университет им.Г.В.Плеханова, Москва
vladimir.kitov@mail.ru

Кротов Николай Иванович
АНО «Экономическая летопись», Москва
nk@letopis.ru

Ключевые слова: *плановые расчёты, ГВЦ Госплана СССР, ЕГСВЦ, АСПР*

В результате инициатив ряда советских прогрессивных учёных в октябре 1959 года вышло Постановление СМ СССР о создании при Госплане СССР вычислительного центра (ВЦ) для обеспечения компьютерных плановых расчётов. Этот ВЦ (с 1963 года ГВЦ Госплана СССР) просуществовал свыше тридцати лет вплоть до развала СССР в 1991 году. Это был самый крупный ВЦ в СССР, в котором на передовых для своего времени компьютерах над решением разнообразных задач планирования и экономического управления работало порядка тысячи двухсот специалистов.

Предпосылки создания

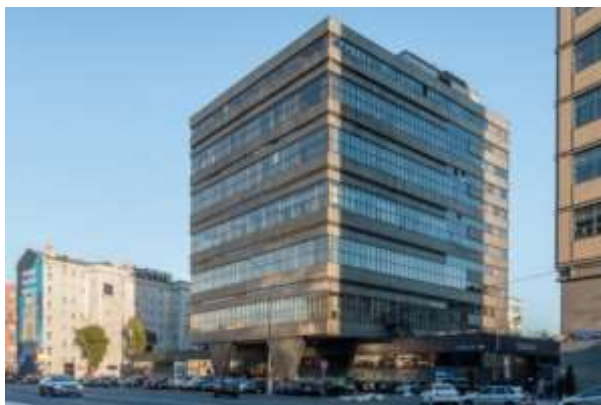
К моменту создания вычислительного центра при Госплане СССР в Советском Союзе уже несколько лет успешно функционировали несколько вычислительных центров. Среди них, в первую очередь следует упомянуть ВЦ №1 Минобороны СССР, ВЦ РАН, НИВЦ МГУ, ВЦ АН УССР, вычислительные центры в Институте прикладной математики, в НИИЭФ (Арзамас-16), в НИИ «Алмаз», в НИИТФ (Челябинск-70).

Во второй половине 1950-х годов советские учёные 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 расчётов при решении задач планирования и экономического управления. Ещё 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 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 г. 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. Всесоюзное издательство «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 расчётов 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 году АН СССР впервые в стране организовала представительную конференцию по математическим методам в экономике. Седьмого 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 экономики путём перехода от административно-командного стиля руководства к научному, базирующемуся на повсеместном использовании экономико-математических методов и ЭВМ, поэтапно объединяемых в ЕГСВЦ. В целом, ЦК КПСС в лице секретаря ЦК КПСС Л.И. Брежнева, ответственного в те годы за научно-техническую политику, отнеслось благосклонно 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 учёные-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 года 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 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».

Первые годы

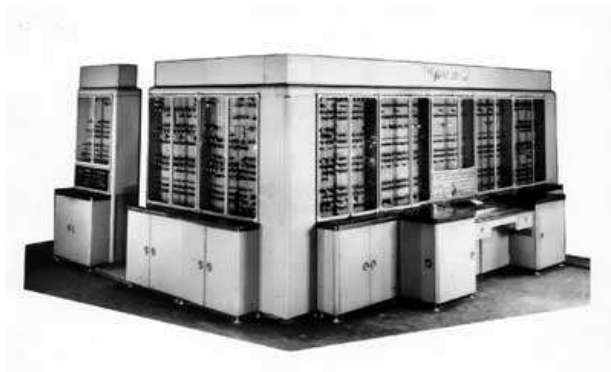
Как результат перечисленных публикаций и инициатив в октябре 1959 года появилось Постановление Совета министров СССР за подписью зам.председателя Совета Министров СССР А. Н. Косыгина, в котором, в частности, говорилось о том, что «в целях внедрения электронной вычислительной техники в практику планово-экономических расчетов» создать при Госплане СССР вычислительный центр. С момента создания этого ВЦ весь 1960 год исполняющим обязанности начальника Вычислительного центра при Госплане СССР был М. Е. Раковский. В 1961 году начальником центра стал Н. И. Ковалев, который был на этой должности до 1971 года. Решением Правительства коллектив центра интенсивно укреплялся (в том числе и из числа военнослужащих), имея через десять 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 года и уже имел к 1960 году большой опыт компьютерных расчётов (например, баллистических расчётов всех первых советских спутников, межпланетных станций и четырёх 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 года 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 РАН (ЦЭМИ АН СССР). Много усилий для его создания затратил В.С.Немчинов – директор организованной им в 1958 году лаборатории экономико-математических методов. Собственно, ЦЭМИ АН СССР и был создан на базе лаборатории В.С.Немчинова. Таким образом, с мая 1963 года ВЦ при Госплане СССР стал называться Главным вычислительным центром (ГВЦ) Госплана СССР на правах его отдела. С таким названием центр просуществовал до 1991 года.



*1971 г. Новое здание ГВЦ Госплана СССР
в доме №45 по ул.Кирова (ныне ул.Мясницкая)*

На начальном этапе своего существования вычислительный центр Госплана СССР был оснащён двумя достаточно простыми ЭВМ «Урал-2» (главный конструктор Б.И.Рамеев, эта ЭВМ производилась с 1959 по 1964 г.).



ЭВМ «Урал-2»

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 расчётов. 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 улице Жданова (сейчас ул.Рождественка) напротив универсама «Детский мир». В 1964 году 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 другими 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 года со всех своих постов Н.С. Хрущёва, помешало реализации этих амбициозных планов.



ЭВМ "Эмидек-2400"

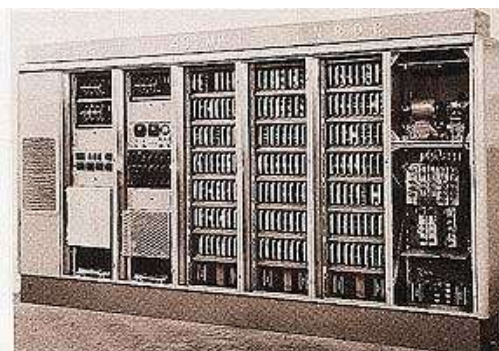
Позже в ГВЦ появилась электронная вычислительная машина «Урал-4», предназначенная для использования в вычислительных центрах промышленных предприятий, НИИ и конструкторских бюро при решении широкого класса планово-производственных и математических задач. ЭВМ «Урал-4» была разработана путём модернизации и расширения некоторых возможностей ЭВМ «Урал-2» (увеличен объём хранимой информации, повышена надёжность работы запоминающих устройств, устройства ввода информации с перфолент заменены на перфокарточные). Обладая восемью магнитными барабанами и двенадцатью НМЛ, ЭВМ «Урал-4» уже могла хранить, по тем временам, значительные объёмы экономических данных. ЭВМ «Урал-4», как и её предшественница в качестве базовых элементов использовала электронные лампы, была с ней полностью программно совместима. Она занимала площадь порядка 250 кв. м. 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 всё время производства ЭВМ «Урал-4» (с 1962 по 1964 год), советской промышленностью было выпущено тридцать её экземпляров.



ЭВМ «Урал-4»

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. Н. И. Ковалев 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 годов в ГВЦ появилась английская вычислительная машина «Elliot 503», в которой основным алгоритмическим языком программирования был Алгол.



ЭВМ семейства «Elliot»

В 1967 году британская компания Elliott Automation была объединена с компанией English Electric. Потом был ещё 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 году получила название International Computers Limited (ICL). ICL была инициативой министра технологии Правительства Великобритании Т.Бенна, который хотел создать британскую компьютерную корпорацию, которая могла бы конкурировать с такими мировыми гигантами, как американская компания IBM.



Периферийные устройства ЭВМ «ICL System 4-70»

Всего британская компания ICL поставила свои мейн-фреймы «ICL System 4» (самостоятельно спроектированные и изготовленные IBM-совместимые клоны) в несколько советских крупных организаций. Это ГВЦ Госплана СССР, ГВЦ Госнабс СССР, ГВЦ Минвнешторга, ВЦ АЗЛК и Институт проблем управления РАН. Британские СМИ тут же запестрели заголовками типа статьи от 1.07.1971 г. «Компания ICL заключила новый контракт с Россией на 5 млн. фунтов стерлингов».



ГВЦ Госплана СССР. Машиный зал компьютеров «ICL System 4»



Последние десять с небольшим лет своего существования ГВЦ Госплана СССР активно использовал ЭВМ Единой Серии.

Автоматизированная система плановых расчётов (АСПР)

Одним из наиболее масштабных проектов ГВЦ Госплана СССР был инициированный в 1970-е годы проект создания автоматизированной общегосударственной системы под названием «Автоматизированная система плановых расчётов» (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. АСПР замысливалась её госплановскими идеологами в качестве одного из базовых блоков единой автоматизированной системы управления народным хозяйством всей страны. По замыслу её создателей, с помощью АПСР 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 счёт системного внедрения ЭВМ и экономико-математических методов в практику планирования в рамках АСПР планировалось повысить оперативность самого процесса планирования и достичь объективности и научной обоснованности при принятии плановых решений. Архитектура АСПР, планировалась состоящей из четырёх классов базовых подсистем: функционального, организационно-

правового, обеспечивающего и развития. Функциональные подсистемы должны были обеспечить разработку отдельных разделов государственного плана. Обеспечивающие 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 её работу средств. АСПР задумывалась как человеко-машинная автоматизированная система, когда плановики в реальном масштабе времени участвуют в ходе выполнения плановых расчётов на ЭВМ, сравнивают полученные результаты вычислений с ожидаемыми и вносят необходимые корректировки в расчётный процесс.



В машинном зале ГВЦ Госплана СССР. Распечатка на АЦПУ результатов выполнения плановых расчётов.

К началу 1971 года в ГВЦ Госплана СССР сформировался сильный подотдел системного программирования под руководством перешедшего из ИПМ РАН к.ф.-м.н. В.И.Собельмана. Высокой профессионализм отличал ведущих сотрудников подотдела Ф.Ф.Шилер, Н.Н.Федулову, Т.М.Старчеус, Ю.Е.Лашкарёва, С.Н.Игнатъева и других. Безусловными авторитетами среди программистов центра были талантливые системщики Анатолий Кострюков и будущий создатель знаменитых антивирусных программ «AidsTest» и «Dr.WEB» Дмитрий Лозинский.



Зам.начальника подотдела программирования Дмитрий Лозинский

ЭВМ и не только

Следует отметить, что ГВЦ был известен не только своими экономическими расчётами государственного масштаба, но ещё и рядом достаточно интересных инициатив, т.к. значительную часть его коллектива составляла молодёжь. В частности, в его стенах трудилась небольшая молодёжная группа под руководством чемпиона мира по шахматам Михаила Ботвинника, которого связывали крепкие научные и дружеские узы с заместителем начальника центра по научной работе, выдающимся учёным в области программирования, д.ф.-

м.н. Николаем Андреевичем Криницким. Молодые сотрудники М.Ботвинника на ЭВМ «ICL System 4», регулярно консультируясь с Н.А.Криницким, отлаживали свои программы, пытались научить компьютер игре в шахматы. Большую роль в координации научной деятельности молодых специалистов центра играл СМС (Совет молодых учёных и специалистов, председатель СМС Яков Уринсон, его заместителями в разные годы были Наталья Ковалёва, Владимир Китов и Сергей Игнатъев).



Будущий министр экономики РФ Яков Моисеевич Уринсон

Усилиями СМС каждый год организовывалась молодёжная 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 зам.начальника центра Николая Андреевича Криницкого, внимательно следившего за научно-производственным ростом молодых специалистов центра.



1972 г. 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

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». Молодёжь ГВЦ наряду с серьёзной работой по обеспечению плановых расчётов, много внимания уделяла общественным мероприятиям, активно принимала участие в днях учёбы комсомольского актива, которые регулярно проводились в каком-либо из трёх 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 Совете экономической взаимопомощи (СЭВ)

В 1971 году вместо Ковалева ГВЦ возглавил Николай Павлович Лебединский, который активно взялся за перевод на единую научную и плановую основу сотрудничество 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 все ВЦ Госпланов союзных республик перевели на ЭВМ системы ЕС. Их производили в Советском Союзе: ЕС-1045 выпускали в Москве, ЕС-1030 в Ереване, ЕС-50 в Минске. Как известно, все эти вычислительные машины были программно-совместимы, но отличались по мощности вычислений, объемам хранимых данных и по набору 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.



*Фидель Кастро в ГВЦ Госплана СССР. Слева от него
Председатель Госплана СССР Н.Н.Байбаков*

В 1978 году, усилиями 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.



Глава ГДР Вальтер Ульбрихт в ГВЦ Госплана СССР



Фидель Кастро и начальник ГВЦ Госплана СССР Н.А. Лебединский

С 1981 по 1984 годы начальник Главного вычислительного центра Госплана СССР работал Владимир Викторович Коссов, который в 1958 году окончил Московскую сельскохозяйственную академию имени К.А.Тимирязева по специальности «Экономика и организация социалистического сельского хозяйства». В 1968 году Учёным Советом МИНХ им. Г.В. Плеханова ему была присуждена ученая степень доктора экономических наук, тема диссертации «Межотраслевые модели». Вот как он сам вспоминает один из эпизодов своей работы начальником ГВЦ: «Я начал свою деятельность в ГВЦ с того, что проводил совещания, где заставлял сотрудников брать социалистические обязательства довести время безаварийной работы ЭВМ до двух часов — чтобы можно было завершить выполнение любой задачи. Встал вопрос, за счет каких резервов это делать. Прежде всего, мы всерьез занялись настройкой машин. В конце концов, от инженеров и программистов удалось добиться надежной работы». В 1984 году во главе ГВЦ Госплана СССР становится ветеран этой организации Владимир Борисович Безруков, который в 1960 году окончил МАИ по специальности «инженер-электромеханик». В.Б. Безруков в 1964 году начал работать в ГВЦ в качестве ст.инженера подотдела электронно-вычислительной техники, где прошёл хорошую школу под начальством Виктора Васильевича Александрова, который в 1950-ые годы 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 году В.Б. Безруков был назначен на должность начальника ГВЦ Госплана СССР. Его деятельность была тесно связана со становлением ГВЦ как крупного центра обработки планово-экономической информации. Активно поддерживал инициативы комсомольского бюро и СМС центра. Последние два года существования Главного вычислительного центра Госплана СССР (1990–1991 годы) его начальником был Н.Н. Барышников.

Заключение

После 1991 года ГВЦ Госплана СССР пережил несколько трансформаций и с 2005 года стал именоваться Аналитическим центром при Правительстве РФ. Необходимо отметить важную роль ГВЦ Госплана СССР, которую он играл в стране в 1960-70-80-х годах 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 ИКТ для экономических и управленческих задач и внедрении в практику перспективных комплексов системного и прикладного ПО. Настоящая статья представляет из себя лишь небольшую толику от того, что должно быть написано об этой уникальной организации, какой был Главный вычислительный центр Госплана СССР. Авторы будут благодарны всем заинтересованным лицам, которые дополняют своими воспоминаниями историю этой замечательной организации.

К истории телемониторов ЭВМ третьего поколения

Китов Владимир Анатольевич, к.т.н.

Российский экономический университет им.Г.В.Плеханова, Москва
vladimir.kitov@mail.ru

Чесноков Андрей Николаевич, ИТ-эксперт

«ГидроИнжиниринг Сибирь»
semeiz@live.ru

Аннотация. В конце 1960-х/начале 70-х годов специалисты осознали, что чисто пакетный режим работы ЭВМ 3-го поколения сильно снижает эффективность их использования. В связи с этим во всех развитых странах мира одним из главных направлений совершенствования системного программного обеспечения стало создание мультитерминальных телемониторов. В статье даётся краткий обзор основных использовавшихся в СССР телемониторов. Значительное внимание уделено отечественному телемонитору ОБЬ, получившему массовое распространение на предприятиях страны. Описываются его основные возможности и влияние, которое он оказал на создание последующих программных продуктов в компьютерную эру, наступившую после ЕС ЭВМ.

Ключевые слова: ЕС ЭВМ, CICS, PRIMUS, DRIVER, КАМА, ОБЬ, БАЙКОНУР, АН2.

Astracts. In the late 1960s / early 70s, specialists realized that the purely batch mode of the 3rd generation computers, greatly reduced the efficiency of their use. In this regard, in all developed countries of the world one of the main directions for improving the system software was the creation of multi-terminal telemonitors. The article gives a brief overview of the main telemonitors used in the USSR. The main attention is paid to the domestic telemonitor OB, which received mass use at the enterprises of the country. Describes its main capabilities and the impact that it has had on the creation of subsequent software products in the computer era that followed the ES computers.

Keywords: ES computers, CICS, PRIMUS, DRIVER, КАМА, ОБ, БАЙКОНУР, АН2.

Введение

Изначально ЭВМ третьего поколения задумывались их создателями для реализации пакетного режима функционирования, при котором каждое из заданий на выполнение на компьютере представляло собой набор перфокарт, содержащих информацию о командах программы, её исходных данных и служебных инструкциях. Каждый пользователь ЭВМ сдавал свой набор перфокарт в службу операторов ЭВМ, в которой все эти полученные наборы объединялись в единый пакет перфокарт, запускаемый для выполнения заданий на ЭВМ. Полученные выходные данные выполнения заданий, как правило, распечатывались на алфавитно-цифровых печатающих устройствах (АЦПУ) и разделялись службой операторов ЭВМ на отдельные распечатки с последующей выдачей их каждому из пользователей ЭВМ. Таким образом, пользователи ЭВМ сдавали перфокарты для запуска своих программ в специальное окошко службы операторов ЭВМ и из него же получали распечатки с АЦПУ с результатами их исполнения. Таким образом, при пакетном режиме взаимодействие пользователей и ЭВМ всегда происходило посредством весьма небыстрого обязательного промежуточного звена – службы операторов ЭВМ. Данная пакетная технология обладала рядом очевидных серьёзных недостатков. Это и необходимость наличия в вычислительных центрах предприятий службы подготовки данных и программ на перфоносителях. Участие сотрудников-операторов ЭВМ существенно замедляло процесс счёта и отладки программ. В случае выявления ошибки в программе её автору-программисту необходимо было после её устранения заново сдавать исправленный набор перфокарт оператору для нового выполнения задания. Как следствие, низкая оперативность получения результирующих данных при пакетной обработке существенно замедляла принятие управленческих решений. Одним из основных недостатков пакетного режима было то, что административные сотрудники предприятий были лишены возможности принимать управленческие решения сразу же после или в процессе компьютерных расчётов, т.е. в реальном масштабе времени.

В конце 1960-х/начале 70-х годов пришло понимание того, что чисто пакетный режим работы сильно снижает эффективность использования ЭВМ. Поэтому одной из основных тенденций стала ориентация на использование систем телеобработки данных (СТД), обеспечивающих работу пользователей терминальных

устройств в реальном масштабе времени и диалоговые режимы взаимодействия конечных пользователей и ЭВМ в процессе решения их задач. Начальным этапом совершенствования ЭВМ третьего поколения, вызванным появлением дисплейной техники, стало создание программных комплексов, предназначенных для отображения заранее подготовленных справочных форм (видеограмм). Использование STD в управленческой деятельности стало реальным фактором повышения эффективности управления предприятиями за счет оперативности контроля и управления, принятия более обоснованных решений, повышения качества труда.

STD ЭВМ третьего поколения представляли собой совокупность технических средств и специального системного программного обеспечения (ПО STD). В состав технических средств STD входили мультиплексоры передачи данных (МПД), связанные процессоры, модемы, каналы связи, телетайпы, дисплеи и т. д. К основным функциям ПО STD ЭВМ третьего поколения относились: контроль и координация работы терминального и связанного оборудования с сопряженными ЭВМ, диспетчеризация потоков передаваемых сообщений с удалённых терминалов, редактирование вводимых (выводимых) данных, обеспечение независимости передачи данных от их обработки, обнаружение и исправление ошибок передаваемых сообщений, организация очередей сообщений. В ЭВМ третьего поколения все эти перечисленные функции управления работой терминальных устройств выполняли специальные программные комплексы, входящие в состав системного ПО ЭВМ третьего поколения и называемые мультитерминальными мониторами (или телемониторами). Осознав те громадные преимущества, которые предоставляет пользователям терминалов телеобработка данных, все ведущие мировые производители компьютеров стали в дополнение к операционным системам, созданным изначально для организации выполнения заданий в пакетном режиме, создавать в срочном порядке телемониторы. Так мировой компьютерный лидер корпорация IBM для своей серии компьютеров IBM/360 в целях обеспечения мультитерминального режима взаимодействия разработала телемонитор CICS. Британская компьютерная корпорация ICL для своих ЭВМ третьего поколения «ICL System 4» создала телемонитор DRIVER. В СССР для ранних моделей ЭВМ Единой Серии (ЕС ЭВМ), использовавших заимствованное системное ПО корпорации IBM, в качестве телемонитора первоначально поставлялся телемонитор КАМА, являвшийся изначально абсолютным аналогом американского телемонитора CICS. Впоследствии, отечественными разработчиками для ЕС ЭВМ были созданы собственные оригинальные телемониторы, в частности, телемонитор ОБЬ и ПРИМУС. Использование в стране телемонитора ПРИМУС получило заслуженное признание у разработчиков и пользователей диалоговых систем. Заключительная часть статьи посвящена истории возникновения, широкого использования на предприятиях СССР и модификации телемонитора ОБЬ. Авторы были среди создателей ОБИ и её усовершенствователей, а также активно участвовали во внедрении ОБИ в практику функционирования отечественных АСУ.

Системы телеуправления данными CICS и КАМА. Первым промышленно используемым телемонитором компьютеров IBM/360 была система телеуправления данными CICS, созданная в дополнение к операционной системе OS IBM/360 для обеспечения мультитерминального режима работы. Так как для первых моделей ЕС ЭВМ системное программное обеспечение было заимствовано у компьютеров IBM/360, то и телемонитор ЕС ЭВМ, получивший название КАМА, был прямым «собратом» телемонитора CICS. Поэтому при дальнейшем описании возможностей телемонитора КАМА всё изложенное будет относиться и к его прообразу – телемонитору CICS.

Телемонитор КАМА позволял организовывать обслуживание в режиме телеобработки большого числа заданий, поступающих в произвольные моменты времени с терминалов, а также обеспечить совместный доступ различных прикладных программ к данным. Абонентом STD на базе системы КАМА является пользователь терминала, вводящий запрос на выполнение задания и получающий на свой или на другие терминалы результаты выполнения задания по этому запросу. Единицей работы в системе КАМА является транзакция. Выполнение транзакции связывается с созданием задачи для ее выполнения. Задача обычно связывается с терминалом, с которого был введен запрос на ее выполнение. Система КАМА имеет статус обычного задания в операционной системе ОС ЕС. В других разделах основной памяти параллельно могут выполняться другие задания. Однако программы системы КАМА обычно имеют более высокий приоритет. Все порождаемые транзакциями задачи выполняются в разделе системы КАМА. Система распределяет ресурсы между ними и осуществляет защиту памяти. Она обеспечивает независимое выполнение нескольких транзакций различных пользователей, а также совмещение выполнения операций ввода-вывода с содержательной обработкой вводимых данных. В отличие от работы в пакетном режиме аварийное завершение задачи в разделе памяти системы КАМА приводит к нарушению нормального функционирования системы и к потере части вводимых с терминалов данных. Для возобновления работы системы необходимо ее повторный запуск.

Система КАМА совместно с управляющими программами ОС реализует следующие функции:

- опрос и анализ состояний линий связи;
- опрос терминалов и ввод-вывод сообщений;
- учет и планирование ресурсов;
- запуск задач по запросам с терминалов;
- выявление ошибок ввода-вывода;

- установление связи терминалов с программами;
- организация очереди запросов к ресурсам системы телеобработки данных;
- динамический вызов программ в основную память ЭВМ и удаление их после исполнения;
- выявление и устранение случаев блокировок системы.

Система КАМА находит свое применение в таких областях, как удаленный ввод заданий для организации пакетного режима; управляемый ввод-вывод в различных диалоговых системах и системах сбора данных; коммутация сообщений в различных справочных системах. На основе системы КАМА могут разрабатываться автоматизированные системы управления и информационные системы. Реализация этих возможностей осуществляется посредством разработки прикладных программ, использующих набор макрокоманд системы КАМА и генерацией (настройкой) системы. Система КАМА является системой программ общего назначения и имеет модульную структуру. Настройка системы на конкретное применение позволяет включать или исключать отдельные функции и компоненты, расширять их и изменять. Конфигурация системы КАМА (терминалы, наборы данных, очереди), прикладные программы, транзакции составляют рабочую среду системы, которая описывается с помощью таблиц. Генерация системы включает как генерацию программных средств, так и генерацию таблиц. Известны случаи создания на основе телемонитора КАМА комплексов обмена информацией между сопряженными ЭВМ. В частности, при создании двухмашинного комплекса обмена информацией между центральной ЭВМ для хранения баз данных, в качестве которой использовалась ЭВМ Единой Серии, и ЭВМ коммутации сообщений французской фирмы «SINTRA» группа сотрудников ГВЦ Минморфлота СССР под руководством начальника отдела математического обеспечения ЭВМ этого ГВЦ В.А.Китова в качестве телемонитора центральной ЭВМ использовала систему КАМА. Функционирование указанной связки ЭВМ позволило достичь оперативного получения данных в реальном масштабе времени работниками центрального аппарата Министерства морского флота СССР из всех ВЦ пароходств министерства от Владивостока до Калининграда, в которых были установлены терминальные устройства, подключенные к ЭВМ «SINTRA». Эта же группа разработчиков использовала телемонитор КАМА при терминальном информационном обмене в советской системе спутникового спасения судов и самолётов КОСПАС, входящей в международный комплекс спасения КОСПАС/SARSAT (СССР, США, Канада, Франция). Создание указанных двух систем было осуществлено во второй половине 1970-х годов.

Телемонитор DRIVER

В 1972-м году ГВЦ Госплана СССР в дополнение к функционировавшим в нём двум мощным, на тот момент времени, ЭВМ третьего поколения «ICL System 4-70» закупил несколько дисплеев для удалённого ввода и вывода обрабатываемой плановой информации. Британская компания ICL для своих компьютеров «ICL System 4» разработала системный телемонитор под названием DRIVER, основным назначением которого было управление работой удалённых терминалов. Освоение этого телемонитора было поручено руководством ГВЦ молодому программисту В.А.Китову. Простота освоения базовых возможностей телемонитора DRIVER и ясность его структуры позволили уже через пару месяцев обеспечить диалоговое взаимодействие пользователей дисплеев с компьютером «ICL System 4-70». Ещё несколько месяцев потребовалось В.А.Китову, чтобы создать на базе системного телемонитора DRIVER программный комплекс ТСОП – Терминальная Система Отладки Программ. Консультации двух ведущих системных программистов ГВЦ Госплана СССР Д.Лозинского и А.Кострюкова были весьма полезны разработчику при реализации этих двух проектов.

Телемонитор ПРИМУС (PRIMUS)

Система коллективного доступа PRIMUS являлась одним из наиболее распространенных в стране отечественных телемониторов. Она использовалась на ЕС ЭВМ, работающих под управлением ОС ЕС в режимах MVT и SVS, для организации коллективного доступа к компьютерным ресурсам. Это была первая универсальная диалоговая система для постоянно совершенствующегося ряда машин ЕС ЭВМ. С годами, по мере совершенствования ЕС ЭВМ существовавшие в качестве альтернативы американские программные комплексы CICS, CRJE и TSO всё с большим трудом адаптировались к отечественным компьютерам. Стало ясно, что требуется собственная разработка, которая бы учитывала особенности функционирования ЕС ЭВМ и ее терминальных устройств. Первая версия системы PRIMUS появилась в середине 1970-х годов. В последующие годы эта система получала в нашей стране всё большую популярность для ЕС ЭВМ. На 1985 год система обеспечивала одновременную и независимую работу до 256 пользователей алфавитно-цифровых дисплеев. Каждый абонент, получивший доступ к вычислительной системе через PRIMUS, мог использовать вычислительные ресурсы в режиме разделения времени или в пакетном режиме. В режиме разделения времени пользователи терминалов могли инициировать загрузку и исполнение программ в интерактивном режиме взаимодействия с ЭВМ с отображением на экранах дисплеев результатов выполнения программ. Система также предоставляла специальные средства ввода-вывода, управляющие обменом информацией с дисплеем, предназначенные для написания диалоговых программ на различных языках программирования. Пакетный режим работы обеспечивался стандартными средствами ОС. При этом система предоставляла возможность оформления и передачи заданий на выполнение в пакетном режиме,

слежения за прохождением задания в ОС ЕС и получения на экране дисплея результатов его выполнения. В состав системы входил стандартный набор диалоговых программ, называемый функциональными программами (ФП). Каждой ФП поставлена в соответствие команда, с помощью которой она может быть вызвана для выполнения. Полный перечень команд и соответствующих им ФП образует список команд системы. Команды предоставляют средства ввода и редактирования программ и данных, управления личными наборами данных, запуска программ. Этот список является открытым. Он допускает расширение со стороны пользователей, что дает возможность ориентировать стандартные средства системы на конкретную область применения с учетом специфики работы вычислительной установки. Одной из главных концепций, лежащих в основе построения системы, является максимальное использование стандартных средств ОС ЕС. Это определило ее относительную простоту и компактность. Универсальная диалоговая система с коллективным доступом должна обеспечивать

независимую работу большого числа пользователей, создавая у них иллюзию монопольного использования ресурсов ЭВМ. В системе PRIMUS это достигалось за счет предоставления каждому пользователю самостоятельного программного процесса, реализованного в форме подзадачи ОС ЕС. Распределение ресурсов центрального процессора (ЦП) между программными процессами пользователей достигалось за счет стандартного средства квантования времени ЦП в ОС ЕС.

Мультитерминальная система распределенной обработки данных ОБЬ (Телемонитор ОБЬ).

Предпосылки создания и основные положения

В 1980-м году у начальника отдела ПО систем телеобработки данных (СТД) ЦНИИ «Монолит» (головного института по информатике и АСУ Министерства оборонной промышленности СССР) В.А. Китова сформировалось твердое мнение о жизненной необходимости создания для многочисленных АСУ предприятий Советского Союза принципиально нового телемонитора, отвечающего основным требованиям времени, таким как управление разветвленными мультитерминальными комплексами; необходимость обеспечения межмашинных взаимодействий; встроенная система терминальной диалоговой отладки программ; наличие развитого пакета сервисных программ; наличие стандартного набора прикладных диалоговых систем и т.п. Этапу начала создания нового телемонитора предшествовало десятилетие, в течение которого была изучена соответствующая теоретическая база, получен практический опыт работы с зарубежными и отечественными телемониторами (DRIVER, CICS, КАМА), выявлены их недостатки и желательные усовершенствования.

Телемонитор ОБЬ был создан для ЕС ЭВМ в начале 1980-годов программистами отдела ПО СТД под руководством начальника этого отдела, к.т.н. В.А. Китова. При создании телемонитора ОБЬ были учтены все недостатки его предшественников – телемониторов CICS, КАМА, ПРИМУС и др. Он создавался сразу и для управления многотерминальными сетями и для обеспечения функционирования развитых систем межмашинного обмена информацией. Создатели телемонитора ОБЬ хотели сразу же подчеркнуть отсутствие зарубежных аналогов у этого телемонитора наличием в его названии буквы «Ь». Известно, что отечественные программные комплексы, имеющие западные прототипы корпорации ИВМ, для лёгкости осуществления замены английских наименований на русские в своих названиях имели только русские буквы, аналогичные английским (А, К, М, О, Т и др.), и то же количество букв в названии программных комплексов. Например: телемонитор КАМА имел айбизмовский аналог CICS, а СУБД «ОКА» имел айбизмовский аналог СУБД «IMS» и т.д. Чисто отечественный телемонитор ОБЬ в СССР был внедрен на сотнях предприятиях СССР. В частности, ОБЬ успешно эксплуатировалась на ЛОМО, киевском заводе «Арсенал», заводе «Атоммаш», Машиностроительном заводе в г.Фрунзе, Вологодском оптико-механическом объединении, Мосэнерго и многих других ведущих предприятиях страны. Телемонитор ОБЬ был основой при создании и эксплуатации системы межмашинного обмена данными между ГВЦ Миноборонпрома СССР, ГВЦ Госплана СССР и ГВЦ Минавиапрома СССР. ОБЬ является универсальной программной системой, предназначенной для решения широкого класса задач в мультитерминальном интерактивном режиме с распределенной средой хранения и обработки информации. Система ОБЬ принадлежит к классу управляющих программ. На ее базе могут быть реализованы информационно-поисковые системы (ИПС), автоматизированные рабочие места, подсистемы сбора данных. Её объектами управления являются: прикладные программы, терминалы, устройства документирования информации, аппаратура сопряжения ЭВМ. Имеются средства управления системой в процессе её работы, позволяющие изменять конфигурацию обслуживаемых периферийных устройств и состав прикладных программ без её перезапуска. Важным объектом управления системы ОБЬ на томе прямого доступа является вспомогательный файл данных, называемый файлом работ. Прикладные программы разрабатываются пользователями (или абонентами) системы, и их назначение может быть произвольным. Система ОБЬ обеспечивает:

- мультитерминальный доступ к прикладным программам;
- передачу программам входной информации, которая может быть подготовлена с помощью средств управления данными системы и храниться в файле работ в виде текстов-запросов пользователей;

- приём выходных данных от прикладных программ и их запись в файл работ в виде текстов-ответов абонентам терминалов;
- различные способы чтения и записи данных с терминалов;
- непосредственное управление терминальными устройствами со стороны программ.

Система ОБЬ обеспечивает использование в прикладных программах полного набора средств ОС ЕС. Прикладные программы могут быть написаны на любом языке программирования. Взаимодействие между системой и прикладными программами реализуется с помощью операторов CALL или операторов ввода/вывода языков программирования (GET, PUT, READ, WRITE). При этом нет ограничений на использование в них спецификаторов форматов, а также по стандартным соглашениям передачи параметров через поле PARM оператора EXEC языка управления заданиями ОС ЕС. Прикладные программы могут работать в зоне оперативной памяти системы ОБЬ и выполняться как самостоятельные задания ОС ЕС. В течение одного сеанса работы системы программа может запускаться в зоне системы и вне нее. Режимы выполнения программ управляет оператор. Для пользователя обращение к программе, работающей в зоне памяти системы ОБЬ, не отличается от вызова этой программы, выполняющейся как задание ОС ЕС. Диалог, который абонент терминала ведет с системой, позволяет ему:

- формировать и корректировать данные, которые могут содержать произвольную символьную информацию и быть оформлены в виде текстов. Они хранятся в файле работ и используются для передачи прикладным программам, абонентам терминалов или распечатываются на специальных устройствах;
- управлять вызовом прикладных программ и документированием информации;
- получать информацию о доступных ресурсах;
- изменять режимы работы и форматы отображения данных на терминал*.

Устройства документирования информации, обслуживаемые системой ОБЬ, предназначены для распечатки произвольных символьных данных, представленных в виде текстов. Процедуру документирования инициирует пользователь терминала или прикладная программа. Обеспечение распределенной среды обработки данных в системе ОБЬ осуществляется с помощью устройств сопряжения ЭВМ. По каналам связи между сопряженными ЭВМ под управлением системы проходят следующие потоки данных:

- тексты-запросы к прикладным программам, работающих на других ЭВМ;
- тексты-ответы адресатам от программ, письма пользователям терминалов;
- циркулярные сообщения;
- служебные таблицы ресурсов, с помощью которых абоненты терминалов могут адресоваться к объектам других ЭВМ.

Файл работ системы ОБЬ предназначен для хранения текстов и служебной информации. Система ОБЬ может функционировать на любой модели ЕС ЭВМ и требует хотя бы один накопитель на магнитных дисках для размещения библиотеки загрузочных модулей системы и файла работ. В комплекс технических средств, обслуживаемых системой, входят:

- дисплейные комплексы ЕС-7920 (локальные и удаленные варианты).
- ЕС-7910 и его аналог ЕС-8566;
- локальная дисплейная станция ЕС-7906;
- абонентские пункты ЕС-8501 и ЕС-8501.М (с любыми допустимыми способами подключения), ЕС-8504, ЕС-8534 (с коммутируемым и некоммутируемым одноточечным соединением), ЕС-8562 (с дисплеями VTS-56100 и ИЗОТ7925), ЕС-8564, ЕС-8575.М (в режиме соперничества с автоконтролем);
- дисплеи СМ-1604, СМ1611, СМ-7209, VDT-52100.С;
- телеграфный аппарат Т-63;
- минитерминал СМ-1605.М1;
- любые устройства печати, обслуживаемые базисным последовательным методом доступа (BSAM) и последовательным методом доступа с очередями (QSAM);
- устройства сопряжения ЕС ЭВМ, функционирующие по синхронному байт-ориентированному способу передачи информации по выделенным одноточечным каналам связи (СНХ1);
- устройства сопряжения ЕС ЭВМ и шестнадцатиразрядных ПЭВМ типа IBM PC, работающие по стандарту RS-232-C в асинхронном режиме.

Принципы построения ПО телемонитора ОБЬ

Основная задача, которая ставилась перед разработкой системы ОБЬ, аналогична задачам, решаемым другими известными телемониторами, такими, как КАМА, PRIMUS, ОТМД и др. Кратко ее можно сформулировать так: построить управляющую систему, способную обслуживать одновременно большое количество разнообразных терминалов, с помощью которых можно было бы взаимодействовать с прикладными программами самого широкого применения. Причем это взаимодействие должно

распространяться на всю распределенную систему обработки информации, то есть прикладная программа может работать на одной ЭВМ, а обращение к ней может происходить со всех связанных с системой ЭВМ. Вместе с основной задачей выдвигались дополнительные требования:

- независимость прикладных программ от используемого телемонитора;
- простота включения новых прикладных программ в систему;
- легкость настройки к работе с определенной произвольно заданной конфигурацией ресурсов;
- возможность несложного расширения системы, как в случае подключения новых типов периферийных устройств, так и в случае необходимости расширения ее функциональных возможностей;
- система должна продолжать функционировать даже при нарушениях в работе каких-либо её компонентов (например, при сбое в работе терминального устройства), при этом должна быть обеспечена возможность её перезапуска;
- малое время реакции системы на команды её пользователей (абонентов);
- компактность управляющего (резидентного) модуля системы.

Успешная реализация в телемониторе ОБЬ указанных возможностей показала его преимущества перед своими предшественниками. Решение задачи создания продвинутого телемонитора ОБЬ велось на основе использования принципа адаптивности программного обеспечения (ПО) мультитерминальных систем распределенной обработки информации. Под адаптивностью ПО понимается его способность настраиваться на конфигурацию имеющегося на каждом предприятии конкретного вычислительного комплекса. При этом из множества возможностей, обеспечиваемых мультитерминальной системой, выбирается некоторое их подмножество. Программные компоненты, реализующие эти возможности, должны обладать относительной независимостью, допускающей расширение возможностей системы, а также модификацию программных блоков без изменений смежных модулей. Модифицируемость отдельных компонентов без последующей переделки системы в целом (как на всех этапах её создания, так и после завершения) должна рассматриваться как одно из основных требований к ПО мультитерминальных систем. Основу алгоритмического построения ПО системы ОБЬ составляют положения об управлении процессами и ресурсами. Система ОБЬ реализована в виде совокупности следующих асинхронных процессов: связи с оператором системы, обслуживания терминалов, управления прикладными программами, печати, передачи данных по каналам связи между ЭВМ, сбора статистических данных, файла работ. Процесс в терминологии ОС ЕС это логическое понятие, близкое к понятию «задача», но не тождественное ему. Он создается для выполнения некоторой работы на этапе инициализации системы и логически независим от других процессов. Любой процесс, за исключением процессов обслуживания оператора и файла работ, может иметь одно из трех состояний: активное, пассивное и резервное. Он может переходить из одного состояния в другое во время работы системы.

Технология прикладного программирования в среде телемонитора ОБЬ

Пользователям телемонитора ОБЬ предоставляется возможность создания собственных прикладных программ, к которым они могут обращаться с помощью специального набора команд обработки запросов. Включение отлаженных прикладных программ осуществляется персоналом, ответственным за эксплуатацию телемонитора ОБЬ. Каждый раз это осуществляется путём формирования соответствующих элементов в отдельном списке программ прикладного ПО. Указанные списки сначала строятся как программные секции языка ассемблер, затем они транслируются и с помощью редактора связей ОС ЕС записываются в библиотеку загрузочных модулей системы. Для запуска какой-либо программы на исполнение задаётся специальный указатель списка программ. Списки имеют линейную структуру, и на каждую программу в них отводится восемнадцать байтов: имя программы и место ее хранения (16 байтов), тип программы (1 байт), максимальное число одновременных обращений к программе со стороны пользователей терминалов (1 байт). Во время работы оператор с помощью команд динамической реконфигурации системы может изменять как состав, так и характеристики программ, доступных пользователям терминалов. В среде телемонитора ОБЬ прикладной программе предоставлена возможность использования любых средств ОС ЕС, и в том числе и средства взаимодействия с терминалом (например, БТМД). Дополнительно, телемонитор ОБЬ предоставляет два метода доступа:

- последовательный метод доступа (ПМД) для чтения и записи текстов, с которыми пользователь может работать с помощью команд управления текстами;
- терминальный метод доступа (ТМД) для организации интерактивного взаимодействия с абонентом без применения средств ОС ЕС, осуществляющих терминальный ввод-вывод в прикладной программе.

Программы могут быть как пакетными, так и терминальными. Тип программы указывается в ее характеристиках в списке программ, а также в командах оператора. Пакетные программы не ведут диалога с вызвавшими их пользователями. Они аналогичны пакетным заданиям ОС ЕС. Абонент вводит команду обращения к такой программе. Система сообщает ему, что запрос принят или не принят к исполнению с указанием причины. Если запрос принят, то он ставится в очередь на обработку в соответствии с заданным приоритетом. После этого пользователь может вводить другие команды. По мере прохождения запроса в

системе ему на терминал будут выводиться информационные сообщения трассировки обработки (о начале обработки, окончании формирования программой текстов-ответов, конце обработки и т.д.). Если к моменту поступления сообщения терминал занят, то оно будет записано, как только это будет возможно.

В отличие от пакетных программ, терминальные программы ведут диалог со своими абонентами. Если пользователь обращается к такой программе, то после обработки команды вызова терминал передается под её непосредственное управление. По окончании работы программы устройство возвращается системе и на него выводятся все сообщения, которые к этому моменту были приняты. Любая программа может работать в зоне оперативной памяти системы ОБВ и выполняться как самостоятельное задание ОС ЕС.

Обеспечение режимов интерактивного взаимодействия с СУБД ADABAS и диалоговой системой NATURAL

В мультитерминальных системах коллективного пользования (МСКП) одним из ключевых вопросов при формировании базы данных является вопрос о выборе и адаптации соответствующей СУБД (системы управления базами данных). От решения этого вопроса зависят как набор возможностей, предоставляемых пользователям МСКП при работе с данными, так и окончательный состав и объем всего комплекса ПО. Широко распространенная в СССР в 1980-е годы СУБД ADABAS, видимо, по совокупности своих характеристик, была одной из оптимальных в то время для создания развитых баз данных. Основными критериями такого выбора тогда были:

- надежность СУБД ADABAS при работе с базами данных большого объема (сотни Мбайт);
- обеспечение быстрого многофакторного поиска данных в базе;
- наличие развитых средств формирования связей между различными базами данных для их интеграции в единый информационный банк.

Некоторая громоздкость средств СУБД ADABAS при работе с оперативно меняющимися базами данных в данном случае была не сильно существенна, так как многочисленные базы данных являются, по преимуществу, архивными. Следует заметить, что если заполнение базы данными ведется, в основном, в пакетном режиме, то для выбора данных из базы по запросу пользователя значительно более эффективен режим диалога. В диалоговом режиме пользователь может оперативно составлять и корректировать запросы, просматривать отобранные данные и обрабатывать их с помощью проблемно-ориентированных программ. СУБД ADABAS в этом плане в то время выгодно отличало от других СУБД наличие взаимодействия с развитой диалоговой системой NATURAL. Система NATURAL - это комплекс программных средств, включающий в себя все необходимые компоненты организации диалогового режима:

- интерпретатор диалогового языка высокого уровня для доступа к данным СУБД ADABAS и их обработки;
- средства отображения информации и ввода данных в режиме диалога;
- развитый диалоговый редактор текстов;
- программное обеспечение для хранения программ пользователя и их выборки при исполнении и др.

Использование системы NATURAL позволяет осуществлять все виды работ по эксплуатации базы данных, включая и ее формирование в диалоговом режиме, что не исключает, конечно, возможности ввода данных в пакетном режиме при большом их объеме. Система NATURAL, как и СУБД ADABAS, спроектирована для работы в среде операционной системы VM-370 и программно-совместимых отечественных операционных систем (ОС ЕС ЭВМ современных версий). Операционные системы этого класса являются, по существу, ориентированными на пакетную обработку, и организация в их среде диалогового режима представляет собой самостоятельную сложную проблему. Эта проблема решается с помощью разработки дополнительного программного обеспечения — управляющих программ среды телеобработки данных, то есть программ-телемониторов. В целях совместимости с любым телемонитором система NATURAL построена таким образом, что для ее эксплуатации требуется специальная программа-драйвер, которая обеспечивает интерфейс между телемонитором и программами NATURAL. Фирмой-разработчиком NATURAL поставляются драйверы для систем CICS (аналогом которой в ЕС ЭВМ является система КАМА) и TSO, а также драйвер пакетного режима. Драйверы NATURAL для других телемониторов должны разрабатываться их пользователями самостоятельно согласно предоставляемым инструкциям. При этом большая часть функций NATURAL, именуемая далее специальными функциями, остается для пользователя такого телемонитора недоступной. Еще одной специфической чертой программного обеспечения системы NATURAL является наличие двух режимов терминального обслуживания: телетайпного режима и режима полного экрана. Существенно более полный по набору функций режим полного экрана ориентирован на дисплеи IBM-3270 или программно-совместимые дисплеи локального комплекса ЕС-7920, что предполагает использование конкретных кодов управления форматом экрана, наличие функциональной клавиатуры и т. п. Таким образом, задача применения средств телеобработки при формировании базы данных на основе СУБД ADABAS и системы NATURAL сводится к следующим основным моментам:

- выбор телемонитора среды ОС ЕС;

- программирование драйвера NATURAL, поддерживающего все функции системы, включая и специальные;
- расширение спектра терминалов, для которых допустимо использование режима полного экрана NATURAL.

Эта задача была успешно решена для случаев создания диалоговых систем на основе телемонитора ОБЬ. Использование системы ОБЬ в качестве программы управления NATURAL существенно упрощается тем, что система ОБЬ является «чистым» телемонитором, не перегруженным функциями, не свойственными системам этого класса, такими, например, как диалоговая отладка программ или непосредственное управление конкретными СУБД. Программирование драйвера NATURAL для системы ОБЬ представляет собой достаточно несложную, хотя и трудоемкую по времени задачу. С этой целью в состав системы ОБЬ были включены программные средства, обеспечивающие имитацию локального дисплея ЕС-7920 при использовании других типов терминальной техники. Данный подход потребовал сложного и большого по объему программирования, однако он позволил не только автоматически поддерживать режим полного экрана NATURAL на всех обслуживаемых дисплеях, но и дал возможность использовать эти терминалы при работе с другими системами, ориентированными на дисплеи ЕС-7920.

Реализация специальных функций системы NATURAL под управлением телемонитора ОБЬ позволило обеспечить следующие функции:

- получение твердых (печатных) копий и дополнительных отчетов;
- управление рабочими файлами, то есть наборами данных, не обслуживаемыми СУБД ADABAS;
- управление страничным набором данных, позволяющим сохранять копии экранов для повторного просмотра;
- управление буферным пулом программ, позволяющим хранить NATURAL-программы в оперативной памяти для ускорения работы системы;
- ограничение времени исполнения NATURAL-программ для исключения возможных случаев блокировок;
- обработка асинхронных сигналов прерывания с терминала пользователя.

Телемонитор ОБЬ в эпоху персональных компьютеров и Интернета

1996 год по праву можно считать годом второго рождения мультитерминального телемонитора ОБЬ. Именно в этом году в российской компании ЭПСИЛОН ТЕХНОЛОДЖИС (Epsilon Technologies) была сформулирована концепция новой технологической основы Internet, базирующаяся на небольшом наборе базовых понятий:

- Универсальный монитор телекоммуникаций, не зависящий от протоколов Internet и поддерживающий только базовую функциональность, необходимую для взаимодействия приложений между собой.
- Объектная поверхность - способ представления взаимодействия приложений в виде набора выбранных объектов.
- Парсеры протоколов - драйверы монитора телекоммуникаций, обслуживающие прикладные протоколы.
- Многопользовательские приложения, работающие как система массового обслуживания при непредсказуемых и меняющихся нагрузках и количестве пользователей.
- Концепция intellectual directory, позволяющая предоставлять пользователям возможности навигации по пространству Internet, состоящему из интеллектуальных приложений.

Не случайно в это же самое время компания Epsilon Technologies воспользовалась опытом высококвалифицированных программистов из оборонного ЦНИИ «МОНОЛИТ» и Академии наук СССР, занимавшихся разработкой систем асинхронного межпроцессорного обмена данными в транспьютерных сетях и созданием телекоммуникационного монитора "Обь" на мэйнфреймах ЕС ЭВМ.

Телекоммуникационными мониторами (телемониторами) на IBM'овских мэйнфреймах назывались системы, позволяющие задачам интерактивно «общаться» с терминальным оборудованием. Как уже отмечалось выше, они не были органичной частью операционной системы ЭВМ 3-го поколения, которая изначально ориентировалась на режим пакетной обработки. Телемонитор, созданный корпорацией IBM, предоставлял задаче набор вызовов, с помощью которого происходило ее общение с терминалом, при этом не раскрывая задаче особенностей конкретных устройств. Наиболее известными в то время западными телемониторами были CICS (IBM) и Complete (Software AG).

Телемонитор ОБЬ - оригинальная отечественная разработка, созданная коллективом разработчиков отдела ПО СТД секретного ЦНИИ «Монолит» Минобороны СССР (инициатор и руководитель проекта В.А. Китов). Кроме собственного интерфейса она поддерживала стандартные телекоммуникационные методы доступа (протоколы) БТМД и ОТМД ЕС ЭВМ и огромный терминальный парк - несколько десятков типов устройств. По ряду экспертных оценок, система ОБЬ была широко распространена в СССР - под её

управлением работало порядка 40 процентов всех ЭВМ Единой Серии, против 15 процентов под управлением CICS.

ОБЬ была существенно менее требовательна к ресурсам, чем заокеанский CICS, имела более удобный интерфейс разработчика и поддерживала гораздо больше типов терминалов, включая уверенно набирающие популярность в те годы персональные компьютеры (ПК).

После анализа всего этого, задуманный в российской компании Epsilon Technologies проект приобрел конкретные очертания: отечественный телекоммуникационный монитор транзакций БАЙКОНУР (Baikonur) для протоколов, базирующихся на TCP/IP, и соответствующие библиотеки для разработки в его среде. Благодаря этому, на базе идей и опыта разработки телемонитора ОБЬ родился новый проект, получивший название БАЙКОНУР (Baikonur). Самой трудной задачей начального этапа, по словам Андрея Чеснокова – руководителя проекта Baikonur, было создание слаженной команды проектировщиков из системных программистов старой школы и "борландовских" программистов, - слишком разное у тех и у других было профессиональное мировоззрение. Но именно сплав "старой школы", воспитанной в традициях многозадачных и хорошо структурированных операционных систем IBM'овских и ЕС'овских мэйнфреймов и сохранившей навыки борьбы за эффективность, с разработчиками, привыкшими к RAD-инструментам, позволил обеспечить сочетание удобства разработки приложений и производительности, отличающее систему Baikonur.

В результате практической реализации появилась возможность компоновать, как из кубиков, программные продукты для уже существующих секторов рынка Internet – Web Servers, Web Application Servers, Mail Servers, и быстро формировать новые программные продукты для возникающих новых секторов рынка Internet - геоинформационные Серверы, многопользовательские системы с ультратонкими клиентами, программные системы со слабыми вычислительными устройствами (Car PC, WebTV, Set boxes, game stations etc.).

Уже в 1998 году во время проведения лабораторных испытаний (на 4-х процессорной платформе Intel с 200 МГц процессорами Pentium II и 512 Мб ОЗУ, в среде Windows NT 4.0) модернизированная система Baikonur SuperServer (BSS) успешно функционировала в многопользовательском режиме одновременной работы нескольких тысяч пользователей (см. <https://www.itweek.ru/infrastructure/article/detail.php?ID=47693>).

18 июня 1998 прошла совместная конференция компаний Epsilon Technologies и Intel, на которую собрались представители более 130 организаций и компаний - корпоративных заказчиков, включая сотрудников аппарата Президента РФ, Госдумы, ФАПСИ, РАО «Газпром», компании «Лукойл» и др. На конференции были объявлены результаты испытаний продуктов Epsilon московским центром Intel Application Solution Center (ASC) - единственным в Европе центром тестирования программных продуктов независимых разработчиков и их оптимизации для архитектуры Intel. За прошедший год ASC тестировал и оптимизировал ПО 15 разработчиков, таких как «Галактика», ABBY Software House, Epsilon Technologies. В числе продуктов прошёл проверку сервер приложений Baikonur. По мнению корпорации Intel (системный инженер Intel Александр Поделько), основанному на результатах двухмесячного тестирования системы Baikonur: «Сервер Baikonur продемонстрировал очень хорошую масштабируемость - он сокращает время выполнения приложений в 4 раза при увеличении числа процессоров в системе с одного до четырех. При тестировании Baikonur в режиме Web-сервера при таком же увеличении числа процессоров время обработки запросов сокращается в 2,24 раза.

ПО даже не потребовалось оптимизировать, хотя испытания проводились в жестких условиях: эмулировалась одновременная работа с данными более 10 тыс. пользователей, а также 760 многопользовательских серверных приложений».

Развитие идей телемонитора ОБЬ и системы БАЙКОНУР в наши дни

Идеи, заложенные при создании телемонитора ОБЬ и программного комплекса БАЙКОНУР, получили своё дальнейшее плодотворное развитие в реализации платформы АН2 интернет объектов, которая видится как реальная основа торгово-промышленно-финансового интернета и вполне может быть перспективной базовой архитектурой для систем цифровой экономики.

Платформа «АН2» позиционируется как перспективный отечественный программный комплекс, предназначенный для создания унифицированной Интернет/Интранет среды взаимодействующих информационных объектов.

Создание такой среды является эволюционным синергетическим развитием возможностей Интернета, будущее которого характеризуется более активным и глубоким информационным взаимодействием участников сети, формированием сети интегрированных интеллектуальных агентов (устройств и сервисов). Общее название такой среды – среда "Интернет объектов" или АН2-среда. Под информационными объектами (АН2-объектами) понимаются программные представления, реализующие цифровые проекции реальных или абстрактных объектов действительности, обладающих собственной поведенческой логикой и специфицированной структурой. АН2-объект создается в соответствии с информационной моделью, которая определяет структуру, события и функции объекта. Такая модель представляет собой семантический класс (АН2-класс), а совокупность нескольких взаимосвязанных классов формирует онтологию разных предметных областей.

Предлагаемая Платформа должна обеспечивать функционирование и организовывать взаимодействие АН2-объектов и приложений, расположенных на различных вычислительных ресурсах (серверах, в центрах обработки данных и устройствах), образующих узлы корпоративной, межкорпоративной или глобальной сети Интернет.

Совокупности АН2-объектов, обладающих собственной поведенческой логикой и объединенных логикой их взаимодействия, реализуют комплексные автоматизированные бизнес-процессы. Приложения Платформы, оперирующие этими объектами, обеспечивают через интерфейсы интерактивное взаимодействие с участниками процессов (пользователями, источниками/потребителями информации и физическими объектами).

Для взаимодействия с пользователем используются стандартные Интернет-браузеры или собственный ультратонкий клиент, предназначенный для взаимодействия с локальным окружением рабочей станции или мобильного устройства.

Платформа будет использовать международный комплекс стандартов Semantic Web в части конструирования классов (информационных моделей) и манипуляции данными объектов, предоставит разработчикам эффективные программные интерфейсы для разработки решений на базе Платформы.

Платформа также предоставит разработчикам открытую систему стандартов организации и классификации, функционирования и взаимодействия информационных объектов, обеспечения их безопасности.

Платформа АН2 рассматривается как универсальная основа для создания нового качества распределенных систем и прикладных решений, интеллектуальных информационных систем. Такие решения могут быть реализованы в любой предметной области от узкоспециализированных корпоративных сервисов до межкорпоративных систем, от веб-сайта до сети Интернета объектов.

Глобальная или межкорпоративная АН2-среда предполагает взаимную интеграцию участников (например, отрасли или консорциума). Комплексные решения на базе такой среды позволят интегрировать бизнес-объекты одной компании в бизнес-процессы реализуемые в рамках автоматизированных систем другой компании. В этом случае Платформа предоставляет унифицированный кооперативно обновляемый репозиторий АН2-классов в качестве общей базы знаний, а также глобальный индекс АН2-объектов как инструмент общего доступа к объектам и возможностям интеллектуального семантического поиска в рамках общей информационной среды.

Платформа проектируется с учётом принципов информационной безопасности. Ядро платформы обеспечит «точку доверия» и реализует единую систему безопасности, которая контролирует взаимодействия процессов внутри платформы и предотвращает исполнение вредоносных программ. В архитектуре предполагается реализовать принципы масштабируемости, фрактальности и эластичности.

Платформа АН2 призвана создать новую топологию взаимодействующих информационных объектов в сети Интернет – Интернет объектов. Данный подход должен обеспечить качественно новую систему взаимодействия участников сети Интернет и интеграции информационных ресурсов, станет основой реализации интеллектуальных информационных систем и следующим шагом к интеллектуализации Интернета.

Для бизнеса Платформа сможет обеспечить формирование единого информационного пространства, организованного в соответствии с бизнес-моделью, предоставляющего возможности многокритериального оперативного анализа и комплексного подхода к управлению бизнес-объектами.

Заключение

В конце 1980-х годов ЕС ЭВМ начали терять ведущую роль в мире компьютеров СССР, уступая свои позиции персональным компьютерам и серверам нового поколения. Опыт создания, совершенствования и использования «чисто» отечественного телемонитора ОБЬ, состоящего из нескольких сот тысяч машинных команд, программного комплекса БАЙКОНУР (руководитель проекта А.Чесноков) и платформы АН2 для цифровой экономики наглядно демонстрирует важность выполненных в советские годы разработок в области ПО. В этой связи нельзя не вспомнить с благодарностью замечательный коллектив программистов (в первую очередь, к.ф.-м.н. В.Ю.Дьяконова, к.т.н. И.А.Калинцева, к.т.н. И.А.Житенёва и к.т.н. В.И.Денисенко) отдела ПО СТД ЦНИИ «Монолит» Миноборонпрома СССР, возглавляемого к.т.н. В.А. Китовым. Этим отделом, за восемь лет своего существования, для ЕС ЭВМ были созданы и успешно эксплуатировались на более чем двухстах пятидесяти только оборонных предприятиях Советского Союза система оперативного информирования административного персонала ЛИСТЕР; комплекс диалоговой отладки программ КДОМ; система межмашинного обмена данными между ГВЦ оборонных министерств; программные комплексы проверки информации на дисковых томах (ПДТ) и ленточных томах (ПЛТ); система автоматизированной подготовки текстовой информации ФОРМАТОР; диалоговая система просмотра и корректировки данных, хранящихся в последовательных файлах, ТЕРМЕС; диалоговая система проверки поручений КОНТРОЛЬ; мультитерминальный телемонитор ОБЬ и другие программные комплексы. Телемонитор ОБЬ в середине 1980-х годов был принят межведомственной комиссией во Всесоюзный фонд алгоритмов и программ НПО «Центрпрограммсистем» (г. Калинин, ныне г. Тверь) и включен в экспортный фонд этой организации.

Литература

1. Блэкман М. Проектирование систем реального времени. М.: Мир, 1977. С. 29–314.
2. Сипсер З. Архитектура связи в распределенных системах. М.: Мир, 1981. Кн. Г. С. 16–429, кн. 2. С. 446–500, 557–661.
3. Дьяконов В. Ю., Калинин И. А., Китов В. А. Принцип мобильности программного обеспечения мультитерминальных систем распределенной обработки данных // Программирование. 1984. № 2.– С. 46-53.
4. Дьяконов В. Ю., Калинин И. А., Китов В. А. Мультитерминальная система распределенной обработки данных ОБЬ // Сб. «Вычислительная техника социалистических стран». М.: Финансы и статистика, 1987. Вып. 22. С. 131–136.
5. Дьяконов В. Ю., Калинин И. А., Китов В. А. Программное обеспечение систем телеобработки данных. М.: НАУКА. Главная редакция физико-математической литературы. Серия «Библиотечка программиста», 1992.
6. Intel поставила Baikonur оценку «очень хорошо» // CRN, выпуск №13 (48) от 17.07 1998
<https://www.crn.ru/numbers/reg-numbers/detail.php?ID=3367>
7. Технология Baikonur Web Application Server - архитектура клиент-сервер для Intranet-систем доступа к корпоративным базам данных // CIT Forum [Электронный ресурс]:
8. <http://citforum.ru/programming/application/baikonur.shtml>

Советский атомный проект и становление отечественной вычислительной техники

Крайнева Ирина Александровна, к.и.н.

Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, Новосибирск
cora@iis.nsk.su

Пивоваров Никита Юрьевич, к.и.н.

Российский государственный архив новейшей истории, Москва
pivovarov.hist@gmail.com

Шилов Валерий Владимирович, к.т.н.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва
vshilov@hse.ru

Ключевые слова: поздний сталинизм, научно-техническая политика СССР, цифровая вычислительная техника, Академия наук СССР, ЭВМ БЭСМ, ЭВМ «Стрела», Советский атомный проект

Введение. Несмотря на обилие публикаций по истории отечественной вычислительной техники и программирования, проблема становления государственной научно-технической политики СССР в этой области до сих пор остается малоисследованной. Внешнеполитические обстоятельства послевоенного времени, противостояние бывших союзников побудило советское правительство к модернизации оборонно-наступательного потенциала. В первую очередь речь идет о ядерном оружии и средствах его доставки. Большие объемы математических вычислений, выполнявшихся математиками Академии наук вручную в годы Великой Отечественной войны и сразу после нее, повлияли на принятие решений о создании новой ВТ в СССР. Однако поначалу ее развитие находилось на периферии внимания партийного и государственного руководства. Это вполне естественно, поскольку понимание критической важности развития современных средств вычисления только начинало формироваться даже у научного сообщества – здесь в первую очередь следует назвать таких ученых, И.С. Брук, Л.В. Канторович, М.В. Келдыш, М.А. Лаврентьев, С.А. Лебедев, Л.А. Люстерник, С.Л. Соболев. Понимание же важности вычислительной техники властными структурами оформилось к началу 1950-х годов.

Анализ опубликованных документов Советского атомного проекта (САП) позволил выявить определяющую роль его потребностей для начального периода развития отечественной вычислительной техники. Особенно показателен в этом отношении этап создания водородной бомбы (1950–1955) [1].

Информация о первых цифровых ЭВМ поступала в СССР из различных зарубежных источников, в том числе, не исключено, и при посредстве разведывательных ведомств. Если учесть, что роль разведанных в реализации Атомного проекта была едва ли не ключевой, то такое предположение вполне допустимо. Приведем некоторые свидетельства. Историк науки Б.Н. Малиновский высказал следующее предположение: «Возможно, к окончательному решению заняться разработкой цифровой ЭВМ С.А. Лебедева подтолкнул М.А. Лаврентьев. Такое мнение высказывали В.М. Глушков, М.Г. Крейн (запрограммировавший совместно с С.А. Авраменко первую задачу для МЭСМ) и О.А. Богомолец. Последний в 1946-1948 гг., выполняя *правительственные поручения* (курсив наш – *Авт.*), несколько раз бывал в Швейцарии. Будучи заядлым радиолобителем, он собирал интересующие его проспекты и журналы с сообщениями о цифровых вычислительных устройствах. Приехав в Киев летом 1948 г., он показал журналы Лаврентьеву, тот – Лебедеву. Может быть, знакомство с рекламой помогло принять давно зревшее решение» [2, с. 36]. Это высказывание (на наш взгляд, крайне спорное, поскольку сообщения о цифровых устройствах как в массовой, так и в научной литературе были, как увидим далее, советским специалистам вполне доступны) порой интерпретируют как спецоперацию разведки: «...через Швейцарию в это время (1948 г. – *Авт.*) уже прошла развединформация о машине Z-4 К. Цузе, которую приобрёл Технологический институт в Цюрихе. Было сообщение о довольно странной командировке туда одного известного советского учёного» [3]. Очевидно, что речь идет именно о Богомольце, однако машина Z-4 Конрада Цузе была перевезена из Германии в Цюрих лишь 11 июля 1950 г. и начала там работать в сентябре того же года [4, с. 242–245]. Более того, весьма подробное описание релейного компьютера Цузе было опубликовано в авторитетнейшем американском издании еще в 1947 г. [5, с. 355–359].

Несомненно также, что не мог не привлечь внимания советской разведки в США ввод в эксплуатацию первого электронного компьютера ENIAC. И этому имеется подтверждение. Сразу же после появления первых пресс-релизов об ENIAC, 5 апреля 1946 года, в адрес Муровской школы Пенсильванского университета поступило письмо от советского торгового представителя в США А.П. Малышева с просьбой рассмотреть вопрос о возможности изготовления по советскому заказу «робота-вычислителя» (Robot Calculator). Очевидно,

что «роботом» в письме был назван именно ENIAC. Декан Муровской школы Гарольд Пендер (Harold Pender, 1879–1959) запросил на это разрешения у военных, и, судя по тону его письма, действительно рассчитывал его получить. Однако этого не произошло [6, с. 155–156]. Продолжения этой истории в других свидетельствах того времени мы не находим, тем более, что очень скоро в научной печати появились достаточно подробные статьи с описанием компьютера.

О том, что советская разведка пристально следила за всеми техническими новинками, вспоминал А.С. Феклисов¹: «В 1942–1946 годах у меня на связи находилось семь агентов – источников важных секретных материалов. Это была агентура из числа инженерно-технического персонала, занимавшего руководящие должности на заводах и в лабораториях компаний Ар-си-эй, «Вестерн электрик», «Вестингауз», «Дженерал электрик», а также на двух ведущих авиационных компаниях, где производилась военная техника США. Особенно ценная агентура работала по электронике, она передала нам более двадцати тысяч страниц секретной документальной научно-технической информации, в том числе по новейшим в то время различным видам радаров, сонаров, прицельным системам, зенитным радиовзрывателям, *компьютерам* (курсив наш – Авт.) и еще по многим другим устройствам. Были получены секретные материалы о технологии производства и образцы кистронов, магнитронов и других электровакуумных приборов» [7, с. 14–15]. Однако под компьютерами Феклисов подразумевал, как следует из контекста, различные аналоговые устройства для систем управления зенитным артиллерийским огнем. Приемники Феклисова на посту резидента мемуаров не оставили, так что на данный момент мы располагаем лишь весьма отрывочными и косвенными свидетельствами участия разведки в формировании у советских специалистов представления о новом техническом феномене – электронных вычислительных машинах.

В любом случае гораздо более важную роль играли доступные открытые источники. Так, известно, что с января 1946 г. на базе Института машиноведения АН СССР работал руководимый академиком Н.Г. Бруевичем семинар по точной механике и вычислительной технике, в котором принимали участие сотрудники Отдела точной механики Института машиноведения АН СССР, Отдела приближенных вычислений Математического института им. В.А. Стеклова АН СССР, некоторых лабораторий Энергетического института им. Г.М. Кржижановского АН СССР, а также нескольких организаций из других городов. Цель семинара состояла в обмене результатами исследований отделов, которые в последующем составили коллектив Института точной механики и вычислительной техники АН СССР (ИТМиВТ). Участниками семинара, помимо Бруевича, были Л.А. Люстерник, И.Я. Акушский, М.Л. Быховский, И.С. Брук, Л.И. Гутенмахер и др. Материалы публиковались в «Успехах математических наук» [8, с. 217–218] и в Известиях АН СССР [9, с. 249–250].

Именно на этом семинаре впервые прозвучали выступления, посвященные машинам дискретного счета: в 1947 г. М.Л. Быховский, который в это время был одним из основных переводчиков иностранной литературы по математическим машинам, сообщил об автоматической счетно-аналитической машине Гарвардского университета [10, с. 231–234], а в 1948 г. он же перевел для УМН статью Д.Р. Хартри «ЭНИАК – электронная счетная машина» (оригинал был издан в конце 1946 г.) [11, с. 146–158]. Ему также принадлежит идея изложить основные принципы построения электронных машин дискретного счета, что он и сделал на страницах УМН в середине 1949 года [12, с. 69–124]. В целом очевидно, что советские математики и инженеры были хорошо знакомы с новейшей литературой по создававшимся на Западе первым компьютерам.

В условиях централизованной политико-экономической системы созревшее у советских ученых понимание необходимости развития новой техники необходимо было донести до руководства страны. Часто как свидетельство такой трансляции позиции ученых приводятся публичные выступления, в первую очередь, академика М.А. Лаврентьева. Его доклад, прочитанный 28 октября 1947 г. на юбилейной сессии ОФМН АН СССР, посвященной 30-летию Великой Октябрьской социалистической революции, считают одним из первых сигналов. Он говорил, в частности: «... я остановлюсь еще на одной области, развитие которой особенно важно для приложений математики. Я имею в виду машинную математику. Если по основным разделам математики к 30-й годовщине Великой Октябрьской социалистической революции мы можем рапортовать: мы догнали, а во многих разделах и перегнали зарубежную математику, то в отношении машинной математики нам нужно еще много усилий, чтобы решить эту задачу.

Вычислительная ячейка, созданная в 1935 г. в Математическом институте им. В.А. Стеклова, начинает выполнять, особенно за последние годы, крупные вычисления. Эта ячейка за 12 лет из двух комнат распространилась на целый этаж и занимает сейчас больше половины всей площади Математического института. Далее Отделу приближенных методов распространяться в Институте уже некуда, кроме того, его задачи таковы, что для их решения нужен совершенно другой размах. Мне хочется сказать, чтобы решение ОФМН о создании специального Института, вынесенное более двух лет назад, нашло скорейшее и полное разрешение» [13, с. 416].

¹.Феклисов Александр Семенович (1914–2007) – с февраля 1941 по октябрь 1946 г. оперативный работник резидентуры госбезопасности СССР в Нью-Йорке по линии научно-технической разведки. Основным направлением его деятельности было получение сведений в авиации и ракетной технике, по радарам, прицельным системам, новейшим технологиям в приборостроении

Таким образом, М.А. Лаврентьев в своем выступлении был весьма конкретен и ратовал за создание «специального» института, в том числе и для совершенствования вычислительных работ. Несколько ранее о создании такого Института говорил в отчете о работе Отдела приближенных вычислений Математического института АН СССР его заведующий Л.А. Люстерник: «С середины 1945 г. работа отдела проходила в контакте с представителями других специальностей: точной механики, электротехники, физики, занимавшихся вопросами математических приборов. Эта совместная работа [...] создала предпосылки к созданию объединяющего института, посвященного вопросам вычислительной математики и ее технической базы. Организация такого института запроектирована президиумом Академии Наук» [14, с. 226].

Однако в этих высказываниях нет указания на изменение характера вычислительных работ в связи с появлением (в этих выступлениях не отмеченным) техники нового поколения, хотя, несомненно, обнаруживается понимание важности технического сопровождения вычислений. Подтверждается это и тем, что хотя такой институт – Институт точной механики и вычислительной техники (ИТМиВТ) в составе Отделения технических наук АН СССР и был создан Постановлением СМ СССР № 2369 от 30 июня 1948 г., изначально главный упор в работе института предполагалось сделать на создании механических и электрических вычислительных устройств, тогда как создание цифровых машин было отодвинуто на неопределенный срок [15]. Возглавил институт академик Николай Григорьевич Бруевич. Как отмечал спустя несколько лет М.А. Лаврентьев: «Бруевич всеми возможными для него способами старался направить усилия научных работников на создание вычислительных машин непрерывного действия, чем объективно задерживалось создание электронных цифровых машин» [16]. Разворачивание же нового направления исследований в стенах института произошло далеко не сразу. Понадобилось специальное заседание Бюро Отделения технических наук АН СССР летом 1949 г. и твердая наступательная позиция М.В. Келдыша, чтобы скорректировать направление деятельности института [2, с. 46].

По настоянию Бюро ОТН АН СССР, 2 сентября 1949 г. в ИТМиВТ был издан приказ о создании группы для проведения предварительных работ по быстродействующим цифровым математическим машинам в составе: к.т.н. М.Л. Быховского, к.ф.-м.н. В.И. Шестакова, инженера К.С. Неслуховского, м.н.с. П.П. Головистикова. Временное руководство группой возложено было на М.Л. Быховского. В это время в ИТМиВТ еще не знали о работах С.А. Лебедева в Киеве. Только в январе 1950 года М.А. Лаврентьев и С.А. Лебедев впервые посетили ИТМиВТ, где Н.Г. Бруевич познакомил их с работами института и с его сотрудниками [2, с. 47].

В ряде исследований упоминается, видимо, с подачи Б.Н. Малиновского, обращение академика М.А. Лаврентьева к главе Правительства СССР И.В. Сталину, которое и привело к активизации советской научно-технической политики в области производства ЭВМ [2, с. 43]. До настоящего момента подобный документ в архивах не обнаружен. Сам Михаил Алексеевич о таком письме никогда не упоминал, хотя в 1967 г. рассказывал А.П. Ершову, как обращался в ЦК КПСС к Н.С. Хрущеву, когда застопорилось строительство ИТМиВТ [17].

В свое время было высказано утверждение, что «в 1948 году проблемы развития вычислительной техники в СССР стали общегосударственной задачей. Проектирование и производство вычислительных средств были идентифицированы как самостоятельное научно-техническое направление» [18, с. 11]. Однако это предполагает отрефлексированность проблемы на высшем управленческом уровне, которая, как мы видим, к этому моменту еще не произошла. Тем не менее, хотя создание ИТМиВТ в 1948 г. не привело к кардинальному изменению идеологии в области вычислительной техники до того момента, когда в 1950 г. его директором стал академик М.А. Лаврентьев, для характеристики ведущей тенденции приведенная оценка справедлива. На подготовку соответствующего постановления Правительства, учет потребностей и определение исполнителей могло понадобиться до полугода времени. Первое постановление, касающиеся развития вычислительной техники в целом, было принято 6 апреля 1949 г. В нем фигурировали Министерство машиностроения и приборостроения (ММиП) и АН СССР, затем был принят ряд других постановлений, в частности, постановление СМ СССР от 11 января 1950 г., в котором также закреплялся тандем ММиП и АН СССР. Именно на них возлагались обязанности по разработке быстродействующих цифровых вычислительных машин [19, л. 19].

ЭВМ: за и против. Перспективы цифровой техники вызывали скепсис у многих специалистов и непонимание руководителей, которое шло от отношения к вычислительной технике в целом, от представления, что людские ресурсы могут компенсировать ее нехватку. Характерное высказывание министра П.И. Паршина приводит М.А. Лаврентьев: «... когда мне надо было решить задачу, я взял 500 студентов, посадил их, дал каждому формулы, и все сделали в два дня. А вы говорите – машины!» [20].

По воспоминаниям П.П. Головистикова, одного из соратников С.А. Лебедева, на семинарах в Отделе точной механики ИТМиВТ проходили дискуссии, в ходе которых высказывался небезосновательный скепсис в отношении цифровой техники: «В первую очередь, большое сомнение вызывала надежность ЭВМ, содержащих несколько тысяч электронных ламп (средний срок службы ламп был 500 часов и не гарантировалась индивидуальная надежность каждой лампы). [...] В то же время любой сбой в тысячламповой ЭВМ приведет к неправильному результату. Такие громоздкие, сложные и дорогие машины будут неработоспособными или, в лучшем случае, малоэффективными. Второй пункт сомнений вызывала сложность и громоздкость процесса

подготовки задачи для вычисления на ЭВМ. В то время ничего не знали о математическом обеспечении [...]. Если решение самой задачи на машине займет несколько минут, то подготовка задачи может занять несколько дней, а то и месяцев. Этим самым сужается круг решаемых задач. На ЭВМ целесообразно выполнять однотипные задачи, требующие очень большого количества вычислений, но довольно простой программы. Пользователем может быть только высококвалифицированный специалист, хорошо знающий саму машину, ее структуру. Поэтому ЭВМ не могут найти широкого применения, они могут быть использованы только в крупных вычислительных центрах с большим числом математиков, подготавливающих для нее задачи. Были и другие, менее обоснованные высказывания об ЭВМ. Например: круг задач, где требуется очень большое количество вычислений, не так уж велик, поэтому широкого применения ЭВМ найти не смогут» [21, с. 28–29].

Вычислительная техника в Атомном проекте. Определяющее влияние на становление отрасли по производству вычислительной техники нового поколения, на развитие научно-образовательного потенциала вычислительной математики, на становление программирования оказал Советский атомный проект (САП). САП стал первым значимым проектом, где использовались первые, разработанные еще фактически в инициативном порядке, ЭВМ.

Как мы полагаем, одно из первых (возможно, и первое) Постановление Совета министров СССР, касающееся развития вычислительной техники и содержащее указание на создание ЭВМ, было принято 6 апреля 1949 г.: «О механизации учета и вычислительных работ и развитии производства счетных, счетно-аналитических и математических машин» № 1358 [22, с. 196–202]. В целом постановление касалось развития аналоговой техники, но в нем были два секретных пункта (3, 4) [22, с. 197], содержание которых, очевидно, раскрывает письмо П.И. Паршина в адрес Л.П. Берии от 30 апреля 1949 г. Паршин писал: «В соответствии с Постановлением Правительства Министерство машиностроения и приборостроения приступает к организации проектирования и производства счетно-аналитических и математических машин. Большие успехи, достигнутые в последние годы в развитии импульсной электроники, создали предпосылки для осуществления новых средств вычислительной техники – быстродействующих автоматических цифровых машин, способных выполнять вычисления в темпе тысячи и более арифметических действий в секунду. Такого рода машины предназначены для крупных вычислительных центров страны и потребность в них в ближайшие годы будет исчисляться в количестве *двух-трех штук* (курсив наш – *Авт.*). Необходимость быстрого решения задач, связанных с разработкой проблем ядерной физики, требует установки такой электронной цифровой машины в одном из научно-исследовательских центров Первого главного управления при Совете Министров СССР» [23, с. 652–653]. Паршин предлагает Берии принять участие в составлении технического задания на проектирование машины и в подготовке совместного с ММИП проекта Постановления СМ СССР по этому вопросу.

Последующие постановления вышли под грифом «секретно» и до сих пор не рассекречены. Но если проследить развитие событий в САП по доступным документам, то можно обнаружить «встречное движение». 26 февраля 1950 г. было принято Постановление СМ СССР «О работах по созданию РДС-6», на основе которого разрабатывалась государственная программа работ по созданию водородной бомбы в двух вариантах: РДС-6с – «слойка» и РДС-6т – «труба». В процессе исследований выяснилось, что расчеты группы Л.Д. Ландау (РДС-6т) не могут быть выполнены в срок к июлю 1951 г., поскольку «те методы, которые обычно применяются теоретической физикой и на которые рассчитывали КБ-11 и Ландау при определении сроков, были испробованы, но оказались непригодными [...]» [24, с. 392–393].

Для исправления создавшегося положения 9 мая 1951 г. было принято Постановление СМ СССР «О работах по РДС-6Т» [24, с. 397–403], которое по своему духу важно для дальнейшего развития советской научно-технической политики в области вычислительной техники. Этот документ касается создания соответствующих структур, которые в САП должны были отвечать за организацию вычислений. В постановляющей части предписано, что параллельно работам в Институте физпроблем нужно организовать еще одну расчетно-теоретическую группу в МИАН под руководством академика М.В. Келдыша, утвердив его заведующим Отделом прикладной математики МИАН, и назначив его заместителем д.т.н. А.А. Дородницына. Последний был переведен из ЦАГИ в МИАН. Согласно приложению 3 этого Постановления, предписывалось организовать в Математическом институте АН СССР Отдел прикладной математики со штатом 30 человек в составе двух секторов и разместить его на третьем этаже строящегося здания ИТМиВТ.

Не менее важна, на наш взгляд, та часть приложения 3 (пункт 4), где говорится об организации в составе Научно-технического совета при Первом главном управлении (НТС ПГУ) при СМ СССР *математической секции (секция № 7)* (выделено нами – *Авт.*) для научного руководства по разработке конструкций быстродействующих вычислительных машин, а также методов их эксплуатации в составе: председатель секции академик Келдыш М.В., члены секции академик Петровский И.Г., академик Соболев С.Л., чл.-корр. Н.Н. Боголюбов, чл.-корр. А.Н. Тихонов; члены секции по вопросам вычислительных машин академик М.А. Лаврентьев, чл.-корр. С.А. Лебедев², инженеры Ю.Я. Базилевский и М.А. Лесечко. На секцию № 7 возлагались задачи по рассмотрению планов научно-исследовательских, экспериментальных и проектных работ, а также проектов математических машин и планов работы организаций, выполняющих расчетные

² Так в документе. С.А. Лебедев был избран действительным членом АН УССР в 1945, АН СССР в 1953.

работы по тематике ПГУ. Таким образом, под руководством М.В. Келдыша в это время шла работа расчетного бюро (ОПМ) МИАН, работала секция № 7 НТС ПГУ, шла организация вычислительного центра ПГУ (в помещении бывшего ФИАН), где предполагалось установить «Стрелу» и «другие мощные машины» [24, с. 530].

В июле 1952 г. было принято Постановление СМ СССР № 3088-1202сс/оп «О плане научно-исследовательских работ по Первому главному управлению при Совете министров СССР на 1952–1953 гг.». Согласно этому документу, вычислительная техника становится объектом научно-технического планирования. Приложение 9 (из одиннадцати) этого сводного плана полностью посвящено вычислительной технике для САП. ММиП (СКБ-245, М.А. Лесечко) получало следующие задания на период, обозначенный в Постановлении, т.е. до 1953 г.:

- выполнить технорабочее проектирование, изготовление и наладку работы ЭВМ «Стрела» (сдача специальной комиссии во втором квартале 1953 г.), провести научно-исследовательские работы, направленные на улучшение и дальнейшее развитие конструкций вычислительных машин;

- разработать и построить дифференциальный анализатор для решения дифференциальных уравнений с высокой степенью точности (7–8 знаков), разработать кристаллические диоды и триоды для создания малогабаритных вычислительных машин;

- провести проектирование, изготовление и наладку работы специального моделирующего устройства для получения на моделях истинных значений физических величин (гл. конструктор Р.В. Плотников);

- подготовить эскизный проект, рабочий проект, изготовить опытный образец малой ЭВМ и изготовить два образца электронного вычислителя «ЭВ-80» (гл. конструктор В.Н. Рязанкин);

- провести проектные работы и изготовить опытный образец релейного вычислительного автомата конструкции инженера Н.И. Бессонова.

На ИТМиВТ АН СССР (М.А. Лаврентьев) данное Постановление возлагало следующие обязанности:

- окончить изготовление ЭВМ БЭСМ АН СССР, предназначенной для вычислительного центра ИТМиВТ, в первом квартале 1953 г.;

- составить математические таблицы специальных функций;

- провести работы по программированию задач, предназначенных для решения на ЭВМ «Стрела» [25, с. 454–455].

Об острой необходимости организационно объединить проблематику вычислений в САП, и, соответственно, ускорить выполнение актуальных расчетов по РДС (общее название термоядерных изделий) говорит тревожное письмо Ю.Б. Харитона, И.Е. Тамма, А.Д. Сахарова и Н.Н. Боголюбова в адрес заместителя Л.П. Берии А.П. Завенягина в декабре 1952 г. [24, с. 573–574]. В письме перечислены МЭСМ в Киеве, «Стрела», БЭСМ в ИТМиВТ («постепенно входит в строй пока с пониженной памятью»), М-1 Брука, на которых уже выполнены или выполняются некоторые математические задания (С.Л. Соболевым, М.А. Леонтовичем, М.В. Келдышем). В заключение письма авторы формулируют предложение: «Представляется совершенно необходимым принять незамедлительные меры к тому, чтобы, во-первых, использовать существующие возможности электронных счетных машин для максимального ускорения расчетов, связанных с изделием... и, во-вторых, подготовиться к использованию полной мощности этих машин. В настоящее время не существует никакого органа, или лица, которому указанный вопрос был бы поручен. Предлагаем поручить т. Келдышу М.В. возглавить работу по использованию электронных счетных машин [...] и предоставить ему право распределять задания на всех имеющихся машинах в порядке их очередности». Сложности проведения расчетов в САП, таким образом, объяснялись не только медленным вводом ЭВМ в эксплуатацию, но и другими причинами, отсутствием необходимого помещения, например, организационными неурядицами громоздкого учреждения, каким стало ПГУ к этому времени, уровнем секретности принимаемых решений. Понадобилось еще несколько постановлений и распоряжений, чтобы организационные формы приняли окончательный вид. Отдел прикладной математики оформился только в 1953 г., когда для него было подготовлено задание в Москве на 3-й Миусской улице после переезда ФИАНа в новое здание [25, с. 422–423, 542, 767].

В задании институтам АН в интересах КБ-11 (Арзамас-16) от 30 января 1953 г. специально отмечается, что расчеты по изделиям будут вестись на ЭВМ, но тип машины не уточняется [24, с. 602–603]. Ответственными за расчеты и программирование являлись А.А. Ляпунов, С.Н. Мейман, М.В. Келдыш и А.А. Дородницын. ЭВМ «Стрела» заработала в ОПМ МИАН СССР в 1954 г., начался перевод расчетов на нее, были проведены их большие серии. Они позволили достаточно подробно рассчитать процесс взрыва нового изделия и определить его основные характеристики. Результаты испытания, проведенного осенью 1955 г., показали хорошее соответствие результатам расчетов. А.Н. Тихонов, А.А. Самарский и В.Я. Гольдин присутствовали на испытании, которое, по словам последнего, «произвело совершенно ошеломляющее впечатление» [26, с. 146]. С этих пор многие актуальные расчеты проводились на ЭВМ, о чем свидетельствуют документы САП. Так, в отчете «Опытное устройство для проверки принципа окружения» (по расчетно-теоретическому обоснованию РДС-37, изделия с атомным обжатием) от 8 июля 1955 г. говорится о работах, которые велись в течение предыдущих лет. В разработке столь сложной системы отмечалась роль математических расчетов, которые проводились, в основном, в ОПМ под руководством М.В. Келдыша и

А.Н. Тихонова на электронной машине ОПМ «Стрела». Были решены весьма сложные задачи обработки методов расчета, программирования и организации [27, с. 379].

Приходит понимание необходимости усиления САП вычислительной техникой. В решениях о создании НИИ-1011 (Челябинск-70, Снежинск, создан в 1955 как дублер Арзамаса-16) от 18 марта 1955 г. Совет министров СССР обязывает ММиП изготовить и поставить «Стрелу» в 1956 г. за счет одной из машин для Минобороны. Некоторое время недостаток машинного времени будет компенсироваться путем предоставления ОПМ права использовать в 1955-1956 гг. в течение 3 дней в неделю машину «Стрела», установленную в КБ-1 Минсредмаша для проведения расчетно-теоретических работ по заданиям КБ-11 и НИИ-1011 [27, с. 351–352]. По имеющимся сведениям, «Стрела» в Арзамасе-16 была введена в строй только в 1957 г. [28]. В это же время еще одна «Стрела» заработала и в Челябинске-70 [29, с. 6–7]. Дальнейшее развитие САП потребовало дополнительных вычислительных ресурсов, но уже другой мощности: это была М-20 С.А. Лебедева [27] – совместная разработка СКБ-245 по проекту ИТМиВТ, стартовавшая в 1955 году. Заместителями главного конструктора стали М.К. Сулим от СКБ-245 и М.Р. Шура-Бура от АН СССР.

Партнеры и конкуренты. Как видим, развитие вычислительной техники происходило в исследуемый период под эгидой двух ведомств: Академии наук СССР и Министерства машиностроения и приборостроения СССР (ММиП СССР)³. Согласно Постановлению СМ СССР № 2369 от 30 июня 1948 г. о создании ИТМиВТ АН СССР была предписана совместная деятельность этих ведомств, ММиП СССР являлось дольщиком строительства Института, оно же должно было стать заказчиком разработки новой техники. Однако Министерство усиливает свою собственную материальную базу: штатное расписание СКБ-245, где в 1950 г. начнется создание «Стрелы» (1950-1953, главный конструктор Ю.Я. Базилевский), было утверждено уже в январе 1948 г., еще до выхода правительственного постановления о создании ИТМиВТ [30, л. 126–134]. К концу 1955 г. в СКБ-245 была создана еще одна машина – «Урал» (главный конструктор Б.И. Рамеев).

Разработка МЭСМ в 1948 г. в Институте электротехники и теплотехники АН УССР в Киеве была инициативным проектом С.А. Лебедева, в начале 1950 г. в этот проект вошла группа ИТМиВТ [2, с. 32]. Постановление СМ СССР от 1.07.1951 г. № 2754-1321с закрепило этот союз и поддержало участие московского института в разработке МЭСМ. Еще одна ЭВМ создавалась в это же время в Энергетическом институте АН СССР под руководством И.С. Брука (1948-1951, ЭЦВМ М-1).

Практически с самого зарождения производства ЭВМ в Советском Союзе их создание проходило в конкурентной борьбе этих ведомств. Истоки конкуренции лежали в сфере институциональных границ, но определялись также ресурсным наполнением проектов. Отечественная наука и промышленность еще не были готовы к разворачиванию новой отрасли, для нее не было достаточных средств и материальной базы, что накладывало отпечаток на специфику конкурентных отношений АН и ММиП. Об этом достаточно красноречиво говорится в уже цитированных нами воспоминаниях академика М.А. Лаврентьева: «Это было не просто развитие. Это была борьба» [20]. Совокупность внутренних (в ИТМиВТ) и внешних сдерживающих причин так охарактеризована Лаврентьевым: недостаток специалистов, «аналоговое лобби» во главе с Бруевичем, срыв сроков строительства здания ИТМиВТ, отсутствие необходимых комплектующих для ЭВМ у Академии наук, что сдерживало создание БЭСМ АН СССР с запрограммированной памятью.

Амбициозный министр ММиП СССР П.И. Паршин предлагал ученым сосредоточиться на теории, а выпуск ЭВМ предоставить министерству, которое располагало исследовательской и производственной базой в виде Московского завода счетно-аналитических машин (САМ), СКБ-245 на базе этого завода, а также НИИ Счетмаш. Что характерно, приоритет «Стрелы» перед БЭСМ поддерживал академик М.В. Келдыш. Он понимал, очевидно, что ресурсной гонки Академии наук не выдержать, и что ММиП СССР имеет перед ней преимущество. Поэтому «Стрела» стала приоритетным проектом. Позиция М.В. Келдыша в этот период вполне объяснима: как видим, в мае 1951 г. он возглавил математическую секцию Научно-технического совета ПГУ в Советском атомном проекте. Теперь уже потребность в ЭВМ окончательно осознана, опасались только срыва сроков ввода машины, нехватки памяти для громоздких расчетов и отсутствия здания для ее размещения [24, с. 411].

³ 21 января 1956 года разделено на два: Министерство приборостроения и средств автоматизации СССР и Министерство машиностроения СССР. Тематика ЭВМ ушла в новое министерство, П.И. Паршин остался заместителем министра машиностроения, а спустя год был отправлен на пенсию (в 58 лет), разделив судьбу руководителей, попавших под чистку госаппарата.

БЭСМ АН СССР. С назначением академика М.А. Лаврентьева директором ИТМиВТ в Институте начались работы по ЭВМ, названной Большой электронной счетной машиной АН СССР (БЭСМ АН СССР). В марте 1950 г. в Институт из Киева был переведен С.А. Лебедев, который привез с собой ее детальный план-проект. Эта ЭВМ, завершенная в ИТМиВТ к 1953 г., являлась универсальной цифровой машиной, работающей на электронных лампах (5 тыс.) с быстродействием 8000 операций в секунду [31]. Время показало конкурентоспособность и надежность БЭСМ и других машин С.А. Лебедева. Как рассказал М.А. Лаврентьев в воспоминаниях, записанных А.П. Ершовым: «Я уже к тому времени в почтовом ящике работал (1953 – *Авт.*). Сами же келдышевские ребята в то время на БЭСМ работали, не хватало им «Стрелы». Ну, поднялся скандал в Средмаше, добились они, чтобы назначили вторую приемку с новой памятью. А там уже БЭСМ себя показала...» [32].

В действительности БЭСМ, которая в 1953 г. сдавалась конкурсной комиссии на электронно-акустических приборах, не показала своей реальной мощности. Лишь в 1956 г. она была реализована на потенциалоскопах, ее усовершенствованный вариант стал серийным изделием. После организации в мае 1955 г. ВЦ АН СССР, БЭСМ была передана ему для эксплуатации. 13 декабря 1955 г. в ВЦ АН состоялось заседание комиссии по рассмотрению заявок на выполнение вычислительных работ в составе академиков М.А. Лаврентьева, Л.А. Арцимовича, А.А. Дородницына и М.В. Келдыша. На этом заседании М.В. Келдыш высказал особое мнение, зафиксированное протоколно: «Считаю, что расчеты, проводимые на машине БЭСМ Отделением прикладной математики МИ АН СССР, имеют первостепенную важность и являются более важными, чем большинство расчетов, проводимых в настоящее время другими организациями в Вычислительном центре. [...] Для нормального выполнения плановых задач ОПМ необходимо предоставить не менее чем 50 часов машинного времени в неделю» [33, л. 1]. Комиссия приняла решение выделить в декабре 1955 г. 140 часов машинного времени на решение задач ОПМ [33, л. 4]. Так БЭСМ вошла в Атомный проект.

Взрывной характер появления новых идей и стремление к усовершенствованиям на первых этапах развития вычислительной техники отчасти тормозили развитие проекта «БЭСМ». В более благоприятных условиях это явление можно было бы считать нормальным процессом, свойственным нацеленной на поиск оптимальных решений академической науке. Тем не менее, Б.Н. Малиновский отмечал: «Задержка серийного выпуска БЭСМ произошла не только вследствие жесткой политики Министерства машиностроения и приборостроения СССР, вознамерившегося всеми правдами и неправдами завоевать лидерство в новой области техники. “Виноватой” оказалась и новая ЭВМ М-20, задуманная С.А. Лебедевым вскоре после “поражения” в соревновании с министерством. Цифра в названии указывала на ожидаемую производительность (20 тыс. операций в секунду). Ее, а не БЭСМ, предполагал Лебедев заканчивалась разработка новых быстродействующих элементов, появились весьма совершенные ферритные ЗУ [запоминающие устройства], коллектив разработчиков вырос и накопил большой опыт» [2, с. 55].

Сама идея дублирования проектов создания ЭВМ пришла, возможно, из Атомного проекта (или, скорее, из ведомства Л.П. Берии), где был принят институт дублеров, – как исполнителей, так и организаций, работавших по одной тематике. Известно, что при создании первых атомных бомб для проведения расчетно-теоретических обоснований были привлечены две группы математиков и физиков (группа Л.Д. Ландау, в которой работал математик Н.С. Мейман в ИФП АН СССР и группа А.Н. Тихонова в Геофизическом институте АН СССР) [34, с. 342], Челябинск-70 стал дублером Арзамаса-16, а из воспоминаний академика В.С. Владимирова следует, что М.А. Лаврентьев был дублером И.В. Курчатова [35]. Дело было не только в конкуренции, в поиске лучшего варианта решения проблемы, но и в вопросах безопасности и ответственности. То обстоятельство, что новая вычислительная техника создавалась в конкурентных условиях, сыграло, по-видимому, свою положительную роль. Несмотря на ресурсные проблемы и упорное лоббирование со стороны ММиП, АН СССР и С.А. Лебедев доказали в итоге реальные преимущества и перспективность своих разработок.

Заключение. В работе рассмотрен начальный (до 1955 г.) период развития советской вычислительной техники и становления научно-технической политики СССР в области вычислительной техники нового поколения. Достаточно пристально исследованы степень информированности советских ученых и хозяйственников о новой вычислительной технике, рассмотрены условия, в которых она создавалась, выявлена первоначальная область ее применения – Советский атомный проект. Очевидно, что информация о новой ВТ пришла в Советский Союз из-за рубежа. Одним из ее источников стали публикации в научных и научно-технических журналах. Возможно, определенную роль сыграли и органы разведки. Академическое сообщество в послевоенный период активно обсуждало новые задачи использования вычислительной техники на семинаре по точной механике и вычислительной технике в Институте машиноведения АН СССР, которым руководил академик Н.Г. Бруевич.

Уже в этот период проявляется некоторое противоречие между разными точками зрения на развитие новой техники. С одной стороны, руководители Атомного проекта признали ее полезность, но планировали ее производство и применение в ограниченном количестве (2-3 машины, как видим из письма П.И. Паршина руководителю САП Л.П. Берии). С другой стороны, в Академии наук и ММиП СССР преобладал более широкий подход, ориентированный на создание новых видов и типов вычислительных машин, увеличение их мощности и расширение предполагаемого круга применений за пределы военно-промышленного комплекса.

Участие двух ведомств в создании новой ВТ проходило в условиях острой конкуренции, обусловленной ведомственными интересами и отягощенной ресурсными проблемами. В этой борьбе использовались различные средства, вплоть до засекречивания сведений об ЭВМ по инициативе ММиП СССР самого факта их существования. Тот факт, что разработки С.А. Лебедева стали, в конечном счете, приоритетными, говорит о глубоком понимании научных и инженерных проблем в Академии наук.

Литература

1. Атомный проект СССР. Документы и материалы: В 3 т. / Под общ. ред. Л.Д. Рябева. М.: ФИЗМАТЛИТ, 1998-2009.
2. Малиновский Б.Н. История вычислительной техники в лицах. К.: Фирма «КИТ» ПТОО «А.С.К.», 1995.
3. <http://www.computer-museum.ru/histsoft/shileiko.htm>
4. Speiser A.P. The Relay Calculator Z4 // *Annals History of Computing*. 1980. Vol. 2. № 3.
5. Lyndon R.C. The Zuse computer // *Mathematical Tables and Other Aids to Computation*. Vol. 2. № 20. October 1947.
6. Brainerd J.G. The Soviets and the ENIAC // *Annals of the History of Computing*. April 1984. Vol. 6. № 2.
7. Феклисов А. С. За океаном и на острове: Записки разведчика. М.: ДЭМ, 1994.
8. Корсаков О.Н. О работе семинара по точной механике и вычислительной технике // УМН. 1948. Т.3. Вып. 6 (28).
9. Доклады на семинаре по вопросам математической техники (Известия Академии наук СССР ОТН, № 8 за 1946 г., № 5 и № 11 за 1947 г.) // УМН. 1948. Т. 3. Вып. 2 (24).
10. Быховский М.Л. Новые американские счетно-аналитические машины // УМН. 1947. Т. 2. № 2 (18).
11. Хартрей Д.Р. «Эниак» – электронная счетная машина // УМН. 1948. Т. 3. № 5(27). С. 146-158.
12. Быховский М.Л. Основы электронных математических машин дискретного счета // УМН. 1949. Т.4. Вып. 3 (31).
13. Лаврентьев М.А. Пути развития советской математики. Изв. АН СССР. Сер. матем. 1948. Т. 12. Вып. 4.
14. Люстерник Л.А. Работа отдела приближенных вычислений Математического института Академии наук СССР за 1942-1946гг. // УМН. 1947. Т. 2. Вып. 1(17).
15. Карпов Л.Е., Карпова В.Б. Три первых директора ИТМиВТ АН СССР // Труды SoRuCom-2011. Великий Новгород, 2011.
16. РГАНИ, Ф. 5. Оп. 47. Д. 53.
17. Архив А.П. Ершова // <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=17909&fileid=137067>
18. Ершов А.П., Шура-Бура М.Р. Становление программирования в СССР // Препринт ВЦ СО АН СССР. Новосибирск, 1976. № 12.
19. РГАЭ, Ф. 8123. Оп. 8. Д. 524.
20. Архив А.П. Ершова, <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=17909&fileid=137062>
21. От БЭСМ до супер-ЭВМ. Страницы истории Института ТМ и ВТ им. С.А. Лебедева АН СССР в воспоминаниях сотрудников. Вып. 1. М.: ИТМ и ВТ АН СССР, 1988.
22. Постановление Совета Министров СССР за апрель 1949 г. Первая часть. Постановление от 6 апреля 1949 г. № 1358.
23. Атомный проект СССР. Т. II. Кн. 4. М.: Физматлит, 2003.
24. Атомный проект СССР. Т. III. Кн. 1. М.: Физматлит, 2009.
25. Атомный проект СССР. Т. II. Кн. 5. М.: Физматлит, 2005.
26. Андрей Николаевич Тихонов. К 100-летию со дня рождения. Ред.-составитель Е.А. Григорьев. М.: МАКС Пресс, 2006.
27. Атомный проект СССР. Т. III. Кн. 2. М.: Физматлит, 2009.
28. Краткая хроника событий ВНИИЭФ г. Сарова. URL: <http://sarpust.ru/2014/01/kratkaya-hronika-soby-tij-vniie-f-i-g-sarov/> (14.05.2017)
29. Н.Н. Яненко и ядерное оружие // Наука в Сибири. № 21 (2806). 26 мая 2011 г.
30. РГАЭ, Ф. 8123. Оп. 8. Д. 287.
31. Грубов В.И., Кирдан В.С. Электронные вычислительные машины и моделирующие устройства. Справочник. К.: Наукова думка, 1969.
32. <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=17909&fileid=137069>
33. АРАН, Ф. 1918. Оп. 1. Д. 3.
34. Визгин В.П. Отечественные физики и математики (1940-1970-е гг.): междисциплинарное взаимодействие // К исследованию феномена советской физики 1950-1960-х гг. СПб.: Издательство РХГА, 2014.
35. Владимиров В.С. Математика и создание первых образцов атомного оружия. URL: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=1941> (14.05.2017).

О работах по системному математическому обеспечению в странах советской Балтии (1960–1990)*

Крайнева Ирина Александровна, к.и.н.
Городняя Лидия Васильевна, к.ф.-м.н.
Марчук Александр Гурьевич, д.ф.м.н.

Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, Новосибирск
cora@iis.nsk.su

Ключевые слова: история программирования, программирование в Прибалтике, системное математическое обеспечение, позднесоветский период

Введение.

История становления и развития программирования в Академии наук СССР, ее республиканских подразделениях – тема, которая еще не получила комплексного развития¹. В странах Балтии сами акторы процесса становления и развития программирования, историки науки изучают свою историю в широком спектре проблематики². Наблюдается определенный интерес к социально-экономическому и научно-техническому аспектам информатики в странах Балтии сквозь призму реалий Холодной войны³. В данной статье будет рассмотрен опыт работы программистов Прибалтики в 1960-е–1980-е годы на основе публикаций и материалов Электронного архива А.П. Ершова, еще не введенных в научный оборот.

Вычислительные науки получили импульс развития в странах советской Балтии в конце 1950-х–начале 1960-х годов в рамках кибернетического направления⁴, а в более широком контексте – на волне научно-технической модернизации советской экономики⁵. В АН СССР были созданы институты кибернетики в ряде советских республик, в том числе в 1960 г. в Таллинне, в 1976 г. при институте было организовано СКБ вычислительной техники, в 1977 организован Институт математики и кибернетики АН Литовской ССР (Вильнюс), ВЦ в Латвийском государственном университете (Рига) был создан в 1959 г. В Латвии был организован Институт электроники и вычислительной техники АН ЛатССР (1960).

* Грант РФФИ 15-07-06345

¹ Марчук А.Г., Мурзин Ф.А., Крайнева И.А., Бульонкова А.А. 25 лет Институту систем информатики СО РАН// История науки и техники. 2015. № 7. С. 56-72. Городняя Л.В., Крайнева И.А., Марчук А.Г. Школа программирования Института кибернетики АН УССР (1962-1990)// История науки и техники. 2017. №1. С. 42–63. Городняя Л.В., Крайнева И.А., Марчук А.Г. Библиография и источники по истории школ программирования в Академии наук СССР и ведущих советских вузах (1950-2015)// Вопросы истории естествознания и техники. 2017. № 3. (в печати)

² Балодис Р., Опмане И. Институт математики и информатики Латвийского университета и три социально-технологические волны ИТ// Труды SORUCOM-2011. Вторая Международная конференция «Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР». Великий Новгород, 12-16 сентября 2011 г. Великий Новгород: ЗОА «Новгородский Технопарк», 2011. С. 36–40. Tuugu E. Beginning of Computing in the Soviet Baltic Region// Труды SORUCOM. 2014. Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР: история и перспективы. Сборник материалов конференции. Под редакцией А.Н. Томилина. Казань, 2014. С. 12-17. Pakstas A. Aspects of computer design and manufacturing in Lithuania// Там же. 5–11. Tuugu E. Grigori Mints and computer science// <http://kodu.ut.ee/~varmo/day-kaariku/GMe.pdf>. In memoriam: Grigori E. Mints (1939–2014) <https://math.stanford.edu> (02.03.2016). Küberneetika Instituut Muutuvast AJAS. Tallinn. 2000. 142 l. Telksnys L., Zilinskas A. Computer in Lithuania// IEEE Annals of the History of Computing. Special Reprint for the IFIP World Conference on Perspectives on Soviet and Russian Computing. 3–7 July, 2006. Karelia, Russia. P.86–92.

³ Hogselius P. Dynamics of innovation in Eastern Europe. Lessons from Estonia. 2005. Kaataja S. Expert groups closing to divide. Estonian–Finish computing cooperation since the 1960th//Beyond the divide: entangled histories of Cold War Europe. Eds. S. Mikkonen and P. Koivunen. Berghahn Books, 2015. P. 101–120. Rindzeviciute E. Internal transfer of cybernetics and informality in the Soviet Union. The case of Lithuania. Там же. P. 121–137.

⁴ Программа КПСС. М. 1961. С. 71–73.

⁵ О задачах по дальнейшему подъему промышленности, техническому прогрессу и улучшению организации производства: Постановление июльского (1955 г.) Пленума ЦК КПСС // КПСС в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов ЦК : 1946–1955. М.: Политиздат. Т. 8. С. 510–528.

Институт кибернетики АН Эстонской ССР после распада СССР стал полуавтономным исследовательским институтом Таллиннского технического университета, затем в связи его структурной реформой, был закрыт. Для появления данных учреждений в Прибалтике были и внутренние причины, обусловленные экономическими обстоятельствами. Так, создание Института кибернетики в Эстонии, например, было продиктовано бурным развитием химической и энергетической отраслей, автоматизация и средства контроля в которых играли значительную роль⁶. Значительный импульс развитию стран Балтии придали реформы по децентрализации экономики СССР 1957–1965 гг.⁷

Специалистов по вычислительной технике, имевших опыт программирования, для Прибалтийских республик готовили в 1960-е годы в Ленинградском политехническом институте (ЛПИ) и Московском энергетическом институте (МЭИ), специалистов высшей квалификации – в Новосибирске, Москве, Киеве, Минске. Студентов, обучавшихся в Москве и Ленинграде, поначалу было около 25 человек⁸.

Эстония. Исследования по системному математическому обеспечению ЭВМ (СМО) велись в республике в Институте кибернетики АН ЭССР (ИК АН ЭССР), в Таллинском политехническом институте (ТаллПИ) и Тартусском государственном университете (ТартГУ). ИК АН ЭССР вместе с СКБ вычислительной техники насчитывал около 600 человек, при численности специалистов по СМО в 60 человек, плюс еще примерно 30 человек в других организациях. Техническая оснащенность республики обеспечивала ЕС 1052, которую можно отнести к машинам высокой производительности, при основном парке из маломощных устаревших машин серии ЕС. В начале 1980-х годов появились минимашин типа СМ3 и СМ4, зарубежные ЭВМ Realite, Wang, Mostek (США), Data-Saab (Швеция), СМ 52 (Венгрия), персональная Apple. В Эстонии не было ЭВМ типа М-20 и БЭСМ-6, поэтому разработка СМО до 1970-х гг. велась вне магистрального направления. Ранние работы, выполненные в республике в это время – система программирования MALGOL с языком, близким Алголу, разработана в середине 1960-х. Она применялась на ЭВМ Минск-22 и Минск-32, для которых была создана система модульного программирования. Язык Velgol, созданный В. Куусиком в середине 1960-х гг. был одним из первых языков системного программирования высокого уровня⁹. Созданные на нем системы обработки данных были переносимыми (с Минск-22 на Минск-32, М 4030 и ЕС ЭВМ)¹⁰.

Разработка более современного ПО началась здесь с середины 1970-х гг. Сложилась разветвленная сеть исследований в области теоретического программирования, по языкам программирования и трансляторам, в области создания инструментальных систем программирования, операционных систем реального времени и сетей, СМО микро-ЭВМ, технологии программирования. В области теоретического программирования исследования шли в направлении автоматического синтеза программ (метод структурного синтеза программ)¹¹, разработки моделей и языков параллельных вычислений¹², сложности алгоритмов и представимости функций¹³.

Над эквивалентными преобразованиями грамматик и разработкой эффективных методов синтаксического анализа работали в ТаллПИ и ТартГУ (А. Вооглайд, М. Меристе, Я. Пеньям). Исследования по реализации синтаксиса и семантики языков нашли применение на практике: система построения трансляторов (СПТ) ТаллПИ ЭЛМА, была крупной инструментальной системой поддерживающей технологию разработки языка и транслятора. С ее помощью исследовались экспериментальные технологические приемы построения и реализации проблемно-ориентированных языков. В язык спецификаций УТОПИСТ¹⁴ были заложены идеи модульности и пакетов, которые стали широко известными с появлением языка Ada (начало разработки 1975)¹⁵. Другая идея УТОПИСТА – реализация одних абстрактных типов через другие – воплотилась лишь частично – как поддержка реализуемых типов данных, таких как массивы из однородных элементарных и структуры из разнотипных элементов. ИК АН ЭССР принимал участие в реализации языка Лисп на МВК «Эльбрус» (А. Рейтсакас) и реализации языка Ada на СМ ЭВМ (В. Куусик).

⁶ Hogselius P. Dynamics of innovation in Eastern Europe. Lessons from Estonia. 2005. P. 63.

⁷ Rindzeviciute E. Internal transfer of cybernetics and informality in the Soviet Union. P.124.

⁸ Tyugu E. Beginning of Computing in the Soviet Baltic Region. С.13.

⁹ Куусик Велло (1938–1992) – эстонский математик, окончил МГУ в 1961 г., работал в Институте кибернетики АН ЭССР, кандидат физико-математических наук (1972), сотрудник компании Elorg-Data (1977–1979) в Хельсинки.

¹⁰ Электронный архив академика А.П. Ершова <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?fileid=103727>.

¹¹ Таутс А. Формальная дедукция с трансфинитной индукцией и ее преобразование с целью обеспечения удобства синтеза программ// Кибернетика. 1984. №3. С.120–128. Минц Г.Е., Тыугу Э.Х. Полнота правил структурного синтеза// Докл. АН СССР. 1982. Т. 265, №6. С. 41–60.

¹² Амитан И.И. Язык сигналов для описания взаимодействия параллельных процессов// Кибернетика, 1979. №1. С. 73–77.

¹³ Xenno J. The depth of monotone function in multivalued logic. Information Processing Letters/ 1979. 8/ P. 176–177.

¹⁴ Тыугу Э. Концептуальное программирование. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1984. 256 с. Серия «Проблемы искусственного интеллекта», №5.

¹⁵ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?fileid=103771>

Работы в области инструментальных систем программирования начались в 1970-е гг. под руководством Бориса Георгиевича Тамма (1930–2002), профессора, д.т.н.¹⁶, академика АН ЭССР (член-корр. 1972, действительный член – 1975)¹⁷, который являлся признанным основателем и руководителем научной школы по технической кибернетике и информатике в Эстонии. Б.Г. Тамм окончил аспирантуру при Институте автоматики и телемеханики АН СССР (Москва), в Институте кибернетики он прошел путь от научного сотрудника до директора (1969–1976), затем стал ректором Таллинского политехнического института. Его работы по созданию специализированных систем программирования и основ моделирования широкого класса инженерных процессов нашли общее признание, оказали существенное влияние на становление таких крупных разделов информатики, как пакеты прикладных программ и инструментальные средства программирования. Разработанные им системы САП-2 для управления станками с ЧПУ (1964) и АПРОКС (1966) для управления газорезательными станками были в числе первых. За эти работы Б.Г. Тамм удостоен Государственной премии Эстонии. Им была сформулирована идея создания интегрированных систем программирования (1968, ИСП) для разрешения комплексных проблем, требующих одновременного учета различных предметных областей. В 1970-е гг. на основе этой идеи разрабатывались как пакетный, так и интерактивный варианты ИСП. В 1980-е гг. эти системы развились в т.н. метамониторные системы (МЕМО), позволяющие генерировать пакеты для различных предметных областей и организовать их совместную работу. В СКБ по вычислительной технике ИК АН ЭССР под его руководством реализовывалась программа «Микропроцессорные системы автоматизации и вычислительные средства», результатами которой стала ИСП ПРИЗ ЕС – многоязыковая СП, расширявшая возможности программирования в ОС ЕС. Она применялась для построения пакетов программ, трансляторов со специализированных языков и разработки крупных программных комплексов¹⁸. Метамониторная система МЕМО для ЕС ЭВМ, УВК М4030¹⁹ предназначалась для построения ПП с высокоуровневыми проблемно-ориентированными входными языками, была принята в качестве базовой для создания систем автоматизированного проектирования в машиностроении стран СЭВ. В ИК разрабатывались также ИСП ПРИЗ «Эльбрус», которая являлась развитием ПРИЗ ЕС, и ДИМО – ИСП диалоговых пакетов программ для построения системной части пакета акустодиагностики²⁰. В 1987 г. коллектив под руководством Б.Г. Тамма за создание и внедрение комплекса инструментальных систем программирования инженерно-технических задач был удостоен Государственной премии СССР в области техники.

В 1973 г. Б.Г. Тамм предлагал организовать на базе АН ЭССР журнал «Системное программирование»²¹. Его поддержал чл.-корр. АН А.П. Ершов. Судя по тому, что журнал «Программирование» начал выходить в 1975 г. в Москве, это начинание не нашло поддержки в Большой Академии.

Работы в области создания операционных систем реального времени (ОСРВ) в ИК АН ЭССР были тесно связаны с практикой управления процессами. Набор модулей ОСРВ и генерирующая программа (вместо макротехники) составили пакет программ MEDEX. Он позволял получать более качественные программы и упрощать процесс генерации для пользователя, давал возможность точной настройки каждой конкретной ОС на конкретный вид работ²². ОСРВ, сгенерированные в MEDEX, работали в бортовых системах геофизических исследований, в вычислительных центрах СССР и ГДР. Первая специализированная кросс-система для малой ЭВМ «Виру» была создана в 1976 г.²³, затем появился ряд специализированных инструментальных систем, предназначенных для трансляции, хранения и отладки программ объектной машины на ЕС ЭВМ, для выдачи технологической документации (для микро-ЭВМ Виру, Заря-20, Орбта-20, Заря-21 и 30)²⁴. Была создана и использовалась более чем в 10 организациях ИС

¹⁶ Тамм Б.Г. Элементы теории моделирования инженерных процессов при помощи специализированных систем программирования: Автореферат дис. на соискание ученой степени доктора технических наук. АН Эст. ССР. Совет физ.-техн. и мат. наук. Таллинн, 1969. 34 с.

¹⁷ Б.Г. Тамм был также иностранным членом Академии технических наук Финляндии (1978), почетный доктором Будапештского технического университета (1982), первым вице-президентом Международной федерации по автоматизации управления (ИФАК).

¹⁸ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaindex.asp?did=22942>

¹⁹ УВК М4030 (М-4000), разработка ИНЭУМа (1972–1977). Первая в СССР ЭВМ на интегральных схемах, предназначенная для управления АСУ крупными технологическими агрегатами-цехами, предприятиями.

²⁰ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?fileid=103782>

²¹ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=2298&fileid=90829>

²² Mõtus L., Käärmees K. Experiences with dedicated real-time operating systems// Software for Computer Control. Proceedings of the Second IFAC/IFIP Symposium on Software for Computer Control (SOCOCO'79), Prague, Czechoslovakia. 11–15 June 1979/Ed. By M. Novac. Pergamon Press, 1979. P. 219–224.

²³ Kahro M., Männisalu M., Tyugu E. A control computer software production system// Preprints 1st IFAC/IFIP Symposium on Software for Computer Control, SOCOCO'76 : Tallinn, USSR, May 25-28. 1976. P.33–36.

²⁴ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?fileid=103881>

СЕРП – система проектирования микропроцессорных устройств, моделирования объекта управления. Она использовалась для разработки микропроцессорных устройств на базе серий микропроцессоров K580 и K581 для Электроники 60 и СМ 1300, которые использовались в составе управляющих комплексов²⁵.

В создании ПО для различных типов ЭВМ в Эстонии, как мы уже выяснили, занимались около 100 специалистов. Среди них немало имен, хорошо известных в СССР и за рубежом, таких как Я. Пеньям, М. Меристе, Ю. Прууден, Э. Тыугу и другие. Энн Харальдович Тыугу (1935 г.р.), окончив Таллиннский политехнический институт в 1958 г., прошел специализацию в области программирования в Ленинградском политехническом институте²⁶. В 1966 г. защитил диссертацию на степень кандидата технических наук (научный руководитель Г.К. Горанский, в 1965–1970 гг. директор Института технической кибернетики АН БССР, Минск). В 1970–1971 гг. Тыугу стал прикрепленным научным сотрудником ВЦ СО АН, Ершов стал его научным консультантом по подготовке докторской диссертации. Материал, который у Энна Харальдовича был уже частично наработан и дополнен в ВЦ СО АН, лег в основу его доклада на Конгрессе ИФИП-71 в Любляне: ВЦ СО АН предоставил ему одно из мест, выделенных институту по линии научного туризма²⁷. В 1973 г. он защитил диссертацию на степень доктора технических наук (оппоненты С.С. Лавров, Б.Г. Тамм, Н.Г. Бондарев), защита проходила в ЛЭТИ²⁸. Научные контакты с отделом Ершова не прекращались, в 1979 г. Тыугу был приглашен Ершовым для участия в выдающемся мероприятии того времени – научном паломничестве в Ургенч на родину Аль-Хорезми²⁹. С подачи Ершова Э.Х. Тыугу стал приглашенным докладчиком на Конгрессе ИФИП-1980³⁰. В 1979 г. Тыугу был включен Ершовым в состав бюро Комиссии по системному математическому обеспечению Координационного комитета по вычислительной технике АН СССР³¹, а также стал во главе Рабочей группы по синтезу программ. Тыугу являлся членом Комиссии по распределению и использованию вычислительной техники в АН СССР³². В 1981 г. он был избран членом-корреспондентом АН Эстонской ССР, в 1985 – действительным членом, стал академиком-секретарем Отделения информатики и механики АН ЭССР (1985–1991).

В 1976–1986 гг. Тыугу возглавлял Лабораторию программного обеспечения в Институте кибернетики АН ЭССР. Исследовательская программа лаборатории была направлена на проблематику автоматизации программной инженерии с приложениями к инженерным расчетам. Тыугу предложил подход к разработке инструментальных систем для пакетов прикладных программ, базирующийся на автоматическом синтезе программ (позже стали использовать термины «семантические вычислительные сети» и «концептуальное программирование»). Идея получила дальнейшее развитие в работах С.С. Лаврова (Ленинград)³³. Подход Тыугу был реализован в системе ПРИЗ (программа решения инженерных задач)³⁴. В работе над этой системой принимал участие, в том числе, российский математик-диссидент Григорий Ефреимович Минц, который после увольнения его из ЛОМИ был принят в ИК АН ЭССР (1980–1991), где сотрудничал с лабораторией Тыугу³⁵. Важным свойством подхода, реализованного в системе ПРИЗ, была возможность интегрирования различных пакетов в одну систему.

В 1985–1988 гг. коллектив, возглавляемый Тыугу, вошел в состав ВНТК «Старт» – проекта по созданию ЭВМ 5-го поколения³⁶. Участие в этом проекте позволило эстонскому коллективу получить хорошую материальную поддержку для развития своих идей. Энн Харальдович был активным участником рабочей группы по выработке концепции проекта «Старт». В его обязанности входил выбор высокоуровневых средств создания интеллектуального программного обеспечения системы программирования, которые позволили бы создавать удобные пользовательские программы с

²⁵ Бергсон А.Р., Рауд Р.К. Использование функционально-эквивалентных модулей при разработке программ УЦВМ// Программирование, 1981. №4. С. 50–56.

²⁶ Enn Tuugu's CV <https://www.eris.ee/user.cv.preview.php?id=542> (01.03.2017)

²⁷ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=13752&fileid=127264>

²⁸ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=2301&fileid=90825>

²⁹ Тыугу Э.Х. Структурный синтез программ//Алгоритмы в современной математике и ее приложениях. Часть II. Материалы международного симпозиума. Ургенч, УзССР, 16–22 сентября 1979 г. Новосибирск : ВЦ СО АН СССР, 1979. С.64–78.

³⁰ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=20356&fileid=155976>

³¹ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=7326&fileid=99634>

³² <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=7354&fileid=100025>

³³ Лавров С.С. Синтез программ (в частности, система СПОРА)// Кибернетика. 1982. № 6. С 11–16.

³⁴ Mints G., Tuugu E. The programming system PRIZ// Journal of Symbolic Computation. Vol. 5. Iss. 3. June, 1988. P. 359–375. Кахро М.И., Калья А.П., Тыугу Э.Х. Инструментальная система программирования ЕС ЭВМ (ПРИЗ). М.: Финансы и статистика, 1988. 181 с.

³⁵ Tuugu E. Grigori Mints and computer science// <http://kodu.ut.ee/~varmo/tday-kaariku/GMe.pdf>. In memoriam: Grigori E. Mints (1939–2014) <https://math.stanford.edu> (02.03.2016).

³⁶ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=24422&fileid=172607>

дружественным интерфейсом (в противовес японскому выбору языка Prolog и европейскому выбору Lisp). В дальнейшем к работам ВНТК «Старт» был подключен довольно большой коллектив СКБ при Институте кибернетики, их задача была в реализации профессиональной интеллектуальной объектно-ориентированной рабочей станции ПИРС в составе ряда высокопроизводительных модулей, объединенных шиной Multibus-2 и машины ввода-вывода. Модулями в рабочей станции являлись процессор КРОНОС, фильтр данных, контроллер растрового экрана высокой разрешающей способности, специализированный процессор имен и процессор управления объектной памятью³⁷. 1990-е годы Тыугу провел в качестве профессора software engineering в КТН (Sweden), затем вернулся в Эстонию.

В республике проводились работы по школьной информатике, уровень которых был высоко оценен в годы осуществления общесоюзной программы информатизации школы. ИК АН ЭССР помогал одной из таллинских специализированных математических школ (№1) в преподавании программирования. В математической школе Нью, которая находилась под Тарту, программированию обучали с 1965 г. Поначалу на ЭВМ «Урал», списанном Тартуским госуниверситетом, затем на ЭВМ «Наири» и «Агатах» (руководитель занятий А. Кивимяэ)³⁸. Вычислительный центр Таллинского педагогического института принимал учащихся средних школ на практику. Здесь разрабатывались и методические проблемы школьной информатики. Подготовка студентов-программистов велась в ТПИ по специальностям 0646 (автоматизированные системы управления), 1738 (организация механизированной обработки экономической информации), в Тартусском госуниверситете по специальностям 0647 (прикладная математика) и 2035 (экономическая кибернетика). Программистов со средним специальным образованием готовили в техникуме по специальности «ЭВМ и программирование». В ИК и ТартГУ была аспирантура по математическому обеспечению ЭВМ и технической кибернетике, но не было советов, присуждающих ученые степени по математическому обеспечению ЭВМ³⁹.

Несмотря на реалии послевоенных лет, вызванные эпохой Холодной войны, Эстония имела хорошие связи с различными странами: Данией, Швецией в области научных контактов, с Финляндией в области образования и торговли. Советско-финское внешнеэкономическое сотрудничество в области ИТ шло через советско-финскую кампанию «Elog Data», созданную в 1974 г. 58 % уставного капитала принадлежало В/О Электроноргтехника (Министерство внешней торговли СССР)⁴⁰. Благодаря финнам, элементы современной компьютерной инфраструктуры, например, электронная почта, появились в ИК АН ЭССР в конце 1980-х годов⁴¹. Научный обмен способствовал подготовке специалистов обеих стран: когда в конце 1980-х–начале 1990-х финские университеты испытали лимит преподавателей в области Computer Science, они приглашали их из Эстонии. Одним из них был Мерик Меристе⁴²– ныне доцент Таллинского технического университета, кандидат технических наук (1984), в 1973 г. он окончил Тартуский университет по специальности «прикладная математика».

Литва. Вычислительная техника появилась в Литве в 1960 г. Вильнюсский завод вычислительных машин (Вильнюсское ПО «Сигма») серийно выпускал электронный вычислитель (ЭВ-80), предназначенный для обработки экономической информации и проведения несложных научно-технических вычислений⁴³. В 1969 г. здесь начали выпускать полупроводниковую ЭВМ РУТА-110, а с 1973 г. – ЭВМ третьего поколения – ВК М5000 и М5010, ориентированные на обработку статистической, экономической и прочей деловой информации. В 1983 г. здесь планировался выпуск ВК М5100, относившийся к классу мини-ЭВМ (главный конструктор А.М. Немейкшис). Эта машина предназначалась для машиносчетных станций ЦСУ СССР⁴⁴. Вильнюсское ПО «Сигма» было крупным высокотехнологичным предприятием. В его составе было Специальное конструкторское бюро вычислительных машин, где разрабатывалось программное обеспечение для указанных ЭВМ. Самой ранней разработкой был транслятор с языка Алгол 60 для ЭВМ РУТА-110, позднее было разработано МО вычислительных комплексов – ОС ДОС/М5000, ДОС/М5100, система программирования с трансляторами компилирующего типа с языков Ассемблера, Кобола, РПП (RPG, Report Program

³⁷ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=24632&fileid=172786>

³⁸ Казаков М. Знакомство с объявленной целью...//Техника молодежи, 1985. №2. С.20–21.

³⁹ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=8286&fileid=103886>

⁴⁰ Paju P. Finlandized computing or business as usual? Computer trade between Finland and the Soviet bloc in the 1970s//24th International Congress of History of Science, Technology and Medicine <http://www.ichstm2013.com/programme/guide/p/1036.html> (03.03.2017)

⁴¹ Küberneetika Instituut Muutuvas AJAS. Tallinn. 2000. L. 41–42.

⁴² Kaataja S. Expert groups closing to divide. Estonian–Finish computing cooperation since the 1960th// Beyond the divide: entangled histories of Cold War Europe. P.115.

⁴³ Согласно исследованию E. Rindzeviciute (P. 123), первый аналоговый компьютер ELI-12 появился в Вильнюсском университете в 1955 г., он был передан из МГУ.

⁴⁴ См. подробнее Pakstas A. Aspects of computer design and manufacturing in Lithuania. P.9–10.

Generator, язык управления заданиями) и ПЛ/1. В качестве промежуточного языка использовался язык Ассемблера. Все трансляторы имели многомодульную оверлейную структуру⁴⁵.

Первый ВЦ в Литве появился в Институте физики и математики АН Лит ССР (1967). Он был оснащен ЭВМ БЭСМ-М2. Руководил ВЦ Мефодиус Сапаговас, к.ф.-м.н., защитивший диссертацию под руководством академика В.М. Глушкова в 1965 г.⁴⁶ В 1977 г. был организован Институт математики и кибернетики АН ЛитССР. В 1981 г. в Литве работало 147 ВЦ и подразделений, где использовалось 303 ЭВМ. Из них ЕС ЭВМ –72, ЭВМ М5000 – 102, ЭВМ типа БЭСМ – 6, ЭВМ типа Минск – 47, 76 ЭВМ других типов⁴⁷. Наибольшие вычислительные мощности сосредоточены были в ВСКП⁴⁸ АН Литовской ССР: двухмашинный комплекс ЭВМ БЭСМ-6 (с 1972 г.). Комплекс работал под общей дисковой памятью под управлением ОС Диспак. Здесь функционировала терминальная сеть, состоящая из 22 алфавитно-цифровых и одного графического дисплеев. Максимальная удаленность терминала – 350 км (Вильнюс–Паланга). Клиенты ВСКП – это 25 научных, учебных и производственных организаций, в среднем 170 сотрудников ежедневно решали около 1000 вычислительных задач и задач по отладке программ. В перспективе ВСКП АН ЛитССР должна была быть оснащена МВК Эльбрус и ЕС-1045, СМ ЭВМ и микроЭВМ. В ВЦ республики использовалось в основном СПО, разработанное в ведущих организациях страны (ИК АН УССР, НИЦЭВТ)⁴⁹. Созданная Вычислительная система коллективного пользования в Вильнюсе была оснащена системой телеобработки статистической информации СТОСИ (1985, Сеть ЭВМ Госстата), использовались СУБД БАНК-ДОС и СУБД БАНК-ОС, ОКА (ИК АН УССР), СЕДАН (ИНТЕРПРОГРАММА, София), ИНЕС (Институт системного анализа АН СССР, 1978) и др.

В Каунасском политехническом в 1970–1980-е годы активно занимались созданием систем автоматизированного проектирования – созданы система «Каунас», руководитель д.т.н. профессор Л. Абрайтис, предназначенная для автоматизации микропрограммирования и отладки программного обеспечения микропроцессорных структур серии К589; Система «НЯМУНАС-91», руководитель д.т.н., профессор Г. Жинтелис⁵⁰. Система включала транслятор макропрограмм с языка высокого уровня МИКАЛУ⁵¹, кросс-ассемблер, подсистему физической адресации микрокоманд, подсистему моделирования микропрограмм на языке микрокоманд. Система НЯМУНАС-91 работала на установках ЕС ЭВМ с типовым комплектом внешних устройств под управлением ОС ДОС ЕС, и полностью выводила отлаженные коды в требуемом формате, которые могли загружаться непосредственно в память микропроцессорной структуры. Система НЯМУНАС-91 была внедрена в промышленную эксплуатацию в несколько организаций Минсвязи СССР и Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР для разработки проектов объемом до нескольких тысяч микрокоманд. Здесь активно развивались работы по технологии программирования для микро-ЭВМ и микропроцессоров.

Исследования по теории программирования сосредоточены были в Институте математики и кибернетики АН ЛитССР и Вильнюсском государственном университете. Исследования коллективов ИМиК лежали в областях пропозициональных алгоритмических логик, функциональных алгоритмических логик, в области проблем эквивалентных преобразований программ, синтеза «надежных» программ из «ненадежных» элементов, теории спецификаций (Р. Плюшкавичус, С. Юкна, К. Гячас, Ю. Сакалаускайте, Р. Жалдокас и другие)⁵². В Вильнюсском университете работали в области оптимизации программ (А. Миташюнас), автоматизации аналитических преобразований выражений (В. Тумасонис, создатель системы САТА, реализованная на языке программирования Лисп для системы ДОС/ЕС, ЭВМ БЭСМ-6), автоматизированного синтеза программ (А. Кутка).

Научно-исследовательские работы по языковым конструкциям, поддерживающим механизм абстрактных типов данных велись в ИМиК АН ЛитССР с 1977 г. Затем тематика расширилась в направлениях методики использования абстрактных типов данных (АТД) в проектировании баз данных, методики программирования с использованием идеологии абстрактных типов данных, языков с аппаратом АТД. Был разработан процессор АТД на основе макросредств Ассемблера ОС/ЕС и язык ЯСП (язык связи с процессором). Большое внимание в нем уделялось исследованиям динамических структур данных (графы, деревья и т.п.)⁵³.

⁴⁵ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?fileid=103918>

⁴⁶ Rindzeviciute E. Internal transfer of cybernetics and informality in the Soviet Union. P. 126. В 1987 г. М. Сапаговас защитил докторскую диссертацию, в 1987 избран членом-корреспондентом АН Литвы.

⁴⁷ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?fileid=103900>

⁴⁸ ВСКП – вычислительная система коллективного пользования.

⁴⁹ http://www.computer-museum.ru/histsoft/oper_es.htm (10.03.2017)

⁵⁰ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?fileid=103890>

⁵¹ Валантинас И.И., Жинтелис Г.Б., Канапяцкас П.Н. и др. Язык микропрограммирования высокого уровня МИКАЛУ. Управляющие системы и машины. 1980. № 5. С. 82-89.

⁵² <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=8291&fileid=103916>

⁵³ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=8291&fileid=103918>

Работы в области технологии программирования велись в Литве с конца 1960-х годов, они базировались в области модульного программирования и технологии пакетов прикладных программ, методологии структурного программирования, абстрактных типов данных. В ИМК АН ЛитССР исследования проводились по структуризации процесса разработки программного продукта, типизации процедур, применяемых при проведении работ на отдельных этапах этого процесса, по инструментальным средствам, поддерживающим процесс разработки.⁵⁴ В Вильнюсском университете под руководством научного сотрудника МГУ Н.П. Брусенцова в области технологии программирования для микро-ЭВМ была разработана диалоговая система структурированного программирования для микро-ЭВМ серии ЭЛЕКТРОНИКА НЦ⁵⁵. Система ориентирована на разработку системного ПО и поддерживала операционную абстракцию, нисходящее кодирование тестирование программ и структуризацию программы при помощи диалоговых структур управления. В 1983 г. под руководством Н.П. Брусенцова была защищена кандидатская диссертация по специальности 01.00.00 – физико-математические науки – Г.В. Златкус «Диалоговая система структурированного программирования для микрокомпьютеров». В 1977 г. на математическом факультете Вильнюсского университета начали читать спецкурсы по технологии программирования.

Разработка пакетов прикладных программ в Литве являлось одним из основных направлений в области ПО ЭВМ, в этих разработках принимали участие институты АН Литвы (ИМК, Институт физики, Институт физико-технических проблем энергетики), ведущие вузы республики (Вильнюсский госуниверситет, Каунасский политехнический институт, Каунасский медицинский институт, Вильнюсский инженерно-строительный институт), организации министерств и ведомств. ППП предназначались для ЭВМ различных типов и мощностей (БЭСМ, ЕС, Эльбрус, М-5000, микропроцессоры). Они составлялись для самых различных предметных областей (планирование, медицина, научно-технические задачи, автоматизация эксперимента). Исторически первой предметной областью, для которой начали создавать ППП в Литве было календарно-тематическое планирование, контроль и управление на базе систем сетевых моделей для НИОКР предприятий, объединений и машиностроительных отраслей. Уже упоминалась инструментальная система ВИЛЬНЮС, предназначенная для конструирования ППП в области календарно-тематического планирования и управления (ИМК АН ЛитССР). В Институте физики АН ЛитССР разработки предназначались для МК Эльбрус, версии для ЭВМ БЭСМ-6: ППП статистического анализа и синтеза одномерных структур, решения нелинейных эллиптических дифференциальных уравнений (НЕДЕП) с высокоразвитым входным языком NEDEL, предназначенным для записи заданий и директив по методу решения задач математической физики; ППП решения задач распознавания образов (СОРРА) и прочее. В Литве производились малые ЭВМ третьего поколения (М5000, М5000Д, М5010, М5100). Они были ориентированы на обработку статистической, экономической и другой деловой информации, в т.ч. для решения задач АСУ средними промышленными объектами. Вильнюское ПКБ АСУ развивало ПО для МК М5000: ППП общего назначения и для решения прикладных задач⁵⁶.

Разработка банков данных с использованием систем управления базами данных (СУБД) в Литве начаты в середине 1970-х гг. Были созданы пакеты универсальных программ на ЭВМ Минск-22 и Минск-32 для обработки экономической информации, разработанные в НИИ экономики и планирования народного хозяйства Госплана ЛитССР. В Вильнюсском университете в 1976 г. был разработан комплекс программ организации и ведения базы АСУ по заказу ЦНИИ систем управления из Тулы. Выполнялись работы по развитию ПО распространенных СУБД в ИВЦ Министерства финансов ЛитССР для СУБД ОКА. Наибольшее число разработок с использованием СУБД осуществлено было в отраслевой лаборатории АСУ Каунасского политехнического института. Здесь были спроектированы базы данных для подсистемы заготовки сырья, оперативного управления и планирования ОАСУ промышленности и сельского хозяйства⁵⁷. В области информационно-поисковых систем работали в ИМК, где под научным руководством член-корр. Н.Н. Говоруна было разработано ПО для реализации двухуровневой информационно-поисковой системы, основанной на модифицируемом методе бинарных матриц для ЭВМ БЭСМ-6.

В области операционных систем работы проводили СКБ ВМ Вильнюсского ПО СИГМА (ОС для МК М5000, М5010 и М5100); ИМК разработал различные системные средства для устройств ввода-вывода информации и общения с ЭВМ при создании автоматизированной системы коллективного пользования АН ЛитССР, поскольку была выявлена недостаточность стандартного СПО. В Институте

⁵⁴ Чаплинскас А.А., Матулис В.А. Система Вильнюс. Концепция, структура и технология ее использования. Вильнюс: ИМК АН ЛитССР, 1981. 47с.

⁵⁵ Брусенцов Н.П., Златкус В., Руднев И.А. ДССП – диалоговая система структурированного программирования. // Программное оснащение микрокомпьютеров. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. С. 11–40.

⁵⁶ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=8291&fileid=103938>

⁵⁷ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=8291&fileid=103942>

физико-технических проблем энергетики АН ЛитССР созданы были многоуровневая автоматизированная измерительно-вычислительная система теплофизических экспериментальных исследований (АСТЭИ) и вычислительная система коллективного пользования. Математическое обеспечение в вычислительной сети ИФТПЭ создавалось как МО многомашинной иерархической вычислительной системы коллективного пользования, обеспечивавшей автоматизацию научного эксперимента и коллективный доступ к вычислительным средствам. В Каунасском политехническом институте была разработана система автоматизации проектирования имитационных моделей агрегативных систем САПАС⁵⁸.

Обучение математиков программированию было начато в Вильнюсском университете в 1959 г. Поскольку ЭВМ еще не было, для практики студенты направлялись в Ригу⁵⁹. В 1960 г. на факультете электротехники Каунасского политехнического института им. А. Снечкуса (с 1990 – Каунасский технологический университет) было открыто Отделение вычислительных устройств и автоматики. В 1966 г. отделение было разделено: созданы отделение автоматики и телемеханики, и отделение вычислительных технологий. Позднее на его базе были созданы Центр вычислений и факультет информатики. В 1977 г. был создан факультет вычислительной техники (ныне факультет информатики), куда входила кафедра математического оборудования и кафедра вычислительной техники. В 1990 г. кафедра вычислительных машин переименована в отдел компьютерных наук, которая в настоящее время является частью факультета информатики⁶⁰. Так же, как и в других республиках, в Литве ощущался голод в кадрах высшей квалификации, не хватало соответствующих советов по защите. Возникали ситуации, когда специалисту, подготовившему работу в области ПО, приходилось переоформлять диссертацию по другой специальности⁶¹. Некоторую помощь в деле подготовки диссертаций оказывал Московский университет в лице Н.П. Брусенцова и Э.З. Любимского. Что касается раннего обучения программированию, то в 1979 г. в Литве была организована республиканская заочная школа молодых программистов со сроком обучения в 2,5 года на языке Паскаль и структурном методе программирования.

Латвия. В Латвии работы по СМО базировались в Вычислительном центре Латвийского государственного университета им. П. Стучки и Институте электроники и вычислительной техники (ИЭВТ) АН ЛатССР. ВЦ ЛатГУ был создан в 1959 г. как исследовательский институт (ныне Институт математики и информатики Латвийского университета), в 1980-е годы он насчитывал около 300 сотрудников. ВЦ в 1960-е–1970-е годы был оснащен ЭВМ БЭСМ-2, БЭСМ-2М, БЭСМ-4, Минск-22, -23, -32; во второй половине 1970-х гг. здесь появились ЕС-1020, две ЕС-1022 и ЕС-1060 и другие машины серии ЕС, была приобретена GE-415 (General Electric). ЕС ЭВМ эксплуатировались до 1992 г. и были отключены из-за большого потребления электроэнергии и большого количества обслуживающего персонала⁶².

В 1980-е гг. в области СМО в ЛатГУ работало примерно 25 человек, из которых 1 доктор наук и 6 кандидатов наук. Специалистов по СМО в Латвии готовили в университете (прием 75 человек в год) и Рижском политехническом институте (50 человек) в рамках специальности «прикладная математика». Процесс замены оборудования на машины серии ЕС в середине 1970-х годов не привел к спаду научно-исследовательской деятельности: напротив, открылось новое направление по математической физике, появилась возможность работать по договорам с военно-промышленным комплексом⁶³. Создание отраслевых ВЦ на базе новой техники вывело ВЦ ЛатГУ на позиции головной организации по решению общесистемных вопросов МО РАСУ-Латвия (РАСУ – Республиканская автоматизированная система управления). Сотрудники ВЦ ЛатГУ осуществляли апробацию новых компонент операционных систем (языков, трансляторов, средств телеобработки, СУБД), разрабатывали методические и учебные пособия по использованию этих компонент⁶⁴, принимали участие в процессе обучения программистов в республике, разрабатывали некоторые пакеты программ общего назначения и т.д. Координирующая роль ЛатГУ в создании РАСУ-Латвия имела важное значение, поскольку разработка системы была

⁵⁸ Горелик Я.Е., Пранявичус Г.И. Система автоматизированного построения имитационных моделей агрегативных систем САПАС. Каунас: КПИ, 1985.

⁵⁹ Telksnys L., Zilinskas A. Computer in Lithuania. P. 91.

⁶⁰ <http://ktu.edu/en/faculty-informatics/departement-computer-science> (09.03.2017)

⁶¹ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?fileid=103966>

⁶² Балодис Р., Опмане И. Институт математики и информатики Латвийского университета и три социально-технологические волны ИТ// Труды SORUCOM-2011. Вторая Международная конференция «Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР». Великий Новгород, 12-16 сентября 2011 г. Великий Новгород: ЗОА «Новгородский Технопарк», 2011. С.37.

⁶³ Балодис Р., Опмане И. Институт математики и информатики Латвийского университета и три социально-технологические волны ИТ. С.40

⁶⁴ Аугустон М.И., Балодис Р.П., Барздинь Я.М., др. Программирование на ПЛ/1 ОС ЕС. М. : Статистика, 1979. 269 с.

рассредоточена по министерствам и ведомствам со своими относительно скромными коллективами программистов недостаточно высокой квалификации, поэтому около 60% машинного времени в Риге, например, тратилось на освоение МО и отладку программ⁶⁵.

В развитии направления СМО Латвии в рассматриваемый период принимали участие десятки ученых и инженеров. Остановимся на биографиях двух из них, материалы о которых нам доступны из различных публикаций и архива А.П. Ершова. Это отец и сын Барздини – Ян Мартынович и Гунтис Янович. Ян Мартынович Барздинь (1937 г.р.) в 1954–1959 гг. учился на физико-математическом факультете ЛатГУ, затем три года в аспирантуре. Кандидат физико-математических наук (1965) г., доктор физико-математических наук (1976). Профессор по специальности «математическая кибернетика» (1985), был членом Высшей аттестационной комиссии СССР. С 1971 по 1997 г. заведовал лабораторией Вычислительного центра ЛатГУ, 1997–2006 – директор Института математики и информатики Латвийского университета, один из ведущих специалистов области теории алгоритмов и программирования. Им были разработаны двойственные к смешанным вычислениям методы синтеза программ по частным реализациям, подготовлены 15 кандидатов и докторов наук в период с 1971 по 2006 г. Член-корреспондент, действительный член АН Латвии (1992). Я.М. Барздинь был аспирантом Б.А. Трахтенброта в бытность того сотрудником Института математики СО АН СССР. Под руководством Трахтенброта Барздинь защитил кандидатскую диссертацию⁶⁶, в соавторстве они написали монографию, посвященную поведенческой теории конечных автоматов, где систематически излагались новые результаты в этой области⁶⁷. Я.М. Барздинь, как и академик А.Н. Колмогоров, у которого он после защиты кандидатской диссертации год стажировался в МГУ⁶⁸, не разделял некоторые из научных предпочтений чл.-корр. С.В. Яблонского в области дискретной математики. Трахтенброт вспоминал: «Яблонский играл осязаемую роль в Отделении математики Академии наук СССР во всех вопросах: контроль над конференциями, научные контакты с зарубежными странами, публикации, подтверждение и полуофициальное одобрение результатов, присвоение научных степеней. В дискретной математике он был полновластным судьей и нейтрализовал даже такого математика, как Колмогоров, поэтому много лет чинились препятствия в утверждении докторской диссертации Я.М. Барздиня»⁶⁹. Эта работа была выполнена по специальности «математическая логика и теория алгоритмов», оппоненты на защите – академик А.Н. Колмогоров, чл.-корр. А.П. Ершов и д.ф.м.-н. Г.С. Цейтин⁷⁰.

По стопам отца пошел Гунтис Янович Барздинь (1962 г.р.). В 1981–1985 гг. он учился в ЛатГУ на физико-математическом факультете, окончил его по специальности «прикладная математика», затем поступил в аспирантуру ЛатГУ, но его научным руководителем был А.П. Ершов. К сожалению, из-за тяжелой болезни Ершов не мог полноценно руководить своим аспирантом, и руководство осуществлял д.ф.-м.н. В.Е. Котов⁷¹. В 2010 избран в Академию наук Латвии. Ныне успешно работает в Латвийском университете.

В исследуемый период в Прибалтике проводились конференции по разнообразной тематике, они собирали лучшие программистские силы АН СССР: всесоюзные конференции «Автоматизация производства ППП» (Таллинн, 1980), «Методы математической логики в проблемах искусственного интеллекта и систематическое программирование» (Паланга, 1980), «Применение методов математической логики» (Таллинн, 1983), «Проблемы совершенствования синтеза, тестовой верификации и отладки программ» (Рига, 1986) и другие. Свообразным итогом работы прибалтийских специалистов в области системного математического обеспечения советского периода стало издание в Springer-Verlag сборника избранных статей, посвященного 70-летию со дня рождения профессора Бориса Авраамовича Трахтенброта «Father of Baltic Computer Science»⁷². В книге были представлены результаты

⁶⁵ Барздинь Я.М. Отчет о работах, проводимых в Вычислительном центре Латвийского госуниверситета им. П. Стучки по системному математическому обеспечению /Бюллетень №9 Координационного комитета Академии наук СССР по вычислительной технике. М.: ВИНТИ, 1982. С. 268–269.

⁶⁶ Барздинь Я.М. О проблемах универсальности в теории автоматов: дис... канд. физ.-мат. наук. Новосибирск, 1965. 8 с.

⁶⁷ Трахтенброт Б.А., Барздинь Я.М. Конечные автоматы (синтез и поведение). М.: Наука, 1970. 410 с.

⁶⁸ Барздинь Я. М. Три воспоминания об А.Н. Колмогорове// Колмогоров в воспоминаниях учеников: Сб. ст. / Ред.-сост. А.М. Ширяев. М.: МЦНМО, 2006. С.98–99.

⁶⁹ Трахтенброт Б.А. Памяти Андрея Петровича Ершова// Андрей Петрович Ершов – ученый и человек. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2006. С. 347–348.

⁷⁰ Барздинь Я.М. Сложность и частотное решение некоторых алгоритмически неразрешимых массовых проблем: дис... докт. физ.-мат. наук: 01.007. Новосибирск, 1971. с.

⁷¹ Барздинь Г.Я. Индуктивный синтез систем подстановок терминов: дис... канд. физ.-мат. наук: 05.13.11. Новосибирск, 1990. 18 с.

⁷² Baltic Computer Science. Selected Papers. LNCS, 502. Editors J. Barzdins & D. Bjonner, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1991. 619 p.

исследований конца 1970-х–1980-х годов, которые ранее были изданы на русском языке, а также новые результаты.

В марте 1981 г. Президиум АН СССР принял решение о проекте «Академсеть». Комитет Академсети возглавил академик Г.И. Марчук, президент АН СССР. Совет конструкторов возглавлял Э.А. Якубайтис, директор Института электроники и вычислительной техники АН ЛатССР. Вместо протокола Арпанет (ТСР/П) Академсеть использовала протокол X.25. СССР был поделен на 8 регионов, Латвия, Литва, Эстония и Беларусь составляли один из них, центр находился в Риге. Эстонский узел базировался в Таллинне, в 1987 г. был построен канал Таллинн–Москва⁷³. Литовские специалисты скептически оценивали результаты проекта, поскольку база данных была ограниченной: материалы, имеющие ценность, были засекречены, а доступные материалы оказывались малоинформативными⁷⁴.

Заключение. Вплоть до распада СССР контакты специалистов из Прибалтики с ведущими центрами информатики СССР были достаточно прочными и плодотворными (Москва, Новосибирск, Киев). Они складывались в теории и практике программирования, искусственного интеллекта, пакетов прикладных программ, специалисты работали в совместных проектах. Особенно была важна помощь других региональных школ программирования в подготовке кадров высшей квалификации для Прибалтики. Но естественным было со стороны представителей Прибалтики настаивать на реализации идеи межреспубликанского совета по защита, препятствием для создания которого являлось отсутствие необходимого количества докторов наук.⁷⁵ Это стремление поддерживалось большинством отечественных специалистов в области СМО⁷⁶.

Техническое оснащение организаций Прибалтики некоторым образом отличалось. Эстония имела выход на зарубежные рынки, разработки велись здесь на оборудовании, которое в СССР было недоступно, поскольку поступало из-за рубежа в ограниченном количестве. За исключением системы ПРИЗ, выполненной под руководством Э. Тыгу, программное обеспечение, разработанное в Прибалтике, применялось в основном локально. Таллиннская школа системного программирования, где теория смыкалась с практикой, отмечалась наряду с другими школами программирования СССР⁷⁷. В это время таллиннский Институт кибернетики занимал прочные позиции в советской системе компьютерной науки. Латвийские программисты рассредоточены были по нескольким организациям, координация их деятельности не осуществлялась. Латвийский университет выполнял также координацию работ по общесистемному ПО РАСУ Латвии. В Литве велась активная научно-исследовательская работа по теоретическим вопросам программирования, в области принципов построения ППП и технологии их разработки, по автоматизации проектирования программного обеспечения микропроцессорных структур. Здесь были разработаны и серийно выпускались мини-ЭВМ для обработки экономической информации, было создано ПО для этих ЭВМ.

В целом можно сказать, что развитие тематики системного математического обеспечения ЭВМ в Прибалтике сдерживалось слабой материально-технической базой, особенно на начальном этапе появления ЭВМ, что было общим для СССР явлением, хотя существовали исключения вне академических и образовательных структур. В пору ЕС ЭВМ здесь появились более мощные машины, а машинный комплекс из двух БЭСМ-6 работал в Латвийском университете. В Прибалтике позднесоветского периода имелись свои лидеры системного программирования, которые были в состоянии подготовить достойную смену при прочих равных условиях. Прибалтийские республики в бытность свою в составе СССР получили возможность развивать компьютерное дело, создавать системное и прикладное математическое обеспечение для внутренних потребностей, а также для нужд за пределами республик. Зарубежные научные и торговые связи позволяли поддерживать парк ЭВМ и общий уровень программирования на основе общесоюзных вузовских и школьных образовательных программ. Однако существовали и сдерживающие факторы, присущие командной экономике, вызванные стремлением тотального контроля и ограничением самостоятельности агентов системы.

⁷³ Hogselius P. Dynamics of innovation in Eastern Europe. P. 64–65.

⁷⁴ Rindzeviciute E. Internal transfer of cybernetics and informality in the Soviet Union. The case of Lithuania. P. 127.

⁷⁵ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=7988&fileid=102969>

⁷⁶ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=7994&fileid=102719>

⁷⁷ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=7988&fileid=102971>

Из истории программирования в Беларуси (1959–1990)*

Крайнева Ирина Александровна, к.и.н.
Городняя Лидия Васильевна, к.ф.-м.н.

Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, Новосибирск
cora@iis.nsk.su

Осознание полезности ЭВМ было связано с Советским атомным проектом – детищем Холодной войны, планы их широкого народнохозяйственного применения также родились в период ее апогея. Несмотря на некоторые просчеты во внутренней политике, в период хрущевской оттепели значительное место отводилось научно-техническому прогрессу на основе развития науки и техники, а именно кибернетики и ЭВМ. Во второй половине 1950-х годов в СССР развернулось создание новой отрасли машиностроения. В 1956 г. было принято постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР о мерах по расширению производства ЭВМ, предусматривалось строительство Минского и Казанского заводов ЭВМ, в конце 1957 г. – появилось постановление о строительстве Завода полупроводниковых приборов в Воронеже¹. Постановление 1956 г. не предусматривало создание программного обеспечения (ПО) ЭВМ. В создавшихся условиях проблема ПО массовых ЭВМ вставала достаточно остро. На минском заводе к ее решению подошли творчески: на республиканском уровне в 1959 г. было принято решение о создании при СКБ завода лаборатории математического обеспечения по предложению Геннадия Константиновича Столярова, недавно окончившего Военмех в Ленинграде и заочно матмех ЛГУ. Столярову и его коллективу принадлежит роль создателей софтверной индустрии на Минском заводе вычислительных машин им. С. Орджоникидзе: коллектив лаборатории, поначалу состоявший из нескольких сотрудников, увеличился до 120 человек к концу 1960-х годов. Здесь трудились такие математики как Г.М. Генделев, В.И. Цагельский, М.С. Марголин, Е.В. Ковалевич, Г.Д. Смирнов, Л.М. Романовская и другие.

В 1959–1968 гг. Столяров начальником научно-исследовательского отдела машинной математики, заместителем главного инженера по математическому обеспечению в Минском проектно бюро (СКБ реорганизовано в МПБ в 1964 г., с 1972 г. – НИИ ЭВМ). Он руководил работами по математическому обеспечению ЭВМ «Минск» первого и второго поколений, был заместителем главных конструкторов ЭВМ «Минск-1», «Минск-2», «Минск-23»². Лауреат Государственной премии СССР 1970 г. «За создание семейства ЭВМ второго поколения типа «Минск» и освоение их серийного производства».

Еще один сотрудник лаборатории МО Марк Ефимович Неменман (1936 г.р.) в 1958 г. с отличием окончил Белорусский государственный университет, где был оставлен преподавателем математики. В конце 1961 г. он перешел на работу в СКБ завода им. С. Орджоникидзе (НИИ ЭВМ), прошел путь старшего инженера, начальника лаборатории, начальника отдела. Первый опыт программирования он приобрел на ЭВМ Минск-1. В 1963 г. вышла книга «Программирование для цифровой вычислительной машины “Минск-1”» в соавторстве с Г.М. Генделевым, Э.В. Ковалевич, М.С. Марголиным, Г.К. Столяровым и другими – первая монография по программированию в Беларуси. Неменман принимал участие в разработке систем автоматического программирования для ЭВМ «Минск» последующих поколений, вплоть до Минск-32. В конце 1960-х годов он познакомился с А.П. Ершовым, который оказал стимулирующее влияние на решение Марка Ефимовича подготовить и защитить диссертацию³. Ершов стал его научным руководителем. Диссертация по специальности 05.13.11. – системное программирование, была подготовлена в Минском НИИ ЭВМ, и защищена в 1975 г. в Совете физико-математических и технических наук АН ЭССР в Таллинне (официальные оппоненты д.ф.-м.н. Э.З. Любимский, д.т.н. Э.Х. Тыгу). Предметом защиты являлась общая методология проектирования, разработки и развития базового ПО ЭВМ среднего класса с учетом массового применения, а также конкретные научно-технические решения при проектировании архитектуры системы обработки

* Грант РФФИ 15-07-06345

¹ <http://www.computer-museum.ru/calendar/7.htm> (04.04.2017)

² Stolyarov G.K. Computers in Belarus: Chronology of the main events// IEEE Annals of the History of Computing. Special Reprint for the IFIP World Conference on Perspectives on Soviet and Russian Computing. 3–7 July, 2006. Karelia, Russia. P.96–100.

³ Электронный архив академика А.П. Ершова
<http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=10916&fileid=110829>

информации ЭВМ Минск-32⁴. А.П. Ершов отмечал в своем отзыве, что хотя такие важные принципы программирования, которых придерживался диссертант, как «модульная организация ПО, разработка значительной части базовых программ на инструментальной машине с последующей “раскруткой” на головной машине, эмуляция и перенос программ, внутрисистемные стандарты на ПО, продуманная система его сопровождения» не являлись принципиально новыми, их ценность состояла в том, что они выполнялись в промышленных масштабах⁵. Репутация минских системных программистов сформировалась на основе сопровождения ЭВМ и обновления мануалов, что свидетельствовало о том, что разработчиков МО заботило превращение программного средства в программную продукцию. В период ЕС ЭВМ Неменман принимал участие в исследованиях по развитию архитектуры и в разработке МО ЕС-1037, ЕС-1130, был ведущим разработчиком системного и прикладного программного обеспечения персональных ЭВМ ЕС-1840, 1841 и других. Ныне проживает в США, куда уехал в 1994 г.

В 1959 г. на базе математических лабораторий и лаборатории ЭВМ Института физики и математики АН БССР создан Институт математики и вычислительной техники АН Беларуси. Здесь, помимо прочего, в исследуемый период развивались численные методы в прикладной математике, математическая кибернетика и математическое обеспечение ЭВМ⁶. В составе института был организован Вычислительный центр, который обеспечивал исследовательскую деятельность коллектива, связанную с использованием вычислительной техники. Кроме того, при институте работал Республиканский фонд алгоритмов и программ, осуществлявший внедрение прикладного МО. Руководили ИМ с 1959 по 1977 г. Н.П. Еругин (академик АН БССР с 1956 г.), с 1977 по 1992 г. – В.П. Платонов (академик НАН Беларуси, 1972; академик РАН с 1987 г.).

Институт сотрудничал со многими научными и производственными организациями республики в области математического моделирования и решения прикладных задач на ЭВМ: выполнялись обработка данных геофизических съемок территории Белоруссии, расчета строительных конструкций, параметров высоковольтных линий электропередач, моделирования колебательных процессов в автотранспорте, обработка данных в медицине, биологии, химии и физике и других областях. В 1961–1962 гг. в связи с организацией в Минске серийного выпуска ЭВМ «Минск», в Институте приступили к разработке МО ЭВМ. Были созданы библиотеки стандартных программ, реализующих методы численного анализа, для ЭВМ Минск-2(22), Минск – 2(22)М, Минск-32. Исследования в области трансляторной тематики начались в институте после того, как Н.В. Шкут прошел стажировку в Отделе программирования ВЦ СО АН СССР. При его участии разработаны и реализованы трансляторы с подмножества языка программирования Алгол 60 для ЭВМ Минск-2 и Минск-22 (ТАМ-2, ТАМ-22). Межведомственная комиссия ГКНТ СССР рекомендовала их к эксплуатации на вышеназванных ЭВМ⁷.

В 1968 г. в ИМ АН БССР перешел Г.К.Столяров⁸. Здесь он возглавлял лабораторию систем математического обеспечения, где под его руководством в 1974–1987 гг. создавалось семейство информационных документально-фактографических систем АСПИД. Создание этих систем являлось созвучным новому направлению применения ЭВМ с использованием различных баз данных. В семейство АСПИД входили АСПИД-3/ОС, АСПИД-ДОС, АСПИД-5/ЕС, АСПИД-7 на СМ-4, АСПИД-9⁹, конвертеры, система бесперфокартного диалогового ввода данных (более тысячи первичных пакетопередач с правом дальнейшего тиражирования в 135 отраслей и ведомств СССР)¹⁰. В этот период Столяров, в качестве члена Пленума Координационного комитета по вычислительной технике АН СССР (ККВТ)¹¹ и других комитетов и комиссий как республиканского, так и международного уровней, вел большую организационную работу по информатизации научных исследований в СССР. Он инициировал создание и обеспечил руководство советской Рабочей группой по системам управления банками данных (1973–1987), был наблюдателем от Академии наук СССР в рабочих группах по банкам данных США и Великобритании по представительству академика А.А. Дородницына. В СССР проводились Всесоюзные конференции по банкам данных, издавался сборник «Прикладная информатика» (гл. редактор

⁴ Неменман М.Е. Метод разработки систем программного обеспечения и его реализация для ЭВМ «Минск-32»: дис... канд. физ.-мат. наук: 05.13.11. Таллинн. 1975. 22 с.

⁵ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=25111&fileid=173057>

⁶ Танаев В.С., Абламейко С.В., Махнач В.И. Информатика <http://www.itmo.by/jepter/sci-bel/281-313.pdf> (30.03.2017)

⁷ Шкут Н.В. Автоматизация программирования для вычислительной машины "Минск-2" Минск : Наука и техника. 1967. 80 с.

⁸ В настоящее время Г.К. Столяров – пенсионер республиканского значения. В 2000 г. вместе с конструктором ЭВМ «Минск» Г.П. Лопато удостоен IEEE Computer Society Award «Computer Pioneer».

⁹ Столяров Г.К., Григянец Р.Б., Квачук К.П. Новое поколение информационных систем семейства АСПИД //УСИМ. 1985. N.2. С.124–126.

¹⁰ <http://www.voenmeh.com/memo.php> (31.03.2017)

¹¹ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=7728&fileid=99698>

В.М. Савинков), Отчеты РГБД¹². Столяров тесно сотрудничал с А.А. Дородницыным, А.П. Ершовым по вопросам перспективных направлений развития программирования¹³. ВЦ СО АН СССР был ведущей организацией его диссертации на степень кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.10 – математическое обеспечение вычислительных машин и систем, подготовленной им без научного руководства в ИМ АН БССР и защищенной в Институте кибернетики в Киеве¹⁴.

Николай Васильевич Шкут (1937–2002), выпускник Белорусского государственного университета (1959), работал заведующим лабораторией БГУ, затем перешел в Институт математики. В 1965 г. возглавил лабораторию автоматизации программирования. В 1966 г. стал аспирантом А.П. Ершова¹⁵, в 1971 г. защитил диссертацию «Схемы трансляции с языков типа Алгол для ЭВМ среднего класса» (специальность 01.009 Теоретическая кибернетика) кандидата физико-математических наук в Ученом совете ИМ АН БССР. В 1982–1984 гг. был заместителем директора этого Института. Лауреат премии Ленинского комсомола (1970 г.) и Государственной премии Беларуси (1982 г.) за разработку и внедрение математического обеспечения ЕС ЭВМ. Возможно, учеников из Беларуси у Ершова было бы больше, поскольку руководство Института математики стремилось направить к нему лучших молодых ученых¹⁶. Но прозаическое обстоятельство – нехватка мест в общежитиях Академгородка – не позволяло осуществить эти замыслы. Между Отделом программирования ВЦ СО АН СССР и минскими программистами шел интенсивный обмен литературой¹⁷.

В 1970 г. был создан транслятор ТАМ-22Т с полного языка Алгамс¹⁸ для ЭВМ Минск-22Т и ЭВМ Минск-32. С 1971 г. программисты ИМ принимали участие в разработке и внедрении МО для ЕС ЭВМ – пакеты научных подпрограмм для решения широкого круга задач из различных областей применения математических методов (набор подпрограмм, реализующих методы вычислительной математики и математической статистики), трансляторы с алгоритмических языков, информационно-поисковые системы. Институт регулярно издавал сборник «Математическое обеспечение ЕС ЭВМ». Сотрудники ИМ преподавали в БелГУ, руководили практикой студентов по специальности «прикладная математика».

Белорусский государственный университет стал центром подготовки математиков-программистов и аналитиков для компьютерной индустрии Республики. Более 90% программистов СКБ–НИИЭВМ составляли выпускники БГУ. В 1960 г. на математическом факультете было положено начало специализации по вычислительной математике и программированию, первый выпуск состоялся в 1962 г. В 1970, как и во многих вузах СССР, здесь был создан факультет прикладной математики, деканом которого стал Евгений Алексеевич Иванов. Он, будучи сотрудником ИМ АН БССР, защитил диссертацию кандидата физико-математических наук в 1969 г.¹⁹ В 1971 г. при БГУ был создан Научно-исследовательский институт прикладных физических проблем (НИИ ПФП), который ныне носит имя А.Н. Севченко, его первого директора. В НИИ ПФП проводились научно-исследовательские работы по развитию современных направлений компьютерной алгебры, информатики, кибернетики.

В 1965 г. в Минске на базе нескольких лабораторий был создан Институт технической кибернетики АН БССР, в котором работало около 500 человек, и около 700 человек – в СКБ с опытным производством. Основные направления исследований института – конструкторская и технологическая подготовка производства (САПР) и автоматизация научных исследований. В институте из 22 лабораторий большая часть была связана с системным программированием, в основном с пакетами прикладных программ, машинной графикой. Лабораторией системного программирования и логического проектирования в ИК АН БССР руководил член-корреспондент АН БССР Аркадий Дмитриевич Закревский (1928–2014)²⁰. Выпускник радиофизического факультета Томского государственного университета, аспирант проф. В.Д. Кессениха, он вырос как ученый в Сибирских Афинах: 1960 г. кандидатская диссертация, в 1970 – докторская. В основу его докторской диссертации легла монография «Алгоритмический язык ЛЯПАС и автоматизация синтеза дискретных автоматов», где он предложил

¹² http://www.computer-museum.ru/histussr/hist_belorus.htm (04.04.2017)

¹³ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=2316&fileid=90802>

¹⁴ Столяров Г.К. Программное обеспечение предметно-ориентированных информационно-поисковых систем. дис... канд. физ.-мат. наук: 01.009. Киев. 1980. 22 с.

¹⁵ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaindex.asp?lang=1&did=40304>

¹⁶ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=19851&fileid=129533>

¹⁷ <http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=4038&fileid=77054>;

<http://ershov-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?lang=1&did=20791&fileid=130580>

¹⁸ АЛГАМС – алгоритмический язык, ориентированный преимущественно на вычислительные машины средней мощности. Разработан в 1963–1966 Группой по автоматизации программирования для машин среднего типа (ГАМС) Комиссии многостороннего сотрудничества Академий наук социалистических стран. Был призван сыграть роль эталонного языка для обмена алгоритмами между странами СЭВ.

¹⁹ Жизненный путь Е.А. Иванова. <http://www.fpmi.bsu.by/main.aspx?guid=22021> (04.04.2017)

²⁰ Фоминых С.Ф. Закревский Аркадий Дмитриевич// Томск от А до Я. Краткая энциклопедия города Томска. Томск: Изд-во НТЛ. 2004. С. 122.

пути преодоления сложности программирования задач логического синтеза в машинных кодах²¹. К этому времени (1964) была разработана и система автоматизации программирования логических задач, основанных на языке ЛЯПАС. Поскольку ЛЯПАС предназначался для серийных Урал-1 и М-20, прикладные программы на нем оказались востребованы во многих городах СССР: Москва, Ленинград, Рига, Новосибирск, Свердловск, Киев, Кишинев, Фрунзе и др. В США существовала «User group of Russian Programming Languages» (N. Nadler), где использовали и язык ЛЯПАС. Трансляторы с этого языка были созданы в Польше, Югославии, Чехословакии, ГДР, интерпретатор в США²².

Уже в Минске, куда Закревский с группой сотрудников переехал в 1971 г. был завершён язык ЛЯПАС-71, работавший с ОС для М-220, в 1980-е годы – ЛЯПАС-М, реализованный на ЕС, БЭСМ-6 и СМ-4. Области его использования – системы автоматизации логического проектирования на базе микропроцессоров и программируемых матриц. Им создана научная школа логического проектирования, более трех десятков его аспирантов стали кандидатами (восемь из них – докторами) наук. Успешно функционировали филиалы этой школы в Томске и Севастополе. А.Д. Закревский был неизменным руководителем постоянно действующего научного семинара по логическому проектированию²³.

Минская республиканская школа системного программирования не была локализована в каком-либо одном учреждении, она также не имела своего лидера, по типу являясь скорее незримым колледжем. Основные практические и теоретические решения этой школы были связаны с ЭВМ, которые разрабатывались в республике: это ЭВМ среднего класса серии «Минск», затем ЭВМ серии ЕС и ПЭВМ. Эта школа была ориентирована на решение производственных вопросов, что требовало технологичности подхода и серьезного отношения к технической документации. Последнее обстоятельство не раз отмечалось в кругах специалистов, как положительное²⁴. В научном плане представители этой школы были во многом самостоятельны, поддерживая связи с ведущими программистскими центрами СССР, такими, как Институт кибернетики АН УССР, Отдел программирования ВЦ СО АН СССР, ИПМ им. М.В. Келдыша, ВЦ АН СССР.

Приложение 1

От СКБ Минского завода ЭВМ до НИИЭВМ
Письмо М.С. Марголина – И.А. Крайневой. Май 2017.
Уважаемая Ирина!

Извините, вряд ли получится связное изложение. Если Вы соберётесь это опубликовать, естественно что-то сократив, покажите, пожалуйста, предварительно. Я не буду придираюсь. Я не могу ничего добавить к тому, что Вы написали о Г.К. Столярове и М.Е. Неменмане. Они оба очень много сделали для меня, и я очень уважаю их и как сотрудников, и как талантливых, брызжащих идеями, разработчиков, и как настоящих друзей.

Обо мне. Окончил в 1954 г Белгосуниверситет по специальности «математика». Преподавал в школах, в военном училище, где был назначен даже завкафедрой. Но училище перевели в Пермь. И тут (в 1959 году) я встретил Столярова, которого хорошо знал ещё по школе (он учился на 2 года позже меня). Столяров уже был начальник лаборатории матобеспечения в СКБ завода математических машин, он позвал меня к себе в лабораторию. Я сказал ему, что не представляю, что это такое, но он за несколько минут ввёл меня в курс, и я, конечно, согласился. Полгода Столяров пробивал мою кандидатуру на должность инженера, и в январе 1960 пробил. Таким образом, я в «вычислительном деле» с января 1960. В программировании – самоучка. Основное для меня направление в 60-е годы – архитектура и операционные системы малых ЭВМ. Надо пояснить, что в то время «малыми» ЭВМ называли (по моему, это пошло от В.В. Пржиалковского) такие, быстродействие которых не превышало 20 тысяч оп/сек (имелась в виду простая смесь, в основном – сложения). Такими ЭВМ были, в частности, Минск-1, -11, -14, -2, -22, -23. И диссертация моя называлась «Реализация программных средств обеспечения адаптируемости операционных систем на ЭВМ класса малых машин». Но об этом позже.

²¹ Закревский А.Д. ЛЯПАС – логический язык представления алгоритмов синтеза// Теория автоматов. Киев : ИК АН УССР. 1964. С. 3–29. LAyPAS: A programming language for logic and coding algorithms Ed. by M.A. Gavrilov and A.D. Zakrevskii. New York and London : Academic press. 1969. 475 p.

²² Торопов Н.Р. Язык программирования ЛЯПАС// Прикладная дискретная математика. 2009. №2 (4). С. 5. (С. 9–25).

²³ Гайшун И.В., Анисович Г.А., Олехнович Н.М. и др. Аркадий Дмитриевич Закревский (К 70-летию со дня рождения)// Известия Национальной Академии наук Беларуси. Серия физико-технических наук. 1998. №2. С.138–139.

²⁴ <http://erшов-arc.iis.nsk.su/archive/eaimage.asp?did=8158&fileid=103641>

Вернёмся в начало 60-х. Довольно быстро я прошёл должности ст. инженера, вед. инженера, нач лаборатории архитектуры ЭВМ. Такое было время. Знал я немного, но читал всё, что можно было. И активничал. Мы все были очень активны, особенно, Столяров. Обязательно надо вспомнить Григория Моисеевича Генделева, который в 1960-1961 годах был основным и одним из самых конструктивных разработчиков ЭВМ Минск-2. По сути дела, он был моим куратором в архитектурных проблемах. И когда он перешёл работать в ЦНИИТУ²⁵, я продолжал то, что он начинал. Чуть позже это реализовалось в ЭВМ Минск-22 (я был назначен зам главного конструктора), Об этой ЭВМ выпущена книга «Электронная вычислительная машина МИНСК-22». (М. Марголин, В. Надененко, Г. Смирнов).

Кажется, в 1962 году меня включили в состав комиссии по приёмке ЭВМ «Урал-4». Увидел и познакомился с Б.И. Рамеевым, М.Р. Шура-Бурой, А.А. Дородничиным. Слушал, пытался понять; это была хорошая школа. Пытался понять, почему все ЭВМ такие разные – начиная от системы команд, длины ячейки. Мне показалось, что это определялось далеко не объективными причинами. В то время в советских ЭВМ адресуемым элементом памяти была ячейка – обычно там помещалась команда или число (с фиксированной или плавающей запятой). Постоянная длина ячейки влияла и на структуру команд. ЭВМ были одноадресными, двухадресными, трёхадресными. И вдруг мы узнали об IBM/7030 «Stretch» (1959), в которой переменная длина слова и команды. И много ещё было революционно нового в этом проекте: программно-управляемая система прерываний, диски и т.д. Мы прочли об этом в Кибернетическом сборнике²⁶. Мне рассказывали, почему в М-20 (БЭСМ-4, М-220) длина ячейки и команды были 45 битов. Дело в том, что ввод осуществлялся с перфокарт. А перфокарты тогда содержали 45 колонок (не 80, как позже, дырки в карте были круглые). При вводе широкой стороной за один такт заполнялась одна ячейка памяти. Информации о том, как развивается ВТ на Западе, было мало. Да и доходила она только до грандов – ИПМ, ИТМиВТ и т.п.

В 1966 году, кажется, лабораторию преобразовали в отдел, в котором было больше 100 сотрудников в трёх лабораториях. Две из этих лабораторий возглавили Мария Григорьевна Скоромник и Людмила Трофимовна Чупригина – прекрасные разработчики и организаторы, вскоре они возглавили отделы, отпочковавшиеся от нашего.

В начале 60-х В.В. Пржияковский оказался на Ганноверской промышленной ярмарке и впечатлился машиной IBM-1401. Его рассказы привели к созданию Минск-23. От нас требовали дешёвую машину, предназначенную для обработки информации, вращающейся на большом предприятии. В качестве полигона рассматривался Новочеркасский электровозостроительный завод (тот самый, где за пару лет до того рабочие возмутились безобразным к ним отношением и существенным повышением цен на мясо и двинулись к горкому партии, где войска применили против них оружие). В 1963 году там в руководстве оказались энтузиасты, которые хотели создать автоматизированную систему управления, связывающую, например, спецификации изделий, склады, доставку деталей со складов на рабочие участки и т.п. Мы сразу перешли к побайтовой организации памяти и ввели разнообразные команды для работы с байтами. Мы построили программно-управляемую систему прерываний. Разрабатывали систему построения и обработки таблиц – РПГ. Позже система РПГ была адаптирована для ЭВМ серии ЕС. Тогда была опубликована книга «Программирование на РПГ для ЕС ЭВМ» (Ю. Липень, М. Марголин, З. Марук). Но мы не сразу поняли, что настоящего успеха в такой работе нельзя было достичь, поскольку у нас не было дисков. Не было их не по нашей вине, а потому, что общее состояние промышленности было на слишком низком уровне для таких сложных изделий.

IBM-1401 имела достаточно памяти на дисках, и они могли хорошо реализовать оперативную обработку данных для учёта и планирования. И потому этих машин за два года было выпущено больше 10000 (для того времени – неожиданно высокое число), а Минск-23 – только 28. Здесь сказались ещё и то, что предприятия в Союзе не были готовы вообще к машинной обработке информации, ни организационно, ни морально, ни технически. Тем не менее, на Минск-23 бронировали места для пассажиров, летящих через Москву (программы этого комплекса создавала наша группа – Марголин, Скоромник, Чупригина, Чернецкий, ещё трое). Работали Минск-23 и в Венгрии. Да и у нас в институте использовали Минск-23 для автоматизации микропрограммирования. Была выпущена книга «Принципы работы ЭВМ «Минск-23» (М. Марголин, М. Скоромник, Г. Столяров, Л. Чупригина). Параллельно с этим в институте шла разработка «Минск-32», но ни я, ни наш отдел не имел к этой работе отношения.

²⁵ ЦНИИТУ – Центральный научно-исследовательский и проектно-технологический институт организации и техники управления основан в Минске по решению Президиума Совета Министров СССР от 30 августа 1961 года. Приказ о его создании подписан Председателем государственного комитета Совета Министров СССР по автоматизации и машиностроению 03.02.1962г. №64. <http://cniitu.by/jubily/> (Дата обращения 21.05.2017).

²⁶ Кодд Е.Ф., Лоури Э.С., Мак-Донаф Э., Скэлзи С.А. Мультипрограммирование для машины СТРЕТЧ/ Пер. с англ. Г.И. Кожухина// Кибернетический сборник. Вып. 2. Сборник переводов. Под. ред. А.П. Ершова, О.Б. Лупанова, А.А. Ляпунова, И.А. Полетаева и А.И. Прохорова. М.: Изд-во иностранной литературы. 1961. С. 127–137.

В компании IBM успешный опыт внедрения 1401/1410/1440 определил основную тенденцию – нужны средства для обработки больших массивов информации, где основные операции: сортировка, выборка, суммирование, сравнение, работа с таблицами. И следующие машины строились исходя из этого. Поэтому представление данных обязательно включало в себя адресацию каждого байта. Много продумывалось для организации ввода-вывода, потоков задач и т.д. И создавались мощные программные комплексы – кроме операционных систем, настраиваемых на разнообразные параметры, это были программы обработки текстов, обработки таблиц, работы с огромными базами данных – прообразы таких комплексов, как WORD, EXCEL, ACCESS etc. Пользователи получали вместе с Hardware и средства обработки телекоммуникаций. Не говоря уж о трансляторах. В 1964 году была объявлена System/360. Дальше Вы и сами знаете.

Могу попробовать вспомнить то, что Вы, может быть, и не знаете. Как начиналась ЕС ЭВМ. Точнее – как это коснулось меня и наш коллектив. Фирма IBM от 1401/1410/1440 естественно перешла к ключевой системе 360, задавшей, по сути, стандарт на долгие годы. И весь компьютерный мир пошёл по этому пути: Siemens, ICL, RCA, японцы... У нас этот процесс трагически задержался из-за отсутствия дисков – а IBM использовала диски с 1959 года. Это отбросило нас ещё намного назад. Только в 1970-1971 у нас появились болгарские диски, потом пензенские... А у них уже появились IBM/370, виртуальная память и т.д. В 1965-1966 информация о 360 и её операционных системах стала проникать в разные организации. И делались попытки реализовать эти идеи. Уже знали, что для 360 написаны не только ОС (DOS/360 и OS/360). Подготовлены трансляторы (в т.ч. PL/1), системы управления базами данных, и много ещё чего, в т.ч. то, что мы называли прикладными программами – объём определялся миллионами строк. Появилась идея: если создать технику, аналогичную 360, и достать «их» программы, то «народное хозяйство» и оборона поднимались на новый уровень. Но опять – даже дисков нет. Так что о «технике, аналогичной 360» можно было только мечтать.

В ИПМ разрабатывалась (по слухам) система «Весна» и операционная система типа ОС/360. В Северодонецке – одна из моделей АСВТ. Для неё ОС/360 адаптировалась так, чтобы резиденция системы была не на дисках (их ведь не было), а на лентах. Конечно, практическая польза от таких работ была только в том, что разработчики сильно повышали свою квалификацию, осваивали самые современные идеи. Самостоятельные разработки – даже такие удачные, как БЭСМ-6 и МИНСК-32 не могли привести к конкурентноспособным будущим ЭВМ. Известно, к чему приводит идея «собственного пути» в любой области. В конце концов, успех внедрения вычислительной техники определяется не оригинальными архитектурными решениями, а, прежде всего, предоставлением пользователю богатого программного хозяйства, которое создаётся сотнями, а то и тысячами квалифицированных программистов из десятков фирм. Решением этой проблемы у нас могла бы служить адаптация готовых программ к нашему оборудованию, особенно, к нашим периферическим устройствам, и к нашим задачам. Пришлось разработать специальную технологию, здесь очень много сделали коллеги из ГДР. При разборе для адаптации мы и наши коллеги обнаруживали сотни ошибок, которые исправляли тут же. Надо было выпустить документацию на русском языке, готовить пользователей к новым для них подходам к обработке информации. Конечно, важно было, чтобы аппаратура как можно меньше отличалась от прототипа.

В 1967 году Пржиялковский вызвал меня и предложил возглавить у нас работы по software новой серии машин, предупредив, что мы будем координировать эти работы с НИЦЭВТом и ереванцами, что главным будет разумная организация работ. Я говорил о загруженности, о запуске Минск-23 (она была сдана госкомиссии в 1966 – работали по 12 часов в день), о работе в Аэрофлоте, в Новочеркасске. Пржиялковский настаивал. Я согласился. В верхах решался вопрос об объединении усилий со странами СЭВ. И надо было окончательно решить, что взять за «прототип» – IBM/360 или английскую ICL. Были совещания, на некоторые из них Пржиялковский брал меня с собой, чтобы я рассказывал об организации работ. Плохо помню детали. Основным сторонником английского варианта был, по моему, замминистра Михаил Кириллович Сулим, его поддерживал академик Дородницын. Я был уверен, что лидерство IBM безусловно, что английский или японский варианты – вторичны; но меня не спрашивали, я был «справочником». США не разрешали продавать машины 360 странам Варшавского Пакта, понимая, что это будет использовано в военных целях. Но «Роботрон», ведущая организация в ГДР, сумела нелегально приобрести 360/40 в ФРГ. Всё-таки, было решено выбрать IBM. Начались частые активные встречи с немцами, чехами, болгарами.

Потом меня приказом по МРП (или по главку, не помню) назначили руководителем разработки ДОС для первых машин серии, машин с меньшей производительностью. Мою кандидатуру поддержал Михаил Романович Шура-Бура, который был научным руководителем [разработки ПО для ЕС ЭВМ – И.К.]. Для высокопроизводительных машин разрабатывалась ОС, ведущим был НИЦЭВТ. Через пару лет, когда уже у нас ставилась под наладку первая из машин: ЕС-1020, начались поездки наших специалистов (вместе с ереванцами и ницэвтовцами) в ГДР, жили и работали мы в Карлмаркштатде (Хемниц), изучали документацию (горы), обсуждали принципы взаимодействия с партнёрами из разных стран,

распределение работ и т.д. А для непосредственной работы на 360 ездили (по удивительному автобану) на ночные смены в Берлин – раз в неделю.

Мне приходилось отчитываться обо всём в Министерстве. В какой-то момент мне был объявлен выговор по главку за то, что один из сотрудников Ереванского НИИ – член нашей команды – пытался провести в ГДР больше денег, чем разрешалось. А я руководил группой. Кажется, в начале 1971 года, в Минск, в НИИЭВМ²⁷, приехал Министр радиопромышленности СССР Валерий Дмитриевич Калмыков. Позвали меня, чтобы я рассказал, как идёт разработка ДОС/ЕС. Я рассказал, он спросил, как нам работает с М.Р. Шура-Бурой. Я, конечно, похвалил МР. Вдруг я услышал вопрос: «Может быть, надо вместо него привлечь А.П. Ершова?». Я что-то лепетал, что оба – прекрасные учёные и организаторы, хорошо знают проблемы, но МР с нами работает уже 3 года и т.п. Министр улыбнулся и сказал, что другого ответа он не ожидал. Меня отпустили. А через полгода мне не продлили разрешения ездить в загранкомандировки. А ещё через год меня как руководителя ДОС/ЕС явочным порядком заменили, оставив за мной тот же объём работы, но без права представлять. Это отразилось, конечно, при присуждении за эту работу Государственной премии – меня вычеркнули из списка перед самым Комитетом по премиям. Мы подготовили и выпустили книгу «Операционная система ДОС ЕС», авторы: М.Р. Шура-Бура, Э.В. Ковалевич, М.С. Марголин, М.Г. Скоромник, Л.Т. Чупригина.

Я в это время начал готовить диссертацию. Столяров познакомил меня с Львом Николаевичем Королёвым, который согласился быть научным руководителем. Очень помог мне Андрей Иванович Никитин (Институт кибернетики АН УССР), который обсуждал со мной структуру работы, особенности, и скорректировал даже название. Много было бесед с Всеволодом Серафимовичем Штаркманом (ИПМ) и особенно с Владимиром Андреевичем Степановым (он был начальником ВЦ у Сергея Павловича Королёва, сменив на этом посту Святослава Сергеевича Лаврова). В 1973 году диссертация была готова, Лев Николаевич сумел договориться о защите у себя в институте – ИТМиВТ – сумел договориться с Анатолием Александровичем Стогнием (Институт кибернетики АН УССР), чтобы он был первым моим оппонентом. Вторым оппонентом был Владимир Андреевич Степанов. Защита прошла успешно. Довольно много преподавал – в Белгосуниверситете, в Академии Управления, в других организациях.

Ещё. Я не согласен с термином «копировали». Надо понимать, что следовать стихийной стандартизации, следовать по пути, которым идёт весь мир, следить за тенденциями развития – это не то, что некоторые презрительно называются «копированием», а стремление попасть в mainstream, а не ещё больше безнадежно отставать, застряв в своём любимом болоте. А то, что микроэлектроника, и не только она, сильно отставала от требований, предъявляемых вычислительной техникой – это была беда отечественной промышленности.

Опять обо мне. Я был заместителем главного конструктора Минск-22, Минск-23, ЕС-1020, ЕС-1035. Награждён тремя медалями ВДНХ, в т.ч. одной золотой. Основное моё научное достижение – работы, связанные с тематикой смешанных вычислений. Всё началось со статьи А.П. Ершова «О сущности трансляции» (1977). Меня захватила идея создания смешанного вычислителя. Я называл это редуктором; Андрей Петрович Ершов и Святослав Сергеевич Лавров соглашались с этим термином, так как редукция – это преобразование к более удобному виду, сведение сложного к более простому, доступному для более быстрого и простого анализа. Это оказалось связанным с моими более ранними соображениями о введении понятий «ареал» и «фильтр», которые были внесены в толковый словарь по ВТ и программированию. В архиве АП Ершова есть такая запись:

Из архива академика А.П.Ершова

Всесоюзная школа по смешанным вычислениям 06.10.1983– 10.10.1983

Лиманчик возле Абрау (под Новороссийском)

Лагерь Ростовского Университета

Лист 6. 06.10.83. МАРГОЛИН²⁸

Лист 7. «Мы применяем те все трансформации, редуцируем М-определения в 1000 операторов и получаем ост. прогр. в 200 команд.

Warning: есть ветви для избыточности, ликвидация аварийных цепочек. Снижается помехоустойчивость. Мы завели фильтры: они по заданному ареалу сами строят аварийные цепочки для поддержания помехоустойчивости. Что ещё даёт редуктор – это неожиданно.

СВ очень хороши для тестирования.

²⁷ 15 ноября 1958 года Постановлением ЦК и СМ БССР за №749-55СС на основании Постановления ЦК КПСС и СМ СССР от 06.10.1958 №1121-541 при Минском заводе ЭВМ создано СКБ. В 1964 году выделено в самостоятельное научно-исследовательское учреждение – Минский филиал НИЦЭВТ, – с 1972 года зарегистрирован как Научно-исследовательский институт электронных вычислительных машин (НИИЭВМ), с 1996 года – как Государственное предприятие Научно-исследовательский институт электронных вычислительных машин (ГП «НИИЭВМ»). <http://www.niiev.m.by/o-kompanii/istoriya-predpriyatiya/> (Дата обращения 24.05.2017).

²⁸ Электронный архив академика А.П. Ершова <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/767811>

Берём Макро, строим серию остаточных макроопределений, и тестируем по оставшимся параметрам (легче отлаживать). При этом универс. программа пополняется, строим снова остаточные определения. Если какое-то определение не изменилось, то мы его вторично не отлаживаем.

Терехов: Хорошо! Но потому ли, что М-генератор плохой.

– Нет, не потому.

Статистика: много условий зависит только от входных величин и стало быть подвержено ареалам.

Материал: системные компоненты МО.

Пользовательские программы – помехозащищённые.

Специализация – хороший способ тестирования²⁹.



Ветераны отделения программного обеспечения.

Слева направо: М. Неменман, М. Марголин, М. Скоромник, З. Брич, Г. Толмачёва, Л. Чупригина, Г. Столяров, Н. Кушнеров. Минск, январь 1981.

Потом в Копенгагене состоялась конференция по смешанным вычислениям, куда мне не удалось попасть. Но С.С. Лавров упомянул в своём докладе и о моих результатах. В аннотируемой библиографии по этой теме, опубликованной на конференции, приведены 5 моих работ (1979 – 1986)³⁰.

И наконец, опять обо мне. Я уехал в США в 2002 году, когда мне было уже 70. Уехал к дочери. К этому времени я уже сознавал, что освоить на приличном уровне новые идеи, технологии, тенденции я не в состоянии. В принципе, за свою «жизнь в искусстве» компьютерного дела я кое-что полезное сделал, кое-чем горжусь, особенно работами по смешанным вычислениям. Мог ли добиться большего? Кто знает? Доволен признанием замечательных учёных и организаторов, таких, как Ершов, Лавров, Королёв, Штаркман, Шура-Бура, Никитин, Пржиалковский, Столяров, Неменман и других.

Успехов Вам, Макс Марголин, Май 2017
Fremont, California

P.S. Вы спрашивали о моих отношениях с КПСС. Я был завкафедрой (математики и механики) в артиллерийском училище. Замполит предложил мне вступить в партию, я получил рекомендации. Но училище перевели, и всё... В НИИЭВМ меня приняли в КПСС в 1967 г. перед служебной поездкой в Чехословакию. Думаю, руководству очень надо было, чтобы я туда поехал - были серьёзные дела с чехами. А уж как шли разговоры с райкомом партии – не знаю. Вспоминаю такой эпизод: 1970 награждали всех медалями «100-летие Ленина». А Неменману и мне не дали. Мы только посмеялись.

²⁹ Там же. <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/767811>

³⁰ Там же. <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/807214>

Через пару месяцев нас вдруг наградили. Парторг института позвал нас, и стал рассказывать, как он ходил в райком и доказывал – что мы достойны. Нас это только веселило... ММ.

Приложение 2

Письмо М.Е. Неменмана – И.А. Крайневой.

2017-04-24

Уважаемая Ирина Александровна!

Начав писать обещанные замечания к Вашему материалу “Из истории программирования в Беларуси (1959 - 1990)” я, естественно, обратился к интернету.

Очень скоро в хорошо известном Вам “Виртуальном компьютерном музее” я обнаружил датированную 2002 годом большую публикацию Г.К.Столярова “Компьютерная хроника Белоруссии” http://www.computer-museum.ru/histussr/hist_belorus.htm.

Материал очень обстоятельный.

Как указано в предисловии к “Хронике” «В сборе и обсуждении материалов участвовали сотрудники и ветераны упомянутых в тексте организаций Минска. Автор-оставитель хранит о них самые добрые воспоминания. Имена их представлены на этих страницах вместе с их славными деяниями».

На стадии подготовки материала, если бы его автор-составитель включил и меня в состав участников обсуждения, я бы высказал несколько замечаний к тексту. Сейчас, пожалуй, это уже лишено смысла.

Несколько общих слов и замечаний к Вашему тексту (а они могут быть отнесены и к “Хронике”) я все же сделаю. Повлияют ли как-нибудь эти “общие слова” на Ваш текст - решайте сами. При этом я сознательно ограничусь только нашим предприятием, считая, что о других коллективах мне известно меньше, чем написано Г.К. Столяровым в “Хронике”. И еще я ограничусь “до-ЕС-овским” периодом истории. Причина этого ограничения в том, что создание системных программ для разрабатываемой “собственной” ЭВМ и для клона уже существующей ЭВМ - это два различных вида программистской деятельности, поскольку второе есть разбор и некоторая адаптация программ, до этого уже написанных кем-то..

В “Постановлении” 1956 года никак не могло и быть речи о математическом обеспечении ЭВМ. Такого термина, как и такого понятия, тогда не существовало. Были слова “ЭВМ”, “Программирование для ЭВМ”, было совсем немного “программистов”, в основном, математиков по образованию, поскольку задачи на ЭВМ решались математические и больше никакие. Была вышедшая в 1956г. одна книга по ЭВМ (А.И. Китов “Электронные вычислительные машины”). В ней были, в частности, примеры программ, в т.ч. программа умножения матриц. Осенью 1957г. с этой книгой в руках я спросил у зав. кафедрой алгебры Белгосуниверситета проф. Д.А. Супруненко, можно ли мне в качестве дипломной работы составить программу вычисления определителя порядка “n”. Дмитрий Алексеевич ответил: “Вот задачка из теории групп, реши ее, а потом составь программу. Расскажешь нам, что такое это самое программирование”. Моя дипломная работа – первая работа в университете, связанная с программированием – называлась “Программирование некоторых алгебраических задач”. Составленная мною программа существовала только на бумаге, никаких ЭВМ “живьем” я не видел, в университете их тогда не было.

Несколько моих однокурсников по университету в 1958 году по распределению были направлены на строящийся тогда “Завод счетных машин”. Среди них были упомянутые Вами Григорий Моисеевич Генделев и Владимир Иосифович Цагельский. Было еще несколько наших выпускников, но почти все они в дальнейшем переквалифицировались в электронщики. Руководство строящегося завода понимало, что математики на заводе понадобятся для создания и выполнения тестовых и контрольных программ, необходимых при испытаниях выпускаемых машин. О создании программ для потребителей выпускаемой продукции речи, естественно, не было. Вновь принятых на работу математиков отправили учиться программированию, кого в Москву, к разработчикам машины МЗ, а кого в Пензу, где подобный завод уже работал. Это было до создания СКБ и до возврата в Минск Г.К. Столярова, кстати, окончившего среднюю школу в Минске. Я по распределению был оставлен ассистентом в университете, но связь с однокурсниками не терял, довольно часто посещал их на работе, старался быть в курсе их дел. А еще я “подталкивал” хороших студентов на практику и дипломное проектирование в СКБ, потом и к распределению туда на работу.

Упомянутые Вами Макс Соломонович Марголин (выпуск БГУ 1954г.) и Эдуард Викентьевич Ковалевич (выпуск 1959г.) были приняты на работу уже Г.К. Столяровым, первый – в 1960г, второй – в 1961г.; Г.Д. Смирнов – совсем не математик, он один из разработчиков “Минск-2”, позднее - зам.

директора НИИЭВМ.; а Л.М. Романовская уже не из первых сотрудников, она из большой группы выпускников 1964 г.

Г.К. Столяров несомненно был прекрасным организатором. Благодаря его активности, убежденности, умению убедить вышестоящее руководство, коллектив рос очень быстро. В апреле 1962г. в составе “Научно-исследовательского отдела машинной математики” (заметьте - не программирования, не математического обеспечения!) было создано две лаборатории (М.С. Марголина и моя). Еще через несколько лет появилась лаборатория Э.В.Ковалеви́ча. С июня 1967 года эти три лаборатории превратились в отделы, а Г.К.Столяров стал заместителем главного инженера СКБ по математическому обеспечению. Когда он через год под лозунгом “Пора защищаться!” ушел в Институт математики АН БССР³¹, из названия этой должности исчезли три последних слова. Этот факт прекрасно иллюстрирует “второсортность” математиков в компьютерной индустрии тех лет.

К концу работы в НИИЭВМ энтузиазм Г.К. Столярова стал, как мне казалось, несколько угасать.

Десятилетие разработки минских ЭВМ 1-го и 2-го поколений (1959–1968 гг.) завершилось моделью “Минск-32” – она была сдана Госкомиссии 2 ноября 1968 года. Серийный выпуск этой машины продолжался до 1975г, всего их вышло около 3000. Это больше, чем суммарное количество всех других ЭВМ типа “Минск”. Опыт, накопленный при разработке и производстве предыдущих моделей, во многом способствовал успеху последней. В течение этого “минского” периода многое было осуществлено впервые. Сюда относятся, например:

- разработка структуры и состава программной документации;
- испытания и госприемка программ;
- поставка программ на машинных носителях;
- сопровождение программ у пользователя (релизы, версии, обновление).

Минские массовые ЭВМ работали везде. У А.П. Ершова в системе “Аист” – “Минск-22”. “Минск-23”, например, в Аэрофлоте в первой системе бронирования авиабилетов. “Минск-32” – на Крайнем Севере и Дальнем Востоке, на заводах, в Госплане, в ЦСУ и по всей стране на обработке результатов переписи населения, в оборонных и прочих министерствах, в НИИ и в ВУЗ’ах, даже на корабле в Антарктике – у всех, кому не доставались менее распространенные БОльшие машины. Разве только атомные проекты обходились без наших машин, но, например, в ИЯФ СО АН СССР – тоже “Минск-32”. Даже в ЦК КПСС (!) были установлены и работали две машины “Минск-32”. Естественно, что мы поддерживали контакты, как с коллегами в других организациях, так и с пользователями. С коллегами – на конференциях, семинарах и т.п. Мне запомнились:

- «Всесоюзное совещание по вычислительной математике и вычислительной технике» в конце 1959-го года в Москве, в МГУ. Здесь выступали (и я их впервые услышал!) А.П. Ершов, С.С Лавров, М.Р. Шура-Бура, Э.З. Любимский³²;
- 4-ый Всесоюзный математический съезд в Ленинграде летом 1961г.;
- Конференция в Киеве летом 1963 года, где шла речь о компиляторах с Алгола;
- АЛЬФА-конференция в Новосибирске в 1965 г.³³;
- ВКП-1, Первая Всесоюзная конференция по программированию, Киев, 1968 г.;
- ВКП-2, Вторая Всесоюзная конференция по программированию, Новосибирск, 1970 г.

На последних трех наши сотрудники уже выступали сами.

А замечания от таких, например, пользователей, как ИЯФ СОАН, ВЦ Госплана, ВЦ ЦСУ, Институт Кибернетики АН Эстонии переоценить трудно. Они хорошо помогали нам при модернизации и создании новых версий.

В целом, как мне казалось, академические коллеги смотрели на нас и наши не такие большие машины несколько свысока, “сверху вниз”, зато пользователи – наоборот, “снизу вверх”, мы ведь, естественно, знали свои машины и программные продукты лучше..

Следующей разработкой после “Минска-32” была уже ЕС1020. Не стану здесь касаться спорного решения, которое привело к прекращению разработки собственных ЭВМ массового применения.

А теперь несколько отдельных моментов.

³¹ Г.К. Столяров ушел из СКБ по состоянию здоровья. Защитился он в 1980 г. См. сноску 14. (Примечание авторов – И.К., Л.Г.).

³² С.С. Лавров не принимал участия в этом совещании. Электронный архив А.П. Ершова. Программа совещания: <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/805656/> и далее (Примечание авторов – И.К., Л.Г.)

³³ Видимо, речь о Рабочем семинаре по автоматизации программирования, Новосибирск, 29.01–02.02.1965. Организован ВЦ СО АН и Комиссией по эксплуатации вычислительных машин М-20. (Примечание авторов – И.К., Л.Г.) http://ershov.iis.nsk.su/ru/archive/subgroup?nid=763691&nid_1=763691/

В декабре 1961г. на ВДНХ “Минск-1” играла с посетителями в беспроигрышную игру “Волки и овцы”. Эту программу написал В.И. Цагельский с моим минимальным участием. Тогда это был интересно. Свои ходы машина печатала на узкой ленте тогдашнего принтера (дисплеев еще не было), а мы двигали шашки на отдельно стоящей демонстрационной доске.

Как появился термин “математическое обеспечение ЭВМ”

Где-то в 1962 году один из пользователей машины “Минск-1” прислал письмо с просьбой о получении некоторых запасных частей, а заодно еще и каких-нибудь математических программ для машины. Письмо попало в наш отдел, и Г.К.Столяров поручил мне подготовить ответ со словами, что просьба о материальном обеспечении будет удовлетворена, а математикой мы не обеспечиваем. Так эти два слова стали соседними. И хотя “обеспечение” можно трактовать как “лишение кого-либо имевшейся у него печки”, термин получил распространение. Термин, на самом деле, не совсем удачный, поскольку он подчеркивает вторичность программ по отношению к машине. Американские “hardware” и “software” в этом смысле намного ближе к истине.

Я не буду здесь описывать наши разработки по программному обеспечению – о них много, хотя и с некоторыми ошибками, написано в материалах по Минским ЭВМ в “Виртуальном компьютерном музее”. Мне бы хотелось подробнее рассказать об одной из них - “Автокоде Инженер” (АКИ), но это как-нибудь позднее.

Несколько дополнительных “текстовых” поправок.

Н.В. Шкут был на стажировке в ВЦ СОАН в начале 60-ых годов. Он – Лауреат премии Ленинского Комсомола, а не Ленинского Комсомола Беларуси. Этой премии с формулировкой “За участие в создании ЭВМ типа “Минск” он, в числе других, был удостоен в 1970 г, вместе со мной и Э.В. Ковалевичем.

Утверждение “коллектив лаборатории, поначалу состоявший из нескольких сотрудников, увеличился до 120 человек к концу 1960-х годов” не совсем верно: более 100 сотрудников было уже к середине 1967 г.

Осталось написать о контактах с Андреем Петровичем Ершовым. Они были достаточно регулярными, хотя и короткими, во время многочисленных конференций, семинаров, симпозиумов. Для нас, “невъездных” и все-таки провинциальных, эти контакты были необходимым источником информации.

На Симпозиуме по системному программированию в Новосибирске в марте 1973г. после моего выступления с докладом “О технологии построения систем математического обеспечения разрабатываемых машин” Андрей Петрович во время “кофейного перерыва” как бы мимоходом сказал примерно так (цитирую по памяти): “А почему бы Вам не написать об этом подробнее? Неплохая работа получилась бы”.

При очередной встрече в Москве к концу года я показал АПЕ более-менее подробный план диссертации и сразу же получил некоторые советы и замечания. Я считал необходимым провести разграничение между объектом разработки (матобеспечение “Минск-32”) –результатом труда нескольких десятков программистов – и методом разработки, в чем и заключался мой личный вклад – я отвечал за эту работу как зам. Главного конструктора машины. АПЕ поддержал меня в этом. Когда я написал текст работы, то оправил его в Новосибирск. Замечания я получил от И.В. Потгосина с комментарием, что часть из них принадлежит лично АПЕ. Все дальнейшее - поиск совета для защиты, выбор оппонентов – для АПЕ не было проблемой. На саму процедуру защиты в Таллинн АПЕ приехать не смог.

Не уверен, помогут ли Вам чем-нибудь эти мои заметки.

Считая, что слишком много внимания отдельным личностям уделять не следует, я хотел бы в заключение напомнить цитату из В.В.Маяковского:

“Сочтемся славою – ведь мы свои же люди, – пускай нам общим памятником будет...”
современный уровень компьютеризации жизни, который вряд ли кто-нибудь из нас, программистов 1-го поколения, мог себе представить.

Готов ответить на Ваши вопросы, если они появятся. С уважением, Марк Неменман.

Фонды алгоритмов и программ: история и перспективы

Кратов Сергей Викторович
kratov@sscc.ru

Соколова Ольга Дмитриевна, к.т.н.

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН
Новосибирск, Россия
olga@rav.sccc.ru

Ключевые слова: ГосФАП, фонд алгоритмов и программ, реестр программ.

ГосФАП СССР

Задача обеспечения условий для систематизации и широкого использования типовых программных средств, разрабатываемых в различных научных и научно-технических организациях, впервые была сформулирована более 40 лет назад. Постановлением Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике от 5 июня 1975 г. [1] были созданы межотраслевые специализированные, отраслевые (ведомственные) и республиканские (территориальные) фонды алгоритмов и программ, образующие в совокупности Государственный фонд алгоритмов и программ (ГосФАП).

Государственный комитет СССР по науке и технике постановил в целях повышения эффективности функционирования и использования ГосФАПа возложить ведение центрального информационного фонда ГосФАП на Всесоюзный научно-технический информационный центр. В состав ГосФАП включались программы, библиотеки и пакеты программ, системы программирования, программные комплексы и другие программные средства, предназначенные для решения широкого круга экономических задач. И сейчас в Интернете можно найти информацию о разработках, зарегистрированных в свое время в ГосФАП СССР, например: Пакет прикладных программ измерения поля давления, 1985 г., разработчики: Васенин В.А., Григорьев С.А., Зенкин А.Н., Плотников С.А.

Организация, ведущая Центральный информационный фонд ГосФАП, издавала информационный бюллетень "Алгоритмы и программы", вела централизованный учет программных средств и организаций, передавала в установленном порядке предприятиям и организациям копии материалов фонда, осуществляла методическое руководство.

В конце 80-х годов ГосФАП объединял 80 фондов, в том числе 8 межотраслевых специализированных ФАП, 10 республиканских, 62 отраслевых. В журнале «Программные продукты и системы» за 1988 г. Макаревич В. П. пишет [2]: «Давая оценку деятельности ГосФАП, нельзя сказать, что все вопросы, поставленные перед ним, были успешно решены. Причины здесь не только в том, что программы, сдаваемые в ГосФАП, часто были недостаточно высокого качества, имели очень маленькую тиражируемость и не соответствовали требованиям «рыночного» программного продукта. Главный недостаток в деятельности ГосФАП — устаревшие организационно-экономические механизмы функционирования, не соответствующие современным тенденциям перестройки экономического механизма страны».

Деятельность ГосФАП была прекращена в начале 90-х годов, была разрушена государственная система разработок, накопления и использования программного обеспечения. На рынок России вышли крупные западные компании, которые в масштабах одной фирмы делали большие программные пакеты.

Следует отметить, что, хотя главной целью создания ГосФАП СССР являлась каталогизация разработанных в стране программных продуктов, позже при создании различных фондов преследовалась и другая цель – получение авторских прав на разработки [3]. В последние годы регистрацией таких авторских прав занимается Роспатент.

Фонд алгоритмов и программ СО РАН

В 2008 г. идея воссоздать хранилище программных разработок, аналогичное ГосФАП СССР, появилась в Сибирском Отделении РАН. Вышло Постановление Президиума СО РАН: «В целях совершенствования в СО РАН деятельности по формированию и развитию в интересах общего пользования централизованного фонда алгоритмов и программ, создаваемых в институтах Отделения, Президиум Сибирского отделения Российской академии наук ПОСТАНОВЛЯЕТ: подготовить предложения по организации Фонда алгоритмов и программ СО РАН».

При создании Фонда были определены следующие задачи его функционирования:

- экспертиза программных продуктов, разработанных в организациях СО РАН и подаваемых в ФАП СО РАН;
- регистрация и каталогизация таких алгоритмов, программных средств и информационных ресурсов; обеспечение доступа к ним;

- организационная и информационная поддержка распространения зарегистрированных в Фонде программных продуктов.

На основе действующих законодательных и нормативных актов РФ была проработана общая схема регистрации авторских прав на ПО/БД, разработанных в институтах СО РАН, которая представлена на рис. 1.

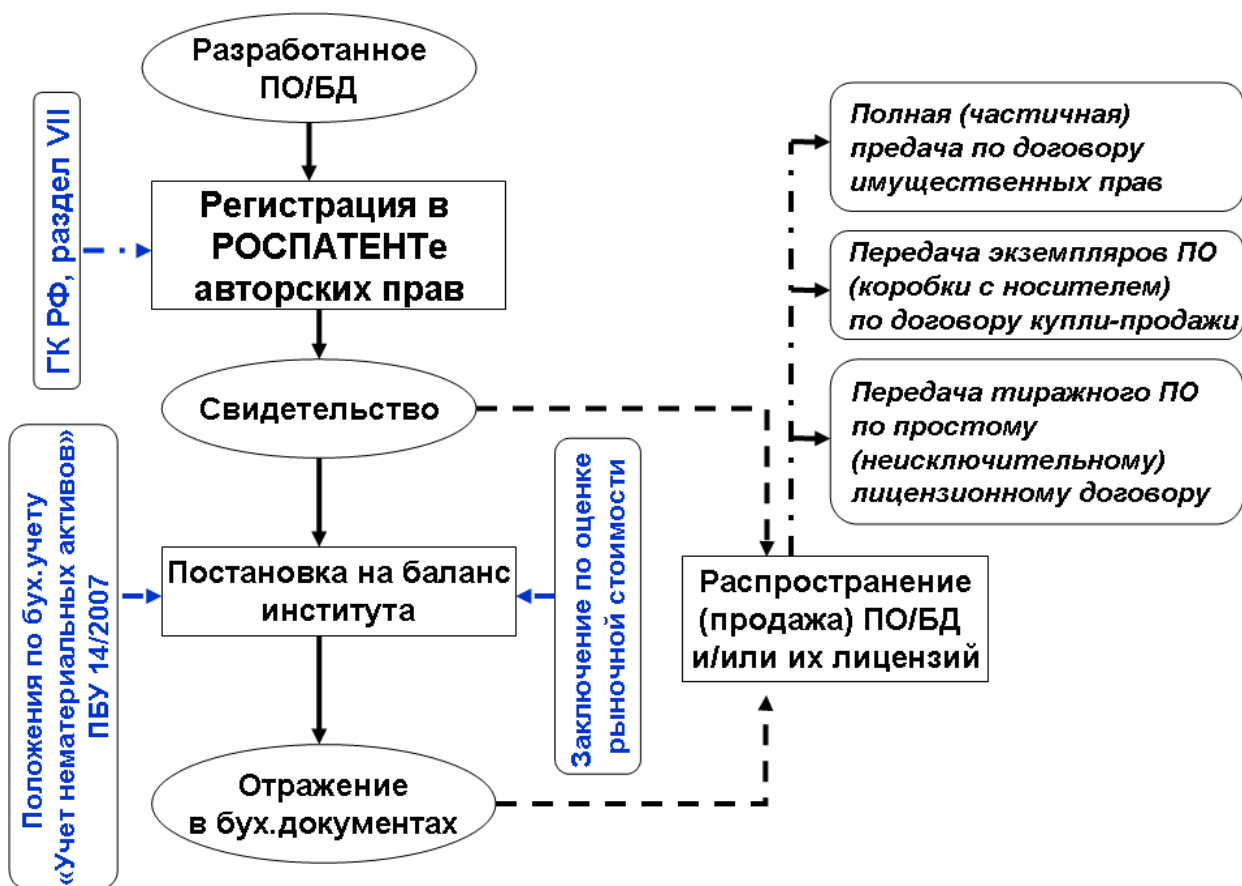


Рис. 1. Общая схема регистрации авторских прав и распространения лицензий ПО/БД, разработанных в институтах СО РАН

В рамках проекта был создан серверный кластер ФАП СО РАН на территории ИВМиМГ СО РАН (ССКЦ), включающий 3 сервера, с качественным высокоскоростным подключением к сетевому узлу компьютерной сети СО РАН (ИВТ СО РАН). На серверах ФАП СО РАН функционирует Web-ориентированная информационная система, которая состоит из взаимодействующих интернет-портала «Фонд алгоритмов и программ СО РАН» (<http://fap.sbras.ru>) и корпоративного репозитория ПО СО РАН (<http://mirror.sssc.ru>).

В настоящее время процесс интеграции разработки в Каталог Фонда включает: регистрацию продукта, проверку продукта, непосредственную интеграцию продукта в дистрибутив, обновление соответствующего раздела портала.

Основной процесс деятельности ФАП описывает сценарий информационной регистрации ПО/БД, который основан на заполнении заявки на регистрацию (форма заявки содержит информацию разработанного паспорта ПО/БД, см. <http://fap.sbras.ru/node/181>), процедур просмотра уполномоченным лицом ФАП поступивших заявок, рецензирование заявок, размещение паспортов зарегистрированного ПО и БД в Каталоге Фонда.

Необходимо отметить, что форма заявки на включение разработки в ФАП СО РАН составлена таким образом, что многие поля сходны с полями аналогичной заявки в Роспатент. Поэтому для тех разработчиков, которые не регистрировали в Роспатенте свои продукты, регистрацию в ФАП СО РАН можно считать первым шагом к получению авторского свидетельства.



Рис. 2. Образец свидетельства регистрации в ФАП СО РАН

Для обеспечения информационной поддержки деятельности ФАП СО РАН в рамках проекта разработан и успешно функционирует информационный Интернет-портал (<http://fap.sbras.ru>). В целом о структуре, содержании и технологиях, реализованных в данном портале, излагается в [4]. В составе портала реализована Web-ориентированная информационная подсистема, которая обеспечивает режим интерактивной информационной регистрации и каталогизации программ и баз данных, разработанных в институтах и организациях Сибирского отделения РАН, информационной поддержки при их популяризации и продвижении. На рис.3. приведена копия главной страницы портала.

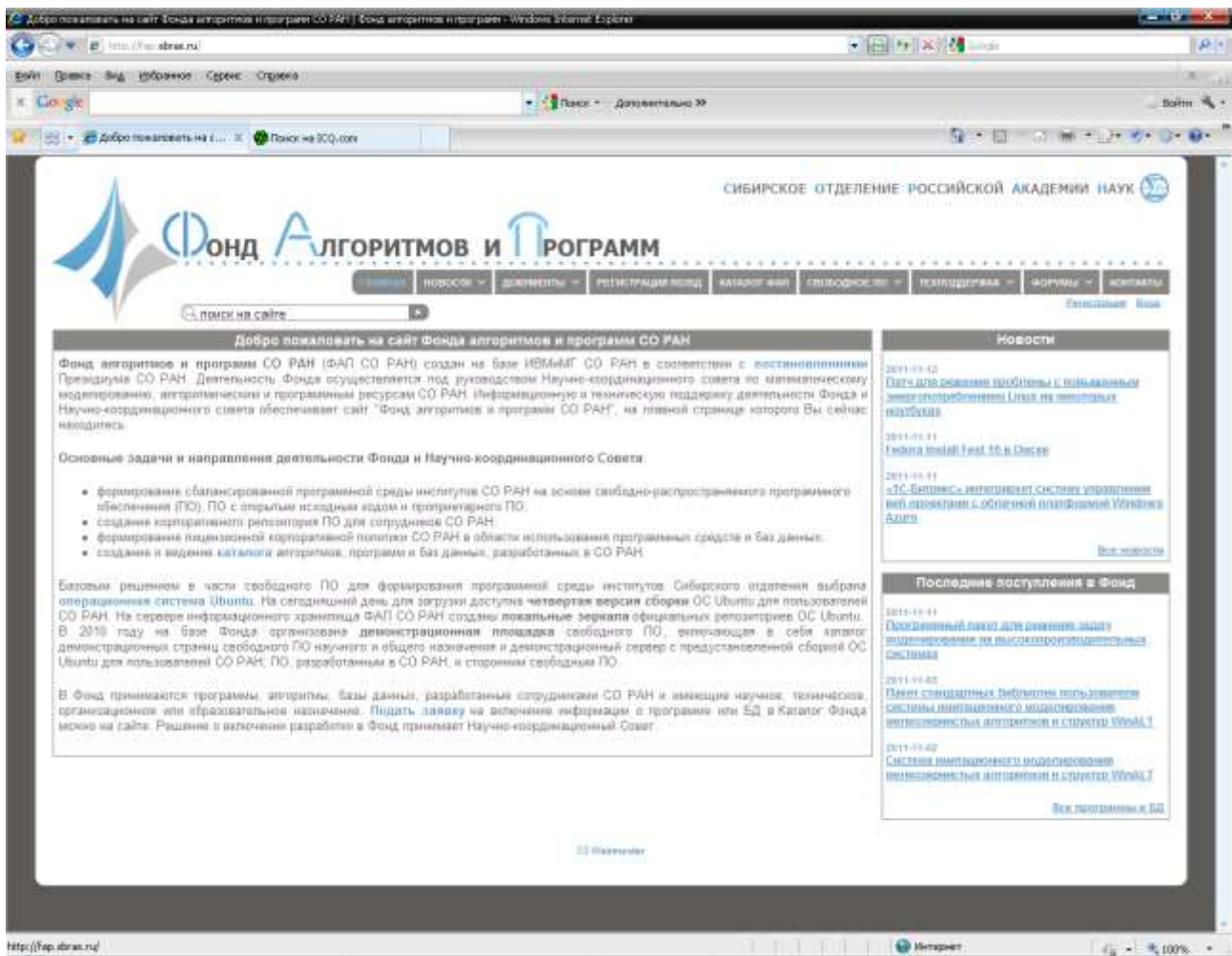


Рисунок 3. Главная страница портала ФАП СО РАН

Подсистема поддержки выполнения основных функций ФАП СО РАН реализуется через разделы портала и включает следующее:

- Регистрация ПО и БД производится в диалоговом режиме на странице <http://far.sbras.ru/node/add/program>, доступ к которой обеспечивается через информационную службу (<http://far.sbras.ru/add-program>) портала.
- В разделе «Каталог ФАП» реализован процесс актуализации и доступа к Каталогу, поиск и выборка по регламентированным запросам пользователей информации о ПО/БД, прошедших регистрацию в ФАП СО РАН. К разделу «Каталог ФАП» обеспечен публичный режим доступа всех посетителей портала.

В Фонде принимаются базы данных и программы, имеющие научно-техническое, образовательное или организационное назначение. В настоящее время все разработки принимаются на условиях предоставления информационной поддержки – т. е. включение в каталог Фонда информации о продукте (паспорт продукта) с указанием контактных данных разработчиков.

В Каталоге Фонда зарегистрировано много разработок, интересных своим применением, например:

- «Компьютерная модель движения финансовых потоков на фондовом рынке» (разработчик – Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Ивановский филиал) предназначена для прогнозирования финансовых потоков;
- «Геоинформационная система "Банк данных природных катастроф Земли" (ИВМиМГ, ИНГ СО РАН) разработана для исследования природных катастроф (землетрясений и космических ударов) и выявления структур сейсмичности;
- Программа «Задачи маршрутизации транспортных средств с распределенными поставками» (ИМ СО РАН) решает актуальные задачи транспортной логистики.

- «SMITH – лабораторная информационная система с конвейерной обработкой данных высокопроизводительного секвенирования» (ИВМиМГ СО РАН) поддерживает деятельность биологической лаборатории, начиная с процесса заказа на обработку биологического образца и заканчивая предоставлением готовых к интерпретации данных.

В информационных паспортах каталога можно найти подробную информацию о назначении программ и БД, функциональных возможностях, инструментальных средствах создания и т.д. Таким образом, каталог Фонда кроме инвентаризации программных средств выполняет еще одну функцию – предоставляет информацию о разработках потенциальным пользователям.

«Демонстрационная площадка» Фонда алгоритмов и программ СО РАН

На портале ФАП СО РАН опытная эксплуатация «виртуальной демонстрационной площадки» началась в 2010 г., со второго полугодия 2011 г. площадка функционирует в рабочем режиме, аналогичная подсистема от разработчиков ОС Ubuntu начала действовать с весны 2011 г.

«Виртуальная демонстрационная площадка» (<http://fap.sbras.ru/spo/demo>) с доступом через портал ФАП СО РАН создана с целью организации демонстрации функциональности наиболее значимых пакетов/программ из рекомендуемого репозитория СПО или разработанных в институтах СО РАН. «Площадка» создана и функционирует как инструмент продвижения в учреждениях СО РАН свободного ПО и обеспечения информационной поддержки ПО/БД, разработанных в учреждениях СО РАН.

«Демонстрационная площадка» интегрирована в портал ФАП СО РАН (<http://fap.sbras.ru>) в виде специализированной подсистемы (сервиса) и представляет собой систематизированный набор тематических разделов данной подсистемы портала (по выделенным группам пакетов/программ) с соответствующими информационными страницами отдельных программ с доступом через них на демонстрационный сервер с предустановленной корпоративной сборкой на основе ОС Ubuntu и выбранного для демонстрации ПО.

Зарегистрированные на портале ФАП СО РАН пользователи получают доступ на демонстрационный сервер и могут оценить ПО в режиме реальной работы без необходимости в его предварительной установке на собственных компьютерах.

Централизованное использование в СО РАН демонстрационной площадки, а также иных смежных сервисов информационного кластера ФАП СО РАН в процессе разработки и продвижения свободного ПО позволит избежать дополнительных затрат на программное и аппаратное обеспечение в каждой отдельно взятой организации Отделения.

Литература

1. Постановление ГКНТ СССР от 10.12.1979 №581 "О повышении эффективности функционирования и использования Государственного фонда алгоритмов и программ".
2. Макаревич В.П. Развитие программного обеспечения в СССР // Программные продукты и системы, № 1, 1988 г.
3. Интеллектуальная собственность в современном мире. Монография Под ред. Близнеца И.А.
4. Sokolova Olga D., Kratov Sergey V. Information Systems for Popularization of Scientific and Knowledge-based Software // 2016 13TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC-TECHNICAL CONFERENCE ON ACTUAL PROBLEMS OF ELECTRONIC INSTRUMENT ENGINEERING (APEIE), VOL 2. Book Series: International Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering. Pages: 519-522. Published: 2016

Эволюция систем автоматизации научных исследований аэромеханики летательных аппаратов

Криворученко Владимир Степанович

ЦАГИ, г. Жуковский, Россия.

krivoruchenko@tsagi.ru

Аннотация. Статья посвящена описанию эволюции архитектуры компьютерной инфраструктуры систем автоматизации научных исследований аэромеханики летательных аппаратов. В 70-х годах - это архитектура типа «звезда» с двумя ЭВМ в центре и оконечной аппаратурой сбора данных на концах лучей, с обработкой данных и передачей результатов на бумажных носителях. В 80-х аппаратура сбора заменяется на измерительно-вычислительные комплексы на базе мини-ЭВМ, в центре располагаются мейнфреймы, которые информационно объединяются с ЭВМ комплексных расчетов и САПР. И, наконец, современная компьютерная архитектура с применением Центров Обработки Данных в сетях регламентированного доступа, сервисов групповой работы, прикладных сервисов, средств информационной безопасности, автоматизированных рабочих мест и т.д.

Ключевые слова: архитектура, компьютерная инфраструктура, системы автоматизации, аэромеханика, летательные аппараты, информационная безопасность.

Введение

Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского обладает уникальной экспериментальной базой, которая позволяет проводить исследования летательных аппаратов, их компонентов и моделей с имитацией различных условий эксплуатации. Для имитации нагрузок, действующих на летательный аппарат в условиях полета, с начала 20-го века стали проводиться исследования в аэродинамических трубах (АДТ). Вначале это были чисто качественные наблюдения, затем стали развиваться все более точные и быстродействующие устройства сбора данных. Результаты обрабатывались вручную, а затем и с помощью механических счетно-решающих устройств. Первые попытки использовать ЭВМ для автоматизации эксперимента начались в конце 50-х. Но только в середине 60-х, с появлением надежно работающих ЭВМ с достаточными характеристиками, в ЦАГИ были развернуты работы по созданию первой централизованной вычислительной системы (ЦВС – 1) для комплексной автоматизации экспериментальных исследований в аэродинамических трубах.

Централизованная вычислительная система ЦВС-1

В качестве ядра системы использовались две ЭВМ ДНЕПР-1 (разработка ИК АН УССР), к которым (дополнительно к штатным устройствам перфоленточного ввода/вывода и узкой цифрпечати) подключили внешние накопители на магнитной ленте и интерфейс с линиями связи (Рис 1). К ЭВМ по линиям связи (физическая структура – «звезда») подключались комплекты разработанной в ВЦ ЦАГИ аппаратуры САПФИР (Система Автоматической ПерФорации И Регистрации), которая осуществляла преобразование аналоговых данных полученных измерителями в цифровую форму, автоматическую регистрацию на перфоленте и передачу данных из АДТ на центральный блок ЦВС-1 по линиям связи. Блок управления связи с аппаратурой САПФИР на переднем плане фото (Рис 1).



Рис. 1. Центральный зал ЦВС-1(1967г.)

ЭВМ ДНЕПР-1 обладали весьма скромными вычислительными возможностями (около 20 тыс операций в секунду с 26-разрядными числами с фиксированной запятой). Несмотря на это, благодаря искусно оптимизированным библиотекам вычислений и расширенной периферии (в течении ряда лет расширили оперативную память, подключили внешние накопители на магнитной ленте от ЕС ЭВМ, АЦПУ, графопостроители и другие внешние устройства), ЦВС-1 (Рис 2) обеспечивала проведение обработки данных аэродинамического эксперимента для всей авиационной промышленности в течение полутора десятков лет, по 1982-й год.



Рис. 2. Центральный зал ЦВС-1(1980г.)

Централизованная вычислительная система ЦВС-2

Следующий проект комплексной автоматизации экспериментальных исследований в аэродинамических трубах, ЦВС-2, представлял собой компьютерную инфраструктуру, состоявшую из ЭВМ на двух уровнях (Рис. 3). На первом уровне были установлены измерительно-вычислительные комплексы (ИВК), оснащенные мини-ЭВМ типа СМ-4 (PDP-11) и ЕС-1010 (Mitra-15), устройствами связи с измерительной и управляющей аппаратурой объекта АДТ и подключенные через специально разработанный магистральный интерфейс линий связи к центральному блоку ЦВС-2. на базе ЕС ЭВМ. До 1987 года это были две ЭВМЕС-1033, работавшие на общем поле внешней памяти. Впоследствии их заменили две ЭВМ ЕС-1055, а к ним дополнительно подключили и ЕС-1066. Разработка аппаратно-программных средств, объединяющих разнородные машины типа в единую масштабируемую сеть, являлась на тот период уникальной и была защищена многочисленными авторскими свидетельствами.

На второй уровень – Центральный Блок возлагались задачи накопления и архивации данных, полученных с ЭВМ 1-го уровня, их комплексной обработки, погружения в Банк Данных и последующей передачи данных в организации отрасли. Схема построения верхнего уровня программного обеспечения связи в ЦВС-2 реализована на обмене файлами и вызове процедур (библиотеки подпрограмм для вызова из программы пользователя на языке ФОРТРАН) с удаленной мини-ЭВМ через центральный интерпретатор системы со специализированной БД который по современным понятиям представляет собой портал. На прикладном уровне программное обеспечение связи было “прозрачно” для программ пользователей. Впоследствии, программное обеспечение прикладного уровня связи в ЦВС-2 позволило осуществлять объектам диалоговый режим работы непосредственно с ЭВМ ЦБ ЦВС-2. На терминале объектовой ЭВМ типа СМ-4 или ЕС-1010 эмулировался экран дисплея ЕС ЭВМ с возможностью использования всех ресурсов центральных ЭВМ. Практически еще в середине 80-х в локальной сети разнородных ЭВМ были реализованы технологии файл-сервер и сервер-приложений, которые задействованы сейчас в локальных сетях ЭВМ. Аппаратно-программные средства ЦВС-2 обеспечивали взаимодействие в рамках инфраструктуры десятков ЭВМ.

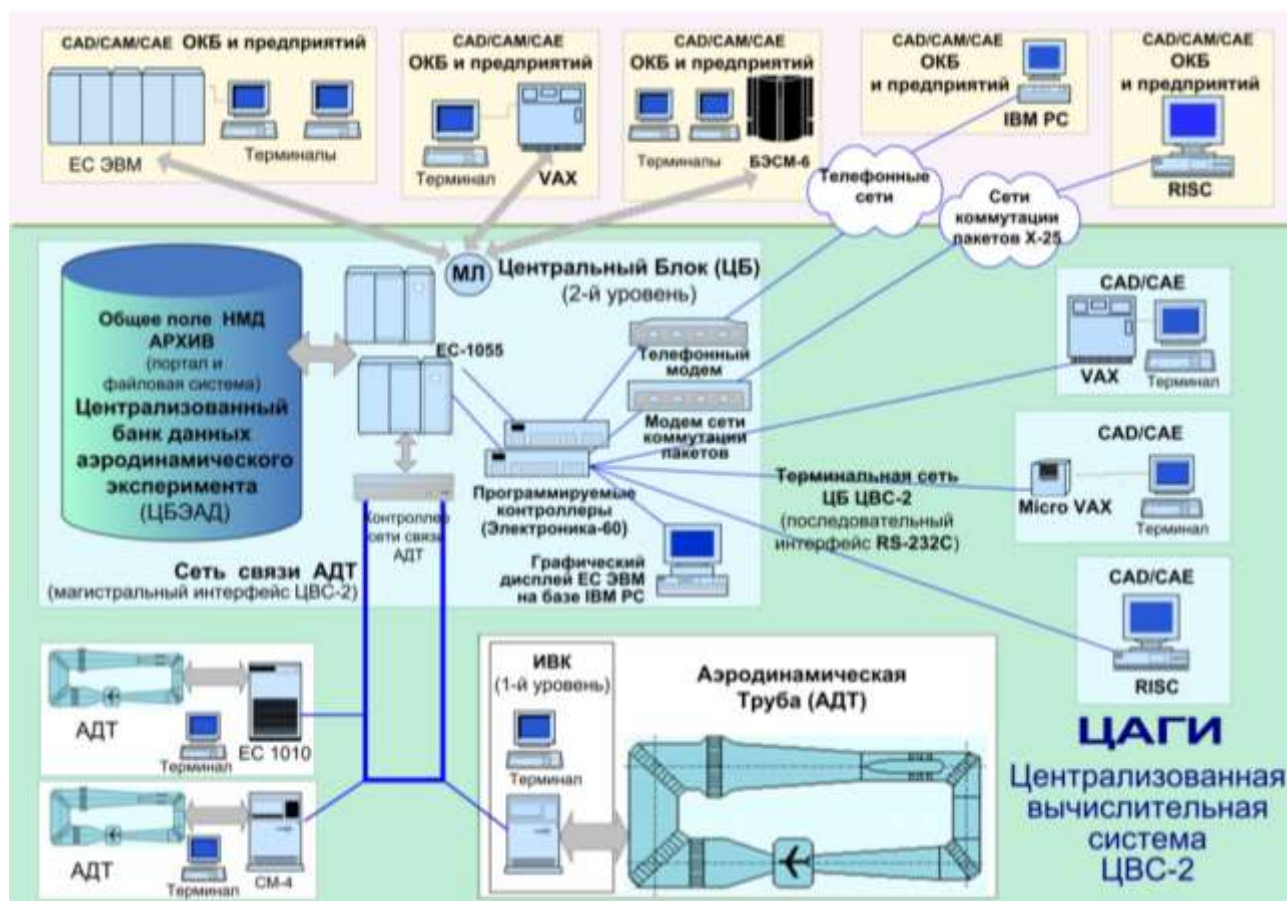


Рис. 3. Распределённая компьютерная инфраструктура ЦВС-2 (1990год)

Аппаратным ядром ЦВС-2 стал трехмашинный комплекс из двух ЭВМ ЕС-1055, работающих на общее поле внешней памяти и соединенных устройствами канал-канал с третьей мощной машиной серии ЕС-1066. Через централизованный банк экспериментальных аэродинамических данных (ЦБЭАД) и систему связи поступала экспериментальная информация из аэродинамических труб. Создание банка данных аэродинамического эксперимента было осуществлено на ЕС-1066 с использованием СУБД SQL/DS для ОС VM/SP.

Через общее поле ВЗУ и каналные адаптеры происходил обмен данными с другими расчетно-экспериментальными подсистемами, расположенными на ЭВМ трехмашинного комплекса. Пользователи взаимодействовали с любой из ЭВМ комплекса с терминалов локальной интерактивной подсистемы. В ее состав входили наряду со стандартными дисплеями ЕС-7920 и графические подсистемы на базе персональных ЭВМ и ЭВМ ИЗОТ-1080 (VAX-780), которые подключались к 3-машинному комплексу через программируемые контроллеры связи (ПКС). Через ПКС осуществлялось и подключение разнесенных по территории института терминальных ЭВМ пользователей.

Для операционной системы ОС CBM (VM/SP) была установлена промышленная СУБД SQL/DS и разработана методика погружения аэродинамических экспериментальных данных в БД в виде формализованных документов, а также программные интерфейсы к ним для расчетных автоматизированных систем и САПР. Построение программных и системных интерфейсов позволяло использовать экспериментальные данные на любой стадии проведения расчетов как для контроля точности результатов промежуточных и окончательных вычислений, так и для построения расчетной схемы.

С помощью разработанных средств были созданы проблемно-ориентированные системы для автоматизации исследований по аэродинамике самолетов, в частности система прочностного расчета и сертификации летательных аппаратов, объединяющая ЭВМ труб, ЭВМ ЦБ ЦВС-2, центральный банк аэродинамических данных ЦАГИ и ЭВМ расчетно-экспериментальных экспертных математических моделей аэродинамики.

Для передачи результатов эксперимента в виде электронных унифицированных документов на машинных носителях между ЭВМ и ОС разных типов был разработан независимый от ОС формат представления данных и ПО, объединенные общей концепцией под названием «теговый метод» доступа, или «тегмед». Он обеспечивает набор операций для переноса массивов данных из пользовательских программ на языке Фортран в блоки на магнитном носителе и обратно. Каждый массив снабжается тегом (этикеткой, признаком), который описывает тип массива, тип данных и длину массива. Информация на МЛ помещается в кодах ЕС. Тем самым вводится универсальный формат записи, который можно использовать для обмена информацией между любыми двумя ЭВМ. Метод доступа состоит из набора подпрограмм (п/п), написанных на языке Фортран-4, драйверов ввода/вывода для магнитного носителя и программ перекодировок. При переносе на другой класс машин изменяются только драйверы и программы перекодировок. Метод доступа адаптирован на ЭВМ типа ЕС, БЭСМ-6, PDP-11, VAX, IBM PC.

С использованием ее аппаратных средств и программных сервисов был реализован целый ряд систем автоматизации научных исследований, от внутренних до межотраслевых. В качестве примера можно привести реализацию межотраслевой системы информационного обеспечения результатами расчетно-экспериментальных исследований по аэромеханике в проекте создания советского космического челнока «БУРАН». ЦАГИ совместно с НПО «ЭНЕРГИЯ» и «МОЛНИЯ» была разработана технология проведения, обработки, анализа, оперативного представления и передачи результатов исследований в CAD/CAM системы ОКБ и заводов-изготовителей изделий. Более детально с работами по этому конкретному проекту можно ознакомиться в трудах конференции SORUCOM 2014.

Проектами по созданию систем ЦВС-1 и ЦВС-2 руководил профессор А.Д. Смирнов, с военной и трудовой биографией которого можно ознакомиться в Галерее славы компьютерного музея. В проектирование и разработку аппаратно-программных средств системы ЦВС-2 большой вклад внесли: А.А. Кузнецов, К.А. Шарий, А.В. Пилюгин, В.С. Криворученко, В.Н. Змеев, А.П. Никитин, В.Г. Лютый, Е.К. Чумаченко, В.Я. Кузнецов, И.В. Гребеножко, В.В. Тыжнов, И.И. Тарасова, Г.В. Кувакина, Н.И. Колено, Е.Д. Никитина, О.К. Лылова, И.Б. Сушкевич, В.В. Лихоперская, В.Е. Мордвинов, З.Г. Садонина, Э.М. Сеницына, Г.Ф. Воронов, Р.Г. Айбашев, Н.Г. Кочерженко, С.А. Иоселевич, Г.В. Степанова. На фото (Рис. 4) представлены разработчики ЦВС-2.



Рисунок 4. Разработчики ЦВС-2: А.Д. Смирнов, В.С. Криворученко, А.В. Пилюгин, А.А. Кузнецов (слева-направо, 1987 год).

По техническим характеристикам проекта и фактической реализации компьютерная инфраструктура ЦВС-2 в 80-х годах вполне соответствовала мировому уровню, и обеспечила требуемый уровень информационного обеспечения всех проектов по созданию летательных аппаратов.

Информационно-коммуникационная инфраструктура поддержки научных исследований.

Современные системы автоматизации исследований летательных аппаратов принципиально расчетно-экспериментальные и многодисциплинарные, и поэтому должны поддерживаться с помощью механизмов и сервисов адаптивной информационно-коммуникационной инфраструктуры, которая позволяет объединять информационно организации отрасли, может эволюционировать и адаптироваться к новым требованиям и сервисным моделям.

При ее создании следует руководствоваться общими отраслевыми требованиями ко всем погружаемым в нее компьютерным системам по унификации интерфейсов, форматов, сервисов для интеграции наследуемых и внедряемых систем. Необходима увязка плана развития информационных технологий со стратегическими планами развития отрасли и создание мощной единой инфраструктуры безопасности.

С развитием такого направления как Центры Обработки Данных (ЦОД) с терминальным доступом меняется парадигма информационной безопасности (ИБ) в корпоративном сегменте. Теперь в ИБ в большей степени нуждается не клиент, а сервер и меняются как антивирусные, так и иные решения в этой области. Использование ЦОД и механизмов виртуализации позволяет гибко и оперативно перераспределять аппаратные и программные ресурсы в соответствии с потребностями групп пользователей. Оптимизируется стоимость программных ресурсов, затраты на которые с годами будут увеличиваться в связи с ужесточением законодательства за несанкционированное использование ПО.

Требования безопасности являются общими для предприятий отрасли и должны диктовать общие архитектурные решения. Архитектура вычислительной сети организации отрасли строится с учётом как повышенных требований к безопасности данных организации, так и заказчиков работ и услуг. Сеть организации делится на физически раздельные сегменты. Основанием для такого деления служит уровень конфиденциальности находящихся там информационных активов. Такая архитектура, включающая ЦОДы с виртуальными ресурсами в сетях терминального доступа (“тонкий клиент”), межсетевые шлюзы, через которые происходит контролируемая передача данных, позволит пользователю со своего рабочего места обращаться к разнообразным информационным активам при соблюдении требований по ИБ.

Наряду с этим, группы пользователей, объединяющиеся в рамках проекта, практически моментально получают в ЦОД выделенную виртуальную сеть с виртуальными ресурсами, службами поддержки конечного пользователя, информационного центра и коммуникацией, сервисами организации групповой работы (базы

данных проекта, вычислительные мощности, управление выполнением работ по проекту и т.д.). После завершения работ по проекту все виртуальные ресурсы возвращаются в общий пул ресурсов ЦОД организации.

Принципиально меняется и технология создания и сопровождения информационной инфраструктуры организаций, в рамках которой применяемые архитектуры, механизмы поддержки которых должны быть максимально унифицированы. Все автоматизированные системы организации должны строиться на основе единого подхода, привязываться к единой онтологии, общим нормативно-справочным данным, унифицированным механизмам и сервисам инфраструктуры.

Для реализации такого подхода общая информационная политика в отрасли, должна ориентироваться на тенденции стремительного развития ИТ в мировой аэрокосмической индустрии и учитывать динамичную государственную информационную политику. Необходимо создавать и механизмы реализации такой политики. Либо на основе ведущих организаций отрасли по ИТ, либо включая разделы по ИТ в федеральные целевые программы, комплексные проекты и др. Разработанная типовая архитектура вычислительной сети организации учитывает повышенные требования к безопасности информационных ресурсов как самой организации, так и заказчиков работ и услуг, объединённых в рамках временных проектов или виртуальных предприятий. Для этого вся сеть делится на физически раздельные сегменты в каждом из которых может быть неограниченное количество логических сегментов. Основанием для деления служит уровень конфиденциальности находящихся там информационных активов. Проектное количество физических сегментов равно четырём.

Внутренние сети с доступом в публичные сети (сегмент «Интернет»). Никаких особых требований к обеспечению конфиденциальности информационных ресурсов в них не предполагается. Обычно достаточно стандартных средств таких как антивирус, прокси-сервер, брандмауэр.

Внутренние сети общего пользования (сегмент «Интранет»). Представляют собой внутренние сети предприятия. Информационные ресурсы в ней доступны всем (или почти всем) сотрудникам организации и не содержат информации ограниченного распространения.

Внутренние защищённые сети (сегмент «Интранет защищённый»). В этот сегмент попадают сети с критичными для деятельности организации информационными ресурсами.

Внутренние сети с доступом к внешним закрытым сетям (сегмент «Экстранет»). Это сети, которые связаны с аналогичными сетями других организаций, а значит выходящие за периметр организации. Но, в то же самое время, - это сети управляемы, адекватно защищены и не имеют доступа в сторонние сети, особенно в публичные.

Современная архитектура сети представлена на рис. 5. На нём можно видеть, что основные ресурсы каждого из четырёх сегментов сосредоточены в ЦОД. Каждый из ЦОД предлагает пользователям в виде сервисов:

- виртуальные рабочие станции и программные пакеты с исполнением на сервере,
- БД и другие разделяемые ресурсы памяти для групповой работы
- портал с прикладными сервисами и сервисами групповой работы,
- высокопроизводительные кластеры (вычислительные сервисы).

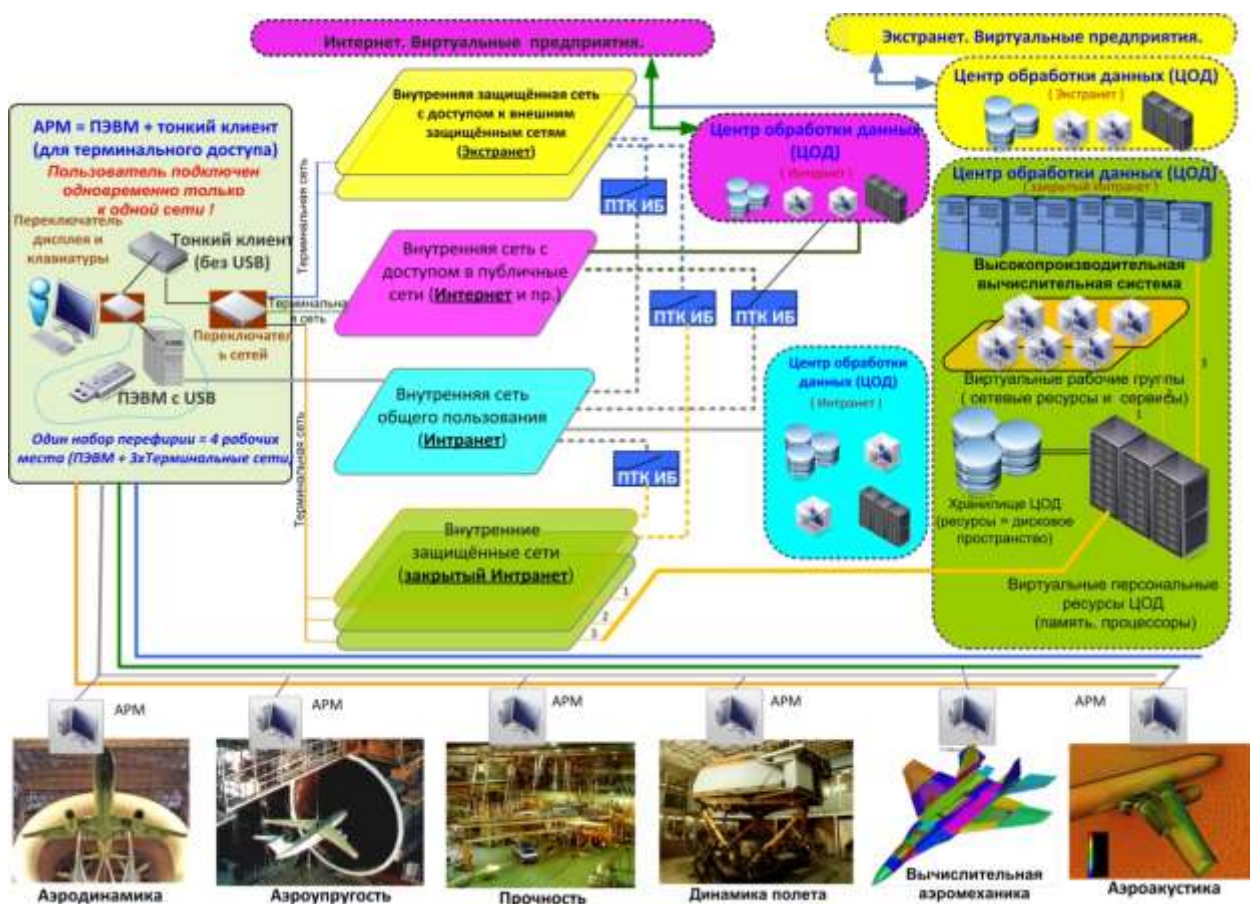


Рис. 5. Архитектура информационно-коммуникационной инфраструктуры организации

Ключевыми элементами представленной архитектуры являются ЦОД, программно-технологический комплекс информационной безопасности (ПТК ИБ) и автоматизированное рабочее место (АРМ) пользователя.

Программно-технологический комплекс информационной безопасности (ПТК ИБ), разработанный в ЦАГИ и запатентованный (патент РФ №2387086), решает задачу обмена данными между сегментами сети различного уровня конфиденциальности.

При помощи ПТК происходит перенос данных из одного сегмента сети в другой. При этом данные при переносе из сети с более высоким уровнем конфиденциальности в сеть с меньшим уровнем конфиденциальности проходят обязательную проверку службы безопасности, которая контролирует все ПТК.

Типовой АРМ и конкретные его реализации могут варьироваться, но не выходя за рамки соблюдения общего принципа: работа на ПЭВМ возможно только в подсетях группы Инtranет. В остальных подсетях работа возможна только с нуль-клиентов, подключающихся к виртуальным машинам в ЦОД соответствующего сегмента.

АРМ пользователя состоит из ПЭВМ, тонкого клиента, одного набора периферии (клавиатура, мышь, монитор, принтер, сканер), переключателя периферии и переключателя сетей. ПЭВМ пользователя логически входит в группу сетей Инtranет, в её определённую подсеть. Кроме того, у пользователя может быть не только единственная физическая машина, но целый набор виртуальных, в том числе находящихся в разных подсетях, к которым у него будет защищённый удалённый доступ. Для работы в подсетях остальных трех групп предлагается использование исключительно терминального доступа. .

Заключение

Созданная в 80-е годы компьютерная сетевая инфраструктура ЦВС-2 и системы автоматизации на базе ее механизмов вполне соответствовали требованиям национальных проектов в аэрокосмической области и выполнили возложенные на нее задачи. Описанные в статье механизмы и подсистемы современной компьютерной инфраструктуры автоматизации научных исследований успешно эксплуатируются и совершенствуются в ЦАГИ на протяжении ряда последних лет и нацелены на будущие сложные проекты и программы в аэрокосмической области.

Развитие теории программ и систем в СССР: История и современные теории¹

Лаврищева Екатерина Михайловна, д.ф.-м.н.

Институт системного программирования им. В.П. Иванникова РАН, Москва
lavryscheva@gmail.com, lavr@ispras.ru

Аннотация. Приведен анализ теории программ советских ученых (Ляпунова, Ершова, Янова, Глушкова, Ющенко, Липаева и др.). Определена сущность теории программ, технологии программирования, синтеза, сборки и доказательства программ и систем (1963-1990). Представлены элементы теории зарубежной инженерии программных продуктов *Software Engineering* (1980-2016) и *SEMAT* (2009). Представлены новые перспективные теории и методы моделирования изменяемых систем из готовых программных ресурсов (объектов, компонентов, сервисов и др.) и их конфигурационной сборки в варианты выходного кода продуктов и систем.

Ключевые слова: Теория, методы, научные основы, информационные системы, программные системы, построение, верификация, доказательство, моделирование, интероперабельность.

Введение

Более двадцати лет назад А.П. Ершов писал, что теоретическое программирование является разделом математической науки, объектом изучения которой является абстрактная программа, выраженная логической структурой и информацией, подлежащая выполнению на компьютере. Теория программирования основывается на математических дисциплинах (логика, алгебра, комбинаторика) и отражает математический метод мышления специалиста при проведении анализа предметной области, осмыслении постановок задач, описании программ для получения на машине математического результата. Теория программирования ориентирована на специалистов, обладающих математическими знаниями и способностью применять их к логике описания алгоритмов программ.

На начальном этапе создания ЭВМ в СССР сформировались теории построения программ (А.А. Ляпунова, А.П. Ершова, Ю.И. Янова, Е.Л. Ющенко, Э.Х. Тыугу, Г. Буча, К. Джекобсона и др.) и систем АС, АСУ, АСНИ, АСУ ТП (В.М.Глушкова) [1-9]. Системы разрабатывались с помощью готовых элементов – программ и модулей, которые накапливались в Фондах алгоритмов и программ (1976-1992), а позднее в библиотеках и репозиториях систем международного сообщества.

Модулем считался программный элемент, который преобразует множество исходных данных X во множество выходных данных Y методом отображения $M: X \rightarrow Y$. Система из модулей - это пара $S = (T, \chi)$, где T – модель системы; χ – характеристическая функция, определяется на множестве вершин X графа модулей G . Две модульные системы $S_1 = (T_1, \chi_1)$ и $S_2 = (T_2, \chi_2)$ тождественны, если $T_1 = T_2$ и $\chi_1 = \chi_2$, а S_1 и S_2 являются *изоморфными*, если T_1 изоморфна T_2 и $\chi_1 = \chi_2$ [10].

Процесс разработки программ и систем из модулей постепенно становился регламентированным с помощью моделей жизненного цикла (ЖЦ) (водопадная, спиральная, интеграционная и др.) и стандартов ISO/IEC 12207 Life Cycle 1996 (2007), ISO/IEC 11404 – GDT 2007, ISO/IEC 9000 Quality SW и др. За рубежом сформировались новые формальные методы спецификации программ (VDM, RSL, Z, B и др.) [11, 12] и их доказательства (Флойд, Хоар, Дейкстра, Гресс и др.) [39, 40]. После модуля новым элементом программирования стал объект в ООП Г.Буча [13] и связанные с ним такие математические понятия, как класс, наследование, полиморфизм, инкапсуляция и др. Разработаны CASE-средства моделирования объектных систем (Rational Rose, UML, MDA, MDD, PIM, PSM, SOA и др.) [21].

[1] Грант РФФИ №16-01-00352

Системы разрабатывались на основе характеристических моделей и готовых программных ресурсов (объектов, компонентов, сервисов и др.). Первые переменные модели систем и продуктов определены в Product Line/Product Family, GDM, Grid и др. [17-19]. Их основу составляет модель характеристик (Feature Model) и конфигурационная модель (CM) для сборки базовых артефактов и готовых ресурсов (reuses, assets, services и др.). В рамках Software Engineering Methods and Theory (SEMAT-2009) дана классификация дисциплин SE [20] и предложены перспективные теории и методы определения научных основ программирования для повышения уровня знаний и компетенции специалистов и магистрантов ВУЗов, готовящихся к производству программных, информационных и прикладных систем (<http://www.semat.org>).

В данной работе дается краткое описание первых теорий программ и систем и новых перспективных теорий математического моделирования систем из готовых ресурсов.

1. История развития теории программ и систем в СССР

1.1. Первые теории программ и программных технологий

Теория программ (по А.П. Ершову) образует новый раздел математической науки, объектом изучения которой являются математические абстракции программ, предписания, выраженные на специальных языках с заданной информационной и логической структурой для исполнения на ЭВМ. Основу теории составляла схема программы, которую впервые ввел А.А. Ляпунов и которую развивали Ю.И. Янов, А.П. Ершов и др. [1-9].

Схема программы – это конечный ориентированный граф, описывающий схему связи отдельных функций программ с помощью сигнатур операций и математических символов.

Схема Янова – это модель операторной схемы на сигнатуре одноместных операций, допускающих использовать одну переменную. Для схемы определена полная система преобразований, отображенная в протоколе последовательности выполняемых операций и значений их переменных.

Андрей Петрович Ершов развил понятие схемы программы и сформулировал идею сведения вычислимой функции к понятию детерминанта, инвариантного к различным способам задания процесса вычисления программ. Автомат, воспринимающий этот детерминант, рассматривается как конечный автомат, допускающий формальную эквивалентность, совпадающую с функциональной интерпретацией алгоритма программы. Формальная нотация программ дается в лексиконе и содержит описание семантики в виде совокупности нетривиальных фактов о вычисляемых ею функциях. Теория схем программ и вычислимости алгоритмов развивалась учениками Ершова и др.

А.П. Ершов в докладе на звание академика СССР (1986) и на Всесоюзной конференции «Технология программирования» (1987) [22, 23] определил элементы теории технологии программирования (ТП), включая методы синтеза, сборки и конкретизации. Синтезирующее программирование базируется на методе доказательного рассуждения о правильности программы. Сборочное программирование осуществляет построение программы из уже существующих (проверенных на правильность) готовых фрагментов программ (reuses) и сборку их в сложную структуру. Конкретизирующее программирование обеспечивает построение системы по универсальной модели для некоторой предметной области.

Основные положения теории ТП А.П. Ершов сформулировал так [23].

«Следует различать ТП как технологическую теорию и как конкретный способ организации, создания, распространения и сопровождения программного продукта (ПП) и как процедуру индивидуальной деятельности профессионала, разрабатывающего ПП. Технология и методология – это всегда наука, в то время как метод входит в них составной частью. Технология профессионального, производственного программирования имеет принципиальную важность – отчуждаемость и тиражирование ПП. Технология начинается тогда, когда она охватывает ЖЦ ПП. ТП – это совокупность методологических положений, организационно-административных и инструментально-технических средств, их информационного и программного обеспечения (ПО), регламентирующего деятельность людей, вовлеченных в процесс создания, распространения и сопровождения ПП. Конечная ТП должна:

- охватывать весь жизненный цикл ПП;
- способствовать применению методологии, повышающей уровень достоверности, надежности и доказательности программирования на современные технические средства в виде автоматизированных рабочих мест, объединенных в локальную сеть;
- обеспечивать управляемость и контролируемость производственных процессов;
- обеспечивать устойчивость ПП по отношению к смене технических средств;
- обеспечивать развитие ПП в связи с изменением условий функционирования целевой системы, использующий этот продукт в других условиях среды».

Таким образом, А.П. Ершов сделал ориентир для развития ТП в советских условиях. В [23] определено три направления развития ТП и ее перспективы.

«Первое направление (*организационное программирование*) 1975–1985 гг.

Язык программирования не формализован. Переход от прототипа к программной версии не формализован...

Языки программирования – ФОРТРАН, КОБОЛ, ПЛ/1, Ассемблер.

База знаний отсутствует, развитие продукта – версионное.

Второе направление (*сборочное программирование*) 1985–1995 гг.

Язык спецификации регламентирован.

Переход от прототипа к промышленной версии регламентирован. Язык разработки – этот формализованный язык высокого уровня со средствами модуляризации и комплексирования ...».

Третье направление (*доказательное программирование*) 1995–2005 гг.

Язык разработки формализован и содержит систему формальных преобразований, необходимых для доказательства программ...

Язык программирования объединен с языком разработки...

База данных проекта машинизирована.

Развитие продукта – эволюционное – *адаптивное...*».

В заключительной части статьи А.П. Ершов отметил: «Было бы полезно выработать норматив по технологии *второго поколения*, который, не затрагивая конкретного методологического или языкового наполнения, унифицировал бы: общую этапность разработки ПП; нормативы производительности и надежности; документационную структуру и вычислительную среду; *межмодульный интерфейс* поддержки *сборочного программирования...*».

Все указанные фундаментальные основы ТП Ершова развивались в СССР в работах автора до 2016 года [24-27].

Впоследствии метод сборки модулей и интерфейсов (1982) [16, 24-27] стал всеобщим для всех общесистемных сред (IBM, MS, Intel, Linux и др.) и был определен как стандарт конфигурационной сборки - ISO/IEC JTC 1/SC-7 Configuration и др.

Следует отметить, что была разработана *система программирования ПРИЗ* (Э.Х. Тыгу) для синтеза программ на основе семантической модели предметной области и описания отдельных программ в PL/1, Fortran, Assembler и др. Метод синтеза реализован путем подстановки семантики их реализации в синтезируемую программу. (*Кахро М.И., Тыгу Э.Х.* Инструментальная система программирования на ЕС ЭВМ (ПРИЗ) – Финансы и статистика, 1981; *Тыгу Э.Х.* Концептуальное программирование – Наука, 1984).

Композиция программ (Редько В.Н.) – это операции объединения функций и данных типа: «данные–функция–имя» и «функции–композиция–дескрипция» на множестве именованных данных, дескрипций и денотатов (значений). Операции композиции – это подкласс стандартных композиций и композиционных функций. Они обеспечивают композицию функций на уровне ЯП. (*Редько В.Н.* Композиции программ и композиционное программирование // Программирование. – 1978. – № 5. – с. 17– 26).

1.2 Теория дискретных систем

Дискретные преобразователи

Другим видом теории программирования является теория алгебраического и алгоритмического программирования (В.М. Глушков), основанная на алгебраическом математическом аппарате для задания операций над элементами программ.

Академик Виктор Михайлович Глушков развил аппарат операторных схем программ в направлении теории эквивалентности дискретных преобразователей компьютеров. Основу этой теории составляет: χ – конечный автомат Мили с входным алфавитом X и выходным алфавитом Y , с заданными начальным и заключительным состояниями. В.М. Глушковым рассмотрен автомат Мура G_m (бесконечный) с множествами состояний G , входов X , выходов Y , начальным состоянием e , функцией выхода $t(g)$ и функцией перехода $q(g, y) = gy$ [3, 28-32].

Автомат χ , работающий совместно с G_m , получил название *дискретного преобразователя*. Если автомат χ в качестве входа воспринимает выход G_m , то в качестве выхода определен χ . Выходу автомата χ соответствует состояние G_m в момент остановки χ . Дискретные преобразователи эквивалентны относительно полугруппы G , если для каждого отображения t из G в Y оба не останавливаются при работе G_m либо оба останавливаются и имеют одинаковый выход.

Проблема эквивалентности дискретных преобразователей разрешима относительно полугруппы с левым сокращением и неразрешимой единицей, в которой разрешима проблема тождества слов. В ней допускаются все разрешимые и неразрешимые случаи эквивалентности дискретных преобразователей относительно коммутативной полугруппы. Данная теория применялась при построении серии машин Мир 1-3 [31].

Теория дискретных систем

При решении сложных математических задач дискретных систем возник новый *общематематический язык*, получивший название концепторного языка (КЯ) [33, 34]. Он позволял давать формальное описание: суммирования бесконечных рядов, выполнять множественные операции с бесконечными множествами, гильбертов оператор и др. КЯ – это многосортный логико-математический язык *выражений* X , задаваемых с помощью объектов и типов. *Тип* – это средство построения выражений и структуризации множества значений денотатов. *Выражение* состоит из термов и формул. *Термы* – это объекты предметной области, а *формулы* – это утверждения об объектах и отношениях между ними. Формулы описываются с помощью четырех категорий понятий: функторов, предикатов, конекторов и субнекторов.

Функтор – это конструктор, преобразующий термы в термы (арифметические и алгебраические операции над числовыми множествами).

Предикаты превращают термы в формулы.

Конекторы включают в себя логические связи и кванторы для преобразования одной формулы в другую.

Субнектор (дескриптор) – это конструктор формул из термов и выражений, которые содержат формулы над числовыми множествами и вещественными функциями (кортежи, отношения, семейства, произведения множеств и др.).

В КЯ практически задавалась логико-алгебраическая спецификация задач распознавания динамических обстановок в гидроакустике, радиолокации и других дискретных систем. В частности КЯ использовался при создании ПО технических объектов новой техники. *Дискретная система* (S) содержит конечный набор входов, выходов и состояний. Ее функционирование определяется набором частичных отображений, которые входят в состав сигнатуры и образуют *частичную алгебру* состояния S системы. Если спецификации заменить булевыми функциями, то получается характеристическая функция отношений. Семантика логико-алгебраических спецификаций КЯ основана на *переписывании термов* и теории доказательства теорем. Данный язык использовался при разработке новой машины «Украина» в ИК АН СССР в 80-х годах XX столетия.

Алгебра алгоритмов

В.М. Глушков (1957-1964) определил алгебру и математический анализ как средство моделирования параметров и свойств программы решения дифференциальных и интегральных уравнений и систем [28-32]. Основу алгебры составляли:

- физическая модель, включающая свойства и характеристики отдельных элементов;
- математическая модель, в которой уточнялись размерность, параметры и операции работы с данными;
- формальное описание математической модели и численной модели;
- описание математических задач с помощью Адресного языка [32] и языка Аналитик [31], которые включали математические операции (+, \times , \cup , \cap , /, ϕ , \oplus , $- \dots$), десятичные целые числа, рациональные числа и операции тождественных преобразований.

Утверждение: если выражения Q_1 и Q_2 принадлежат некоторой подалгебре Q , в которой задана каноническая форма F и $F(Q_1)$ и $F(Q_2)$ полностью совпадают, то Q_1 и Q_2 – эквивалентны.

Язык Аналитик – это язык математического моделирования инженерных задач на машинах серии Мир1-3 [31]. Описание инженерных и математических задач проводится с помощью математических операций и логических операторов, а также конструкций математического анализа и операции тождественного преобразования канонических форм с применением стандартных функций (тригонометрических, логарифмических, экспоненциальных и др.). В этом языке содержатся средства отладки, трассировки и выполнения численных задач вычислительной математики. В него вошли элементы адресного языка Е.Л. Ющенко (1957) [32], а именно операции теории множеств и отношений. Переменные обозначались буквами, им соответствовали ячейки машины. Содержимое некоторого адреса отмечалось указателем, адресом второго ранга (эта концепция вошла в зарубежные языки). Более всего этот язык применялся для описания программ трансляторов для машин УМШН, Урал, Днепр и др.

Развитием этого языка являются: универсальные алгебры (подалгебры, логики, многоосновные алгебры и др.); САА - системы алгоритмических алгебр (алгебра Поста, тождественные преобразования схем адресных алгоритмов), формальные языки и грамматики; теория синтеза автоматов, методы анализа и СМ-формализмы описания анализа языков программирования [30].

Теория информационных систем

В книге «Основы безбумажной информатики» (1982). В.М. Глушков определил для ИС, АСУ и АСУ ТП принципы [35, 36]:

1. Системного подхода к анализу систем управления, структуризации и выделения их целей и критериев.

2. Декомпозиции систем по функциональным признакам и свойствам подсистем разного назначения (кадрового обеспечения, делопроизводства, мониторинга, управления и т.п.).

3. Моделирования элементов системы, типизации функций и задач системы, а также создания экономико-математической модели поиска проектных решений и построения вариантов системы.

4. Добавления новых задач для улучшения деятельности организации, усовершенствования и введения новых функций управления. (мониторинг ИС, деловая графика, обмен электронными документами и т.п.).

5. Определения внешних задач (анализ, учет, контроль) и внутренних (сбор, регистрация, хранение, поиск и др.) с целью принятия управленческих решений.

На основе сформулированных принципов строилась система электронного документооборота и управления правительством с учетом моделей документов, их размеров и характеристик.

Модель документов ИС [37] включает:

1). *Характеристики объема*, включающие регулярную часть из последовательности повторяемых групп полей данных и *нерегулярную* часть без повторяемых структур данных. Объем документов определялся по формулам:

- $V = l_h + n_s k_s l_s^{\max}$ - средний;

- $V_{\max} = l_h + n_s^{\max} k_s l_s^{\max}$ - максимальный,

где l_h – размер нерегулярной части документа; n_s – количество строк данного типа документов; k_s – коэффициент заполнения; l_s^{\max} – максимальный размер регулярной части документа.

2). *Характеристики времени выполнения*, включающие в себя:

- суммарные значения времени обработки разных типов документов в соответствии с их маршрутом;

- время выполнения отдельных операций над документами в разных узлах системы;

- время передачи документов между разными узлами ИС.

Данная теория апробирована в [37] и применяется в системе образования Украины.

Графический Р-стиль описания программ

Р-стиль – это графическое описание процессов построения программ (Вельбицкий И.В.). Перевод графической Р-схемы программы в линейную форму записи для представления в ЭВМ осуществлялся соответствующими программами трансляторов комплекса РТК. Р-схемы изображались с помощью знаков $>$, $-$, $|$ и буквы «о». Но так как в 70-годах прошлого столетия не было графических дисплеев, то описание схемы проводилось с помощью знаков алфавита, что затрудняло просмотр и их анализ. Технологические комплексы РТК созданы были на машинах БЭСМ-6, ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ. Они использовались в различных организациях СССР для обработки текстовой информации и создания интерфейса с уже существующими программными системами. В рамках Единой системы программной документации (ЕСПД, ГОСТ 19) представлен стандарт ГОСТ на Р-технологии. Однако после распада СССР эти средства используются редко, так как не реализованы в классе новых компьютеров.

Теория модульных структур программ

Модуль – это элементарный программный элемент, имеющий свойства [10]:

– логической завершенности функции;

– независимости одного модуля от других;

– замены отдельного модуля без нарушения структуры программы;

– вызова других модулей и возврат данных вызвавшему модулю и др.

Модуль преобразует множество исходных данных X во множество выходных данных Y и задается в виде отображения $M : X \rightarrow Y$.

Виды связи между модулями:

– связь по управлению ($CP = K_1 + K_2$);

– связь по данным.

Граф модульной структуры $G = (X, \Gamma)$, где X – конечное множество вершин, а Γ – конечное подмножество прямого произведения $X \times X \times Z$ на множестве дуг графа.

Модульной структурой называется пара $S = (T, \chi)$, где T – модель модульной структуры; χ – характеристическая функция, определенная на множестве вершин X графа модулей G .

Значение функции χ определяется так:

$\chi(x) = 1$, если модуль с вершиной $x \in X$ включен в состав ПС;

$\chi(x) = 0$, если модуль с вершиной $x \in X$ не включен в состав ПС и к нему нет обращения из других модулей.

Определение 1. Две модели модульных структур $T_1 = (G_1, Y_1, F_1)$ и $T_2 = (G_2, Y_2, F_2)$ тождественны, если $G_1 = G_2, Y_1 = Y_2, F_1 = F_2$. Модель T_1 изоморфна модели T_2 , если $G_1 = G_2$ между множествами Y_1 и Y_2 существует изоморфизм φ , а для любого $x \in X$ $F_2(x) = \varphi(f_1(x))$.

Определение 2. Две модульные структуры $S_1 = (T_1, \chi_1)$ и $S_2 = (T_2, \chi_2)$ тождественны, если $T_1 = T_2, \chi_1 = \chi_2$ и модульные структуры S_1 и S_2 изоморфны, если T_1 изоморфна T_2 и $\chi_1 = \chi_2$.

Модуль описывается в ЯП и имеет раздел описания паспорта, в котором задаются внешние и внутренние параметры. Для передачи параметров другому модулю используется оператор Call (...). Параметры могут преобразовываться к виду вызывающего модуля и обратно в случае неодинаковости их типов. Разработана библиотека примитивных функций преобразования разнородных типов данных ЯП [16].

1.3 Доказательство правильности программ

Формальное математическое доказательство программ основывается на спецификациях алгоритмов, аксиомах, утверждениях и условиях, называемых предусловия и постусловия, определяющих получение правильного результата некоторой специфицированной программой [38-41].

Предусловия – это ограничения на совокупности входных параметров и постусловий на выходных параметрах. *Пред-* и *постусловие* задаются предикатом, результатом которого будет булева величина (true/false). *Предусловие* истинно тогда, когда входные параметры входят в область допустимых значений данной функции. *Постусловие* задает формальное определение критерия правильности получения результата. Оно истинно тогда, когда совокупность значений удовлетворяет требованиям, задающим функциональность. Доказательство проводится с помощью набора *утверждений* для проверки правильности программ в заданных точках. Если утверждение соответствует конечному оператору программы, т.е. является заключительным утверждением и с помощью постусловия делается окончательный вывод о частичной или полной правильности программы.

Наиболее известные методы доказательства – это метод Флойда, Наура и др.

Метод рекурсивной индукции Флойда применяется для программ, которые разрабатываются путем декомпозиции задачи на несколько подзадач и для каждой из них формулируются утверждение с учетом условий ввода и вывода в точках программы, расположенных между входными и выходными утверждениями. Суть доказательства – это истинность выполнения условий и утверждений в заданной программе.

Метод структурной индукции Хоара основан на аксиоматическом описании семантики исходных программ в виде аксиом. Для каждой метки программы строится правило вывода, которое выводит полученные значения переменных.

Пример доказательства расположения элементов массива $T[1:N]$ в порядке их возрастания в $T' [1:N]$ [10].

Входное условие задается начальным утверждением:

$A_{нач}: (T [1:N] - \text{массив целых}) \ \& \ (T' [1:N] \text{ массив целых}).$

Выходное утверждение $A_{кон}$ - это конъюнкция (2, 3) условий:

(1) $(T - \text{массив целых}) \ \& \ (T' - \text{массив целых}),$

(2) $(\forall i, \text{ если } i \leq N, \text{ то } \exists j (T'(i) \leq T'(j))),$

(3) $(\forall i, \text{ если } i < N, \text{ то } (T'(i) \leq T'(i+1))),$

Если утверждение (1) - истинно, то истинно и (2). То есть, если (1) утверждение – A_1 преобразуется к A_2 , то теоремой является: $A_1 \rightarrow A_2$. Если A_3 – следующая точка преобразования, то теоремой будет: $A_2 \rightarrow A_3$. И так до конца $A_{нач} \rightarrow A_{кон}$.

Конечная теорема формулируется так: условие истинно в последней точке, если оно отвечает истинности выходного утверждения: $A_{нач} \rightarrow A_{кон}$.

2. Современные теории и методы

2.1 Методы математической спецификации программ VDM, Z, CLEAR

Венский метод - VDM

К формальным методам спецификации относятся: Венский метод VDM D. Biorner, Z-метод (I.R. Abrial, В. Meyer), RSL и др. [12, 38]. Эти методы начали использоваться в реальных проектах, а также в университетских и академических организациях. VDM – язык формальной спецификации программ и данных с использованием математической символики и следующих типов данных: X – натуральные числа с нулем, N – натуральные числа без нуля, Int – целые числа, Bool – булевы, Qout – строки символов, Token – знаки и специальные обозначения операций.

Функция в VDM задает определение свойств структур данных и операций над ними, аппликативно или императивно. В первом случае функция специфицируется через комбинацию других функций и базовых операций (через выражения), что соответствует синониму *функциональный*. Во втором случае

значение определяется описанием алгоритма, что соответствует синониму *алгоритмический*. Например, спецификация функции вычисления минимального значения из двух переменных имеет вид: $\min N_1 N_2 \rightarrow N_3$. Описание значения этой функции имеет вид: $\min (x, y) = \text{if } x < y \text{ then } x \text{ else } y$.

Объекты языка VDM. Это элементы данных, которыми оперируют функции, которые могут образовывать множества, деревья, последовательности, отображения, а также формировать новые более крупные объекты.

Множество может быть конечное и обозначаться *X-set*. Используются операции \in , \subseteq , \cup , \cap и др. для проверки правильности задания этих операций. Дистрибутивное объединение подмножеств имеет вид: $\text{union } \{(1, 2), (0, 2), (3, 1)\} = (0, 1, 2, 3)$.

Списки (последовательности) – это цепочки элементов одинакового типа из множества *X*. Операция *len* задает длину списка, а *inds* – номер элемента списка. Могут использоваться также операция *конкатенации* и *дистрибутивной конкатенации*.

Дерево – это конструкция *mk*, позволяющая объединять в комплекс объекты разной природы (последовательности, множества и отображения). Например, *let mk* – время $(h, m) = t$ *tin* определяет значение $h = 10$, а $m = 30$.

Отображение – это конструкция *map*, позволяющая создавать абстрактную таблицу из двух столбцов: ключей и значений. Все объекты таблицы принадлежат одному типу данных – множеству.

При спецификации программ средствами VDM задаются пред- и постусловия, аксиомы и утверждения, необходимые для проведения доказательства правильности программы. Метод VDM ориентирован на пошаговую детализацию спецификации программ. Вначале строится грубая спецификация – модель программы в языке VDM, которая постепенно уточняется, пока не получится окончательный текст в ЯП.

Алгебраические спецификации языков Z, CLEA

Язык спецификации Z-схем задает описание обобщенной модели VM программы в виде узлов управления моделью; меток в узлах графовой модели; внешних характеристик и внешних параметров модулей модели. Эта модель представляется совокупностью Z-схем с набором деклараций и ограничений, способствующих образованию состояния. По этой модели осуществляется:

- выбор модулей из библиотеки шаблонов, их переименование и конкретизация в узлах графа;
- каждый модуль имеет интерфейс для некоторого *порта*, отмеченного меткой в Z-схеме;
- верификация связей модулей через описание интерфейсов;
- создание нового шаблона и его интерфейса для задания новых событий в схеме.

Интерфейс способствует образованию последовательности событий при наблюдении за поведением исполняемых модулей.

При спецификации модуля *M* проводится описание разных ситуаций, которые формируют конкретные события, их анализ и определение новых событий и условий выполнения событий.

Обобщенная модель VM состоит из двух модулей: модулей управления CONT и распределения памяти STOR и имеет вид: $VM = (\text{CONT} \parallel \text{STOR}) \setminus \{\text{request}, \text{response}\} = (\text{coin} \rightarrow \text{choc} \rightarrow VM)$.

В нем модуль CONT задает следующую спецификацию:

$\text{CONT} = (\text{coin} \rightarrow \text{request} \rightarrow \text{response} \rightarrow \text{choc} \rightarrow \text{cont})$

Общее назначение этой спецификации состоит в том, чтобы потребитель мог вставлять данные в *coin* для отправки запроса (*request*) модулю памяти. Этот модуль дает ответ (*response*) на запросы согласно следующей спецификации:

$\text{STOR} = (\text{request} \rightarrow \text{response} \rightarrow \text{stor})$.

Модель VM определяет параллельную обработку модулей CONT, STOR, а также связь со средой обработки модели.

Спецификация CLEAR включает функции и отношения, которые задают поведение и отношение эквивалентности свойства объектов и операции над ними.

Особенностями таких спецификаций является наличие описаний функций, поддержка абстракции данных специальными средствами.

2.2. Теория оценки качества программ

Основным свойством военно-промышленных программ и программ бортовых систем являлась надежность и качество. Этим вопросам большое внимание уделял Владимир Васильевич Липаев. Он один из первых в СССР разработал методы обеспечения надежности и качества таких систем (Липаев В.В. Надежность программного обеспечения АСУ, Энергоиздат, 1981; Липаев В.В. Качество программного обеспечения, Финансы и статистика, 1983).

Под его руководством создан ГОСТ 2844-87 «Качество программных средств». В нем определена система управления качеством, включающая совокупность организационных методов управления процессом проектирования комплексов программ (КП) на этапах ЖЦ и методику учета технических

показателей качества в ходе ЖЦ для последующего их использования при оценке полученных показателей надежности и качества в соответствии с требованиями к ним.

Качество – это совокупность технических, технологических и эксплуатационных характеристик КП, которые входят в состав эталонной модели качества, представленной шестью базовыми характеристиками, значения которых могут быть определены количественно или качественно.

На этапах ЖЦ КП проводится контроль отдельных показателей качества специальной службой качества и устранение возникающих угроз качеству в связи с обнаруженными дефектами в КП. В задачи службы качества входит планирование и слежение за процессом достижения качества программ и систем на этапах ЖЦ, квалификационное тестирование, испытание пробной версии КП и оценка базовых показателей качества на основе собранных технических данных процесса проектирования КП.

После появления американских стандартов качества ISO/IEC 9000 (1-4) и ISO/IEC 9126 В.В. Липаев создает «Методическое пособие по программной инженерии» (2006) и учебное пособие «Программная инженерия сложных заказных программных продуктов» (2014).

В них описана методология проектирования качественных ПС с учетом стандартов ЖЦ ISO/IEC 12207-2007 и теории оценки качества. Эти пособия могут применяться при обучении курса «Программная инженерия».

2.3. Теория объектно-ориентированного проектирования Г. Буча

Г.Буч ввел новый стиль программирования, названный ООП [11, 13-16]. В нем определены базовые математические понятия - объект, класс, полиморфизм, наследование, изоморфизм и др. Объекты группируются в классы.

Класс - это множество объектов, имеющих общие переменные, структуру и поведение. Объект является экземпляром класса. Поведение экземпляра определяется операциями его создания, уничтожения и сериализации. Совокупность внешних переменных и методов класса определяет интерфейс, с помощью которого экземпляры классов взаимодействуют между собой. Для каждой внешней переменной существуют методы выбора значения (get-метод) и присвоение нового значения (set-метод). С общей точки зрения, интерфейс экземпляра объекта состоит из совокупности методов. Каждый объект может иметь сколько интерфейсов, которые определяют его функциональные свойства. Объект может иметь специальный интерфейс, методы которого работают с экземплярами (Home-интерфейс в модели EJB Java). То есть объект класса имеет: специальный интерфейс или один или несколько интерфейсов, которые реализуются в экземплярах компонентов. На абстрактном уровне интерфейс может рассматриваться как частичный вид класса.

Утверждение: Любой экземпляр определенного класса обладает всеми методами, которые определены в этом классе.

Экземпляр класса может быть приведен в соответствии с одним из суперклассов в соответствии с интерфейсом, который реализуется в этом классе.

Теория Г.Буча позволяет проектировать предметную область, исходя из утверждения, что весь материальный мир состоит из объектов. Любая предметная область – это совокупность объектов, связанных между собой некоторым множеством отношений и поведения в течение некоторого времени:

<объектная ориентация> = <объекты> + <наследование>.

Каждое понятие предметной области, вместе с его свойствами и особенностями поведения является отдельным объектом, а вся область - это совокупность объектов со связями, которые устанавливаются на базе отношений между этими объектами. В качестве объекта выступают как абстрактные образы, так и конкретные физические предметы или группы предметов с указанными общими характеристиками и функциями.

Развитием ООП является UML [15]. В нем процесс построения системы проводится на этапе анализа предметной области и проектирования. В процессе анализа создается концептуальная объектная модель (ОМ) в виде диаграмм прецедентов. Она уточняет внешнее функциональное поведение системы. Создается каркас проектируемой системы. Для определения поведения классов объектов используются диаграммы состояний и деятельности. Размещение объектов в ОМ фиксируется компонентными диаграммами в узлах компьютеров сети, которые развертываются для выполнения.

Таким образом, теория Г. Буча - базис моделирования систем в UML [15], MDA, MDD, SOA и др. Она вошла в ЯП (C++, C, Basic, Java и др.) [21].

2.4 Unified Modelling language

UML является языком проектирования систем с помощью визуальных диаграмм [15]:

- вариантов использования;
- классов;
- поведения, состояний, деятельности, взаимодействия;
- последовательности и кооперации;
- реализации (диаграммы компонентов и развертывания).

Размещение объектов в среде разработки задается компонентными диаграммами, а расположение программных модулей в узлах (компьютерах) сети — диаграммами развертывания. Приведенные прецеденты (use case) или диаграммы применяются для проектирования следующих объектных моделей системы:

- 1) *структурная* (статическая) модель, которая задает структуру понятий системы, включая классы, интерфейсы, отношения, атрибуты;
- 2) *модель поведения* (динамическая), которая задает поведение объектов системы с помощью диаграмм взаимодействия и изменения состояний компонентов и системы;
- 3) *модель функционирования* задает операции управления вычислением ПС.

Данные модели задаются в UML и реализуются. Этот язык используется при создании современных систем и сайтов.

2.5. Теория моделирования систем из готовых ресурсов

Моделирование основывается на математических операциях построения моделей систем и модели MF, отображающих функциональные свойства элементов системы и возможность их изменять, удалять и заменять новыми. Элементы модели MF могут отмечаться точками вариантности для формирования версий систем в семействе систем и доказательства архитектуры системы средствами математического аппарата матриц смежности и достижимости [10, 14-19].

Теория моделирования изменяемых систем и их семейств основывается на конфигурационной сборке готовых ПП фирмы SEI (Product Lines/Product Families) и теории управления вариантами систем с учетом требований заказчика. На основе этой теории проводится анализ моделей действующих операционных систем (Linux, Intel и др.), систем реального времени и моделей Веб-систем (SOA, SCA) путем извлечения базовых элементов и генерации вариантов ОС и Веб-систем. Разработаны методы верификации, трансформации и Variability Mining готовых Legacy Systems. Для описания интерфейсов отдельных элементов системы предложены языки IDL, SDL и др., позволяющие производить отображение неэквивалентных сложных данных к более простым данным. Эти механизмы составляют фундамент трансформации неструктурированных видов данных в современных Больших хранилищах (Big Data) и решения задач в Cloud Computing [21].

При создании ИС и ПС используются методы генерации готовых ресурсов (reuses, services, assets, artifacts, objects, components и др.), накопленных во многих библиотеках реализаций и интерфейсов серверов Интернет в языках IDL и WSDL стандарта WWW3C. Разнородные готовые ресурсы методом конфигурационной сборки объединяются в требуемые варианты систем и семейств систем для решения конкретных задач предметной области.

2.6. Базовые основы программной инженерии

Программная инженерия (Software Engineering – SE, 1968) – это систематический подход к разработке, эксплуатации, сопровождению и прекращению использования программных средств (www.swebok.com). Ядро SWEBOOK (Software Engineering Body of Knowledge) разработан международными комитетами ASM и IEEE и предназначен для обучения программной инженерии – Curricula 2001 (2004, 2007, 20014). В состав SE входят методы, средства и инструменты, которые обеспечивают качественный и производительный труд программистов при создании ПО и ПС [10, 13-19, 44].

Появлению термина ПИ в СССР предшествовал термин *технология программирования*, который обозначал методы, средства и инструменты, обеспечивающие процесс создания ПС. Эти определения настолько близки, что фактически ПИ можно трактовать как дальнейшее развитие ТП в плане обеспечения программистского труда инженерными методами (планирование, учёт, контроль). Такое развитие, по существу, означает переход от одиночного создания программ отдельными лицами к промышленному их производству.

В SE разработан стандарт ЖЦ ISO/IEC 12207-1996, 2007 для регламентации процессов разработки ПП с заданными свойствами (функциями и качеством). В сфере SE существуют другие виды работ: копирование программ и документации; настройка и генерация программ; ввод и контроль данных и др. Эти виды работ наиболее близки к производству. Многие из них стандартизированы. Применяются также специализированные операции (отладка, верификация, тестирование и др.) в рамках стандарта ISO/IEC 12207. Они могут выполняться в соответствии с технологией создания ПО, основу которой составляет ядро SWEBOOK с 10 областями знаний, которые задают накопленные знания в области реализации ПО различного назначения.

Для управления качеством ПП создан стандарт ISO/IEC 2844-89 «Оценка качества программных средств» (1987). Он предусматривает большой объем рутинных работ по оценке отдельных свойств и характеристик ПС с учетом 50 критериев и 6 факторов стандарта измерения качественных и количественных показателей ПО систем.

Новые дисциплины программной инженерии

Сформулированы (2008) новые дисциплины Software Engineering (рис.1) [16, 20, 41]:

- *научное программирование* – совокупность теоретических и формальных основ программирования и автоматизации проектирования разных программных и прикладных систем;
- *инженерная дисциплина* – совокупность средств и методов проектирования на основе ЖЦ стандарта отдельных приложений систем, их тестирования и оценки качества выходного кода, интероперабельного до платформ и сред;
- *дисциплина управления* – методы управления и организации планирования работ по изготовлению коллективом отдельных элементов систем, анализа рисков срыва планов, верификации и генерации варианта продукта;
- *экономическая дисциплина* – совокупность методов экспертного, качественного и количественного оценивания результатов создания с необходимыми расчетами общего времени, объема, трудоемкости и стоимости изготовления готового продукта;
- *индустриальная дисциплина* – это промышленная технология конвейерного сборочного производства систем из готовых программных ресурсов (КПИ, ГОР) из библиотек и репозитория по заказу продукта пользователем;
- *дисциплина обучения SE* по международным программам Education -2000, 2010, 2025 (<http://www.teachingbox>, <http://www.microsoft.com> и др.), а также обучения SE на отечественном сайте <http://7dragons.ru/ru>.

Данные дисциплины вошли в Международные программы обучения - Curricula SE and Computer Science (2007, 2013).

SEMAT – Software Engineering Methods and Theory (2009)

В SEMAT (I. Jacobson, B. Meyer и P. Soley) поставлена цель – развивать SE так, чтобы разработка ПО квалифицировалась как строгая математическая дисциплина (идея, близкая идеи А.П.Ершова 1986 [22, 23]). Цель состоит в том, чтобы продолжить многолетнюю работу по созданию теории и методов SE и преодолеть разрыв между теорией академических специалистов и сообществом разработчиков конкретных видов ПО. Работы в SEMAT структурированы по четырем областям: Практика, Образование, Теория и Сообщество.

Практика развивает прикладные и практические работы. *Образование* затрагивает вопросы, связанные с обучением разработчиков, студентов и специалистов ПО. *Теория* занимается созданием общей теории для разработки ПО и систем. *Сообщество* - это специалисты, которые создают веб-сайты и развивают их для потребностей пользователей. Со временем Практика, Образование и Теория будут интегрироваться. Теория должна будет направлять исследования и создавать научные теории в SE для разработчиков ПО. Образование должно внедрять новые теории при преподавании в ВУЗах. В SEMAT будут разработаны новые теории применительно к системам на кластерах и суперкомпьютерах.

2.7. Новый объектно-компонентный метод (ОКМ)

ОКМ создан для логико-математического моделирования систем на четырех уровнях (обобщенном, структурном, характеристическом и поведенческом) [26, 27, 41-45]. Каждый уровень позволяет детализировать и уточнять объекты системы в виде графа и их отношений на множестве объектов предметной области с постепенным уточнением их денотатов и концептов по теории Фреге и их отображением в модели MF. Задание структуры системы и действий над объектами (объединение, удаление, замена и др.) осуществляется с помощью математических и логических операций (\cup , \cap , $/$, \diamond , \oplus , $-$, $\&$, $V...$). На первом уровне проводится декомпозиция предметной области системы с помощью объектов. На следующих уровнях определяются их внешние характеристики MF и создается графовая ОМ G (рис.1), в вершинах которой находятся объекты, а дуги задают их интерфейс для передачи данных между ними. На последнем уровне проектирования для объектов определяется поведение их функций в определенной среде.

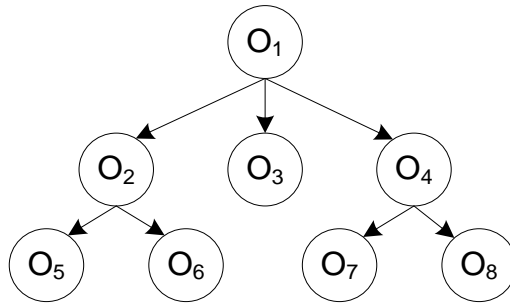


Рис.1. Структурный граф G

Граф OM обладает свойствами:

- вершины графа задают взаимно однозначное отображение на множества объектов;
- каждая вершина имеет хотя бы одну связь с другими вершинами графа;
- существует одна вершина O_1 графа G , которая отображает предметную область в целом.

Построенный граф G корректируется, реструктурируется с помощью новых объектов и интерфейсов и получается расширенный граф.

Таким образом, формируется граф $G = \{O, I, R\}$, в котором O — множество объектов (функций); I — множество интерфейсов и отношений R (*relations, заданных стрелками на графе*) между объектами (рис.2).

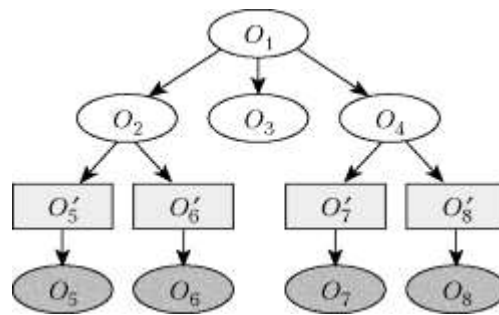


Рис.2. Граф G на множестве объектов и интерфейсов:

Объекты расширенного графа G переводятся к программным компонентам, которые погружаются в компонентную среду. Объекты и компоненты этих моделей собираются в репозитории компонентной среды и могут конфигурироваться в разные варианты ПП ПС.

В вершинах графа G находятся функциональные объекты — $O_1, O_2, O_3, O_4, O_5, O_6, O_7, O_8$ и интерфейсные объекты — O'_5, O'_6, O'_7, O'_8 . Все объекты размещаются в репозитории, а дуги соответствуют отношениям между всеми видами объектов. Элементы графа $O_1—O_8$ описываются в ЯП, а интерфейсные объекты $O'_5—O'_8$ в языке IDL (Interface Definition Language). Параметры внешних характеристик интерфейсных объектов передаются между объектами через интерфейсы и помечаются в них *in* (входной), *out* (выходной), *inout* (входной и выходной) в языке IDL.

Для графа G на рис. 2 сформирован набор программ $P_0 — P_5$, заданных с помощью математической операции объединения (сборки) *link*:

- 1) $P_1 = O_2 \cup O_5$, $link P_1 = In O'_5(O_2 \cup O_5)$;
- 2) $P_2 = O_2 \cup O_6$, $link P_2 = In O'_6(O_2 \cup O_6)$;
- 3) P_3 ;
- 4) $P_4 = O_4 \cup O_7$, $link P_4 = In O'_7(O_4 \cup O_7)$;
- 5) $P_5 = O_4 \cup O_8$, $link P_5 = In O'_8(O_4 \cup O_8)$;
- 6) $P_0 = (P_1 \cup P_2 \cup P_3 \cup P_4 \cup P_5)$.

Результатом связи двух объектов графа (например, O_2 и O_4) является интерфейсный объект O'_5, O'_7 в котором множество входных интерфейсов совпадает с множеством интерфейсов объекта-приемника, а

множество исходных интерфейсов — с множеством исходных интерфейсов объекта-передатчика.

Аксиома. Расширенный граф G с интерфейсными объектами структурно упорядочен (наверх), проконтролирован на полноту, избыточность и отсутствие дублирующих элементов.

Модель варибельности и конфигурации

Объекты графа G образуют модель системы, по которой проводится конфигурация системы.

Изменяемые элементы графа помечаются точками вариантности (или варибельности) [26, 27].

Точка вариантности – место в модели системы ПС, с помощью которой осуществляется выбор варианта системы. По этим точкам задаются варианты системы. Точки вариантности обрабатываются конфигуратором и позволяет трансформировать готовую систему путем замены одних используемых компонентов повторного использования (КПИ) другими, более функциональными или корректными.

Варибельность – свойство продукта (системы) к расширению, изменению, приспособлению или конфигурированию с целью использования в определенном контексте и обеспечения последующей его эволюции (ISO/IEC FDIS 24765- 2009 (E).

Модели с варибельными элементами используется при конфигурации продукта (Product Configuration) из готовых КПИ или взятых из библиотек reuses.

Модель варибельности ПС:

$MF_{var} = (SV, AV)$, где

SV – подмодель варибельности артефактов структуры ПС;

AV – подмодель варибельности разработанного продукта ПС.

Модель MF_{var} обеспечивает уровень изменяемости артефактов и продуктов ПС, снижает затраты и уменьшает сроки разработки продукта ПС.

Подмодель $SV = ((G_t, TR_t), Con, Dep)$,

где $G_t = (F_t, LF_t)$ – граф артефактов типа t (требования, компоненты, тесты и др.);

TR_t – двусторонние связи артефактов типа t ;

Con и Dep – предикаты на декартовом произведении множеств артефактов, которые задают ограничения и зависимости между функциями и показателями качества ПС.

Подмодель AV определяет структуру ПС из КПИ, которые имеют паспорта и сохраняются в репозитории. Подмодель SV отображает функциональные и вариантные характеристики КПИ и продукта, а также аспекты отношения между ними.

Модель SV конкретизируется в линию разработки и сборки в ПС.

Приведенные модели используют артефакты (reuses, object, services, components), которые трансформируются к программному виду с помощью модели конфигурации [21] вида:

$$M_{konf} = (OM, M_{про}, M_{пс}, MF_{var}, M_{вз}),$$

где $M_{вз}$ – модель взаимодействия отдельных элементов создаваемой системы.

На основании модели M_{konf} осуществляется:

- подбор артефактов и ресурсов ПС в базе конфигурации заданной системы;
- выделение общих и вариантных характеристик ПС в модели FM и модели ПС;
- планирование многократного использования ресурсов для ПС в точках вариантности и их фиксация для их удаления или замены;
- сборка ресурсов в ПС и их адаптация к новым условиям среды функционирования;
- управление вариантами ПС с заменой отдельных функций в ПС;
- управление взаимодействием артефактов в гетерогенной среде.

Метод ОКМ представлен на сайте <http://7dragons.ru/ru>. Базу данных сайта образует репозиторий готовых ресурсов, модели ПС, варибельности и взаимодействия общесистемных средств - *Visual Studio, Eclipse, CORBA, WSphere* [46, 47]:

1). Visual Studio.Net↔Eclipse определяет среду взаимодействия отдельных элементов в языке C# и интерфейса. Модель устанавливает связь элементов с заданной средой через конфигурационный файл.

2). CORBA↔JAVA↔MS.Net обеспечивает связь между этими средами с помощью заданных в этих языках элементов с целью доступа к ним других разработчиков.

3). IBM WSphere↔Eclipse обеспечивает связь между программами в ЯП этих сред.

Верификация и тестирование варибельных систем

Варибельность модели MF может быть проверена на правильность с помощью решателей и инструментов автоматического доказательства различных видов моделей (SAT, BDD и пр.), описанных в формальных языках Alloy, B или Z [21, 41], а также с помощью Model Checking, применимой к модели MF с конечным числом состояний, описанных с помощью формальных спецификаций. При этом в

методе Крипке модель MF формально задается в виде: $M = (S, S0, R, L)$, где S — множество состояний, $S0$ — множество начальных состояний, R — отношение переходов, $L: S \rightarrow 2^{AP} \times 0$ — функция разметки. Эта модель описывается с помощью языка темпоральной логики с помощью утверждений, истинность которых проверяется верификацией. Подход в ограничениях (Constraint Satisfaction Problem) применяется к модели вариабельности, если в ней заданы условия выполнения в ограничениях. Еще одним способом верификации являются онтология, основанная на трансляции модели вариабельности MF в модель онтологии, описанной в языке OWL DL (Ontology Web Language Description Logic). После трансляции описания в этом языке используется автоматизированный инструмент RACER [45].

Тестирование готового продукта, созданного методом конфигурирования, проводится с помощью набора тестов для отдельных элементов ПП. Метод Дж. МакГрегора (McGregor) [48] «от требований» (requirements-based testing) проводится с помощью тестов, проверяющих функциональные и интерфейсные объекты. В качестве инструмента тестирования используется фреймворк Visual Studio 2010 со средствами проверки правильности тестирования разных видов объектов. В него входит компонент *Test Manager*, который управляет средствами планирования процесса тестирования и выполнения тестовых сценариев. Обращение к фреймворку тестирования производит сайт <http://7dragons.ru>. При обнаружении ошибок в процессе тестирования вносятся исправления в модели MF и ПС. Затем проводится повторное конфигурирование и получение ПП с добавлением новых объектов или удаления старых.

Заключение

Рассмотрены формальные основы теории и технологии программирования в начальный период развития вычислительной техники в СССР и в последующие годы. Дан обзор основ теории программ Ляпунова, Ершова, Глушкова, Дейкстры, Бьорнера, Буча, Лаврищевой и др. Представлена сущность теории программ, методов разработки и доказательства программ, а также технологии программирования модулей в ЯП и инженерных методов создания ПП в Software Engineering и SEMAT. Определено математическое проектирование систем из готовых ресурсов (объектов, компонентов, сервисов и др.) в ОКМ и рассмотрены модели вариабельности, взаимодействия и конфигурирования систем из этих ресурсов. Определен формальный аппарат трансформации элементов ОМ к компонентной модели с учетом модели вариабельности и взаимодействия, а также реализована конфигурационная сборка готовых элементов заданных моделей и приведения их к выходному коду на сайте <http://www.ispras.ru/lavrishcheva/7dragons.ru/ru>.

Литература

1. Янов Ю. И., Схематология программ.- "Проблемы кибернетики", 1958, в. 1, с. 75-127;
2. Ляпунов А. А., Схемы программ.- "Проблемы кибернетики", 1958, в. 1, с. 46-74.
3. Глушков В. М., Летичевский А. А., в кн.: Избранные вопросы алгебры и логики, Новое издание, 1973, с. 5-39;
4. Ершов А. П., Введение в теоретическое программирование М., 1977.
5. Котов В. Е., Введение в теорию схем программ, Новосибирск, 1978.
6. Непейвода Н. Н. Логика программ.- Программирование, 1979, М 1, с.15-25;
7. Скотт Д., "Кибернетический сборник", 1977, в. 14, с.107-21;
8. Семантика языков программирования. Сб. статей, пер. с англ., М., 1980;
9. Manna Z., Mathematical theory of computation, N.Y., - [a. <o.], 1974.
10. Лаврищева М. Методы программирования. Теория, Инженерия, Практика. – Наук.Думка. –2006. –451с.
11. Грис Д. Наука программирования. – М.: Мир. –1984.
12. Bioner D., Jones C.B. The Vienna Development Methods (VDM): The Meta- Language.– Vol. 61 of Lecture Notes in Computer Science. – Springer Verlag, Heiderberg, Germany, 1978.–215 p.
13. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ.– М.: Бином, 1998. –560 с.
14. Jacobson I. Object-Oriented Software Engineering. A use Case Driven Approach, Revised Printing.– New York: Addison-Wesley Publ.Co, 1994.– 529 p.
15. Рамбо Дж, Джекобсон А., Буч Г. UML: специальный справочник.– СПб.: Питер, 2002.– 656с.
16. Лаврищева Е.М., Грищенко В.Н. Связь разноязыковых модулей в ОС ЕС. – М.: Финансы и статистика.- 1982.- 136с.
17. Clements P., Northrop L. Software Product Lines: Practices and Patterns. SEI Series in Software Engineering, Addison-Wesley, 2001. ISBN-13: 978-0201703320.
18. Pohl K., Böckle G., van der Linden F. J. Software Product Line Engineering: Foundations, Principles and Techniques. Springer-Verlag, 2005. DOI: 10.1007/3-540-28901-1.
19. Bachmann F., Clements P. Variability in software product lines. CMU/SEI Technical Report CMU/SEI-2005-TR-012, 2005.
20. Classification of software engineering disciplines/ E. M. Lavrischeva.- Cybernetics and Systems Analysis, Vol. 44, No. 6, 2008
21. Лаврищева Е.М., Петренко Е.М. Моделирование семейства программных систем.- Труды ИСП РАН ю-Том 28, выпуск 6. – с49-65.
22. Ершов А.П. Научные основы доказательного программирования.– Доклад АН СССР, 1985.–с.1–14.
23. Ершов А.П. Отношение методологии и технологии программирования, Конф. «Технология программирования» и ж. Программирование, 1986, № 3. 1986.–с.12–18.
24. Лаврищева Е.М., Грищенко В.Н. Сборочное программирование, 1991.-Наук.думка.- 213с.
25. Липаев В.В., Позин Б.А., Штрик А.А. Технология сборочного программирования, М., 1992.-324 с.
26. Лаврищева Е.М. Теория объектно-компонентного моделирования изменяемых программных систем.- www.ispras.ru/preprints/docs/prep_29_2015.pdf.
27. Лаврищева Е.М., Слабоспитская О.А. Технология моделирования изменяемых программных продуктов и систем//XII Межд. Научно-практ. конф. «Теоретические и прикладные аспекты построения программных систем».-ТААПСД'2015, 23-26 ноября, 2015.-с.118-128.
28. Глушков В.М. Теория автоматов и формальные преобразования микропрограмм // Кибернетика. – 1965. – № 5.– С. 1–10.
29. Капитонова Ю.В., Летичевский А.А. Методы и средства алгебраического программирования // Кибернетика. – 1993.–№ 3. – С. 7–12.
30. Глушков В.М., Цейтлин Г.Е., Ющенко Е.Л. Алгебра. Языки. Программирование.-Киев, Наук.думка.-1974.- 287с.
31. Глушков В.М., В.Г.Бондарчук, Т.А.Гринченко и др. АНАЛИТИК-74, 79, 89, 93, 2000. – Кибернетика и системный анализ. –1995. –№5. –с.127–157.
32. Ющенко Е.Л. Адресный язык.- К.: Кибернетика на транспорте, 1962.-52с.
33. Коваль В.Н.. Концепторные языки. Доказательное проектирование.- К.: Наук.думка, 2001.-182 с.
34. Коваль В.Н., Рабинович З.Л. Логико-алгебраический подход к верификации дискретных систем.- IV межд. Конференция Технология ПО-1995.
35. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики –М.: Наука, 1982,- 281 С.
36. Глушков В.М. Кибернетика, ВТ, информатика (АСУ).–Избран. труды в 3-х томах. – К.: Наук. думка, 1990, 262 С, 267 С., 281 С.
37. Н.М.Задорожной и Е.М.Лаврищевой «Управление документооборотом в ИС образования», Киев.- 2007.- Пед.Думка.-225 с.
38. Burstall R., Goguen I. The semantic of Clear, a specification language//Lect.Notes.Comp.Sci.-1980, v.86.-40p.
39. R. W. Floyd, "Assigning meanings to programs", Proc. Symp. Appl. Math., 19; in: J.T.Schwartz (ed.), Mathematical Aspects of Computer Science, pp. 19-32, American Mathematical Society, Providence, R.I., 1967
40. Ноар К. О Структурной организации данных //Структурное программирование.– М.: Мир, 1975.– с.92 – 197.
41. Лаврищева Е.М. Software Engineering компьютерных систем Парадигмы, технологии, CASE-средства программирования.- Наук.думка.-2014.- 284 с. –Изд. Юрайт, М.: 2015, 280 с.
42. Лаврищева Е.М. Программная инженерия. Теория программирования. –2016.- МФТИ.-51 с.
43. Лаврищева Е.М. Программная инженерия. Технология программирования.-2016 – МФТИ. - 52 с.

44. Лаврищева Е.М. Программная инженерия. Базовые основы ПИ. -2016 – МФТИ. - 52 с.
45. Лаврищева Е.М. Технология и инженерия моделирования изменяемых сложных систем.- 2017, Юрайт.- 432с.
46. Лаврищева Е.М. Карпов Л.Е., Томилин А.Н. Семантические ресурсы для разработки онтологии научной и инженерной предметных областей.- Труды конференции «Научный сервис в сети Интернет - 2016», 19-24 сентября 2016, Сборник трудов.- М.:ИПМ им. Келдыша, ISBN 978-5-98354-027-0. – с.223-239.
47. Островский А.И. Подход к обеспечению взаимодействия программных сред JAVA и MS.Net.- Проблемы программирования,- 2011.-№2.- с37-44.
48. MacGregor S.D., Sykes D.A. Practical Guide to testing Object-oriented Software.-2001, Addison-Wesley Professional.

Перспективы использования потоковой модели вычислений в высокопроизводительных вычислительных системах

Левченко Николай Николаевич, к.т.н.
ИППИМ РАН, Москва

nick@ippm.ru

Змеев Дмитрий Николаевич
ИППИМ РАН, Москва

zmejevdn@ippm.ru

Климов Аркадий Валентинович
ИППИМ РАН, Москва

klimov@ippm.ru

Окунев Анатолий Семенович, к.т.н.
ИППИМ РАН, Москва

oku@ippm.ru

Стемпковский Александр Леонидович, академик РАН, д.т.н.
ИППИМ РАН, Москва

ippm@ippm.ru

Ключевые слова: параллельная потоковая вычислительная система, парадигма «раздачи», высокопроизводительные вычислительные системы

Введение

На современном этапе развития высокопроизводительных вычислительных систем сложилась парадоксальная ситуация – развитие аппаратных средств суперкомпьютерных технологий значительно опережает развитие программных средств (для параллельных вычислений). Это проявляется в том, что с ростом максимального числа вычислительных ядер в системе все сложнее становится их загрузить одной задачей, оставаясь в рамках традиционного фон-неймановского программирования.

Основные причины возникновения названной проблемы для классических вычислительных систем заключаются в следующем:

1. Представление об алгоритме как о линейной последовательности действий (нити управления), то есть наборе последовательно исполняемых команд;
2. Представление о взаимодействии процессора с памятью как о процессе, состоящем только из двух операций – чтения и записи по адресу в памяти;
3. Представление о распределении вычислений как состоящем из различных уровней;
4. Представление о распределении вычислений и данных как независимых друг от друга процессах.

Эти представления восходят еще к машине Тьюринга и фон-неймановской модели вычислений, в которой работа выполняется пошагово, то есть последовательно. Нить управления при работе имеет всегда только одну точку управления, поэтому будем называть ее одноточечной.

Для пояснения первого пункта вышеприведенного списка можно представить параллельный алгоритм в виде семейства одноточечных нитей, которые «взаимодействуют» друг с другом – одни передают сообщения, другие ждут и принимают. Возникает модель вычислений SPMD (Single-Program, Multiple-Data — одна программа, множество потоков данных) с протоколом передачи MPI (Message Passing Interface - интерфейс передачи сообщений) [1]. В модели вычислений GPGPU (General-purpose computation on graphics processing units - универсальные вычисления на графических процессорах) [2] – та же нить, только выполняемая над длинным вектором, или, иногда много нитей, по одной для каждого элемента, но уже не взаимодействующих. И как развитие этого возникает представление о вложенном параллелизме: одна нить распадается на многие, причем все они должны быть завершены до того, как родительская нить сможет продолжить работу. Последнее означает наличие барьера, который может приводить к простоям в работе вычислительной системы.

Вторая причина из списка требует решить следующий вопрос: как обеспечить прочтение другой нитью записанного операнда, и как узнать для другой нити, что операнды записаны и можно их читать.

Третий пункт из списка причин показывает, что необходимо распараллеливать программу на каждом из уровней распределения вычислений. К примеру, на конференции Intel Software Conference 2016 [3] представители фирмы Intel обозначили следующие уровни распределения вычислений для эффективного распараллеливания (на эти уровни распределения ориентированы программные продукты этой фирмы):

- уровень потоков (threads);
- уровень векторов (vectors);
- уровень вычислительных ядер (cores);
- уровень кластеров (clustering).

Всё это в значительной степени усложняет процесс создания программ, поскольку программист вынужден, фактически, распределять вычисления (распараллеливать программу) на каждом из данных уровней, обеспечивая при этом согласованность распределения по этим уровням.

Четвертой причиной возникновения проблем для традиционных вычислительных систем является то, что сами вычисления распределяются программистом независимо от распределения данных. При этом необходимо добиться минимизации обменов при передаче данных между вычислительными ядрами системы.

При наличии одной нити – проблем не возникает. Однако, при параллельной работе, когда таких нитей становится множество, ситуация полностью меняется. Альтернатива существующему подходу в высокопроизводительных вычислениях заключается в том, чтобы алгоритм представлять как многоточечный, содержащий много точек управления. Одна активная операция (команда) может «передать управление» нескольким операциям, тогда как новая операция для начала своей работы может требовать нескольких передач управления ей. Вместе с «передачей управления» логично всегда передавать некоторый объем требуемых данных.

Одним из способов преодоления проблемы эффективной загрузки всех вычислительных ядер системы одной задачей является переход к потоковой модели вычислений с динамически формируемым контекстом со специфическим механизмом управления – по готовности входных данных.

Потоковая модель вычислений

Программа на DFL = набор узлов

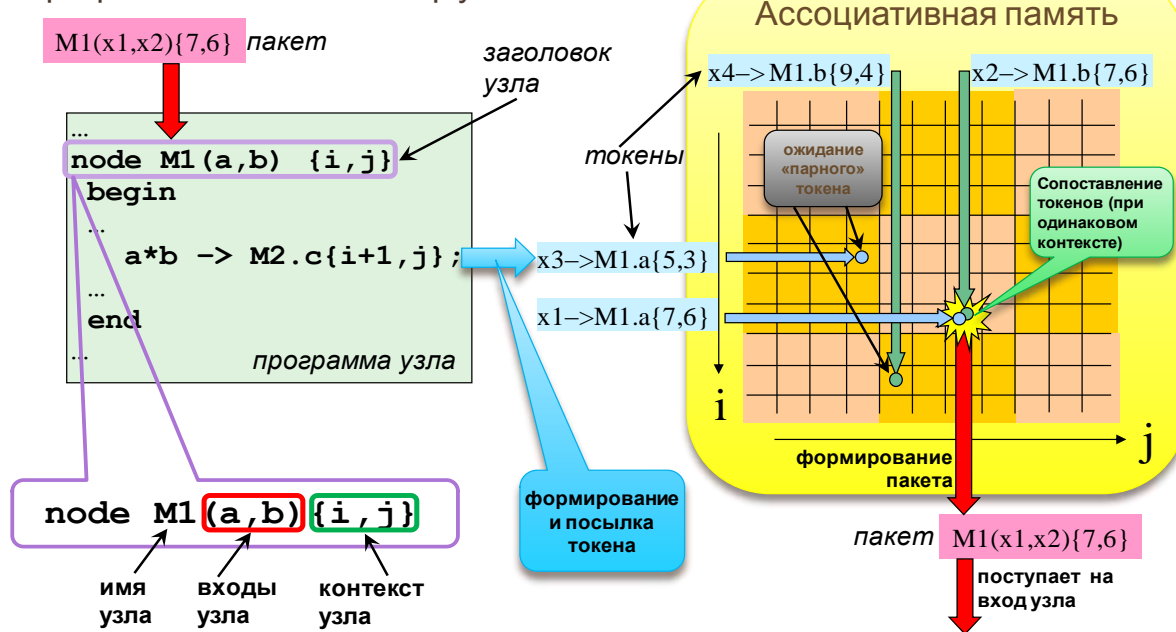


Рис. 1. Потоковая модель вычислений с динамически формируемым контекстом

Авторами предлагается потоковая модель вычислений с динамически формируемым контекстом (рис. 1), воплощенная в параллельном языке программирования DFL [4-6]. Программа на этом языке представляет набор описаний программных узлов, состоящих из заголовка узла и программного кода узла. Заголовок узла содержит имя программного узла, список входов и список атрибутов программы узла — контекст (индексы), который обеспечивает многократное повторение однотипных действий. Активация узла происходит тогда и только тогда, когда на все входы одного узла с определенным именем и контекстом придут все требуемые элементы данных — токены (структура данных, в состав которой входит передаваемый операнд, ключ с контекстом и адресом программного узла, маска и ряд других специальных

признаков). В ассоциативной памяти происходит определение момента активации, которое является базовым принципом управления потоком данных. При активации выполняется последовательность команд программы узла, в которой вычисляются новые данные (исключительно на основе значений входов и атрибутов ключа), которые посылаются специальными операторами на другие узлы, причем атрибуты ключа адресата вычисляются непосредственно в этом же коде. Это означает, что работа производится в парадигме «раздачи» [7].

Суть проблемы фон-неймановского программирования для больших параллельных вычислительных систем заключается в том, что в ней реализуется парадигма «сбора». Для нее характерно, что только потребитель данных знает, какие данные ему нужны и где их взять, и сам их запрашивает, указывая имя переменной (рис. 2.а). В этих условиях аппаратуре трудно «предвидеть», какие данные будут нужны для тех или иных вычислений и в какой момент. Для более качественной стратегии перемещения данных более продуктивной будет использование парадигма «раздачи», в рамках которой производитель каждого нового значения знает, кому оно потребуется, и самостоятельно обеспечивает рассылку по нужным адресам. А получателю тогда остается пассивно «ожидать» прихода данных, ничего не зная об их источнике (рис. 2.б).

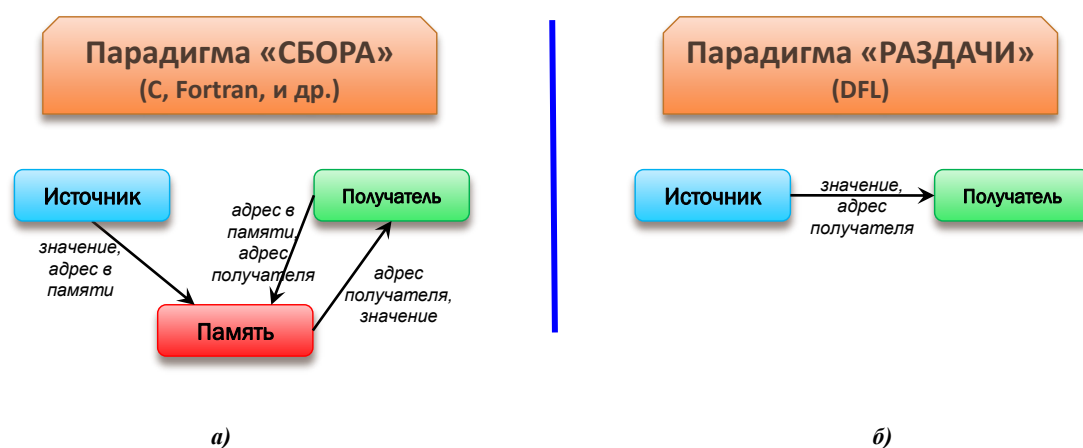


Рис. 2 Парадигмы «сбора» (а) и «раздачи» (б)

Парадигма «раздачи» является более экономной в плане числа обменов сообщениями: одно сообщение на каждое использование, тогда как в парадигме «сбора» используется одно сообщение на запись и еще по два на каждое использование (запрос и ответ).

Наиболее эффективным образом этот механизм реализуется через ассоциативную память (память с выборкой по содержанию). В этом случае обычная память не требуется. Всякое значение, необходимое для совершения операции программного узла просто должно быть отправлено другим каким-то узлом ему на один из входов. С другой стороны, когда на одни входы данные уже пришли, то до прихода остальных они должны где-то находиться в ожидании. Это и есть память, только теперь – ассоциативная, в ней «адресом» является имя/номер узла с набором его индексов. Этот «адрес» называется ключом.

Кроме хранения, в памяти также происходит сопоставление (сравнение) ключей токенов, необходимое для формирования групп токенов, направленных на один и тот же узел (с одинаковыми именем и атрибутами ключа) [6]. Такая группа токенов называется пакетом.

Интерфейс между вычислителем - исполнителем (многих) готовых активностей и этой «памятью» выглядит сложнее: вычислитель посылает в память данные с указанием ключа и номера-имени входа, а «память» добавляет их к накапливаемым на входах узлов, и, если возникает полный комплект, отправляет в исполнительное устройство задание на выполнение операции узла. Эта операция может представлять собой небольшую программу в обычной парадигме, которая с переданными ей данными отработает от начала до конца, без каких-либо ожиданий, и, возможно породит посылки новых данных в другие узлы, одновременно стирая (по умолчанию) использованные данные со своих входов.

Таким образом, решается много проблем: программа узла всегда имеет нужные ей данные локально, при этом программа не прерывается на подкачку дополнительных данных: активность возникает только тогда, когда все нужные для выполнения программы узла данные имеются в наличии. Затем активность исчезает, передавая потенциалы активностей в виде результирующих данных другим узлам. Причем ответа ждать не надо, так как все такие сообщения (передачи токенов) односторонние.

Параллельная потоковая вычислительная система «Буран»

Потоковую модель вычислений с динамически формируемым контекстом реализует параллельная потоковая вычислительная система (ППВС) «Буран» [8].

ППВС представляет собой многоядерную масштабируемую вычислительную систему (рис. 3). Между ядрами в системе передаются единицы информации в виде токенов. Коммутация между ядрами осуществляется на основе значения номера ядра, вырабатываемого блоком хэширования на основе настраиваемой функции распределения вычислений.

Вычислительные ядра (рис. 3) в пределах одного кристалла организуются в вычислительные модули. Архитектура ППВС масштабируема и при увеличении числа ядер в системе падение реальной производительности на задачах со сложно организованными данными происходит существенно медленнее, чем при решении подобных задач на вычислительных системах с классической архитектурой. Это достигается, во-первых, за счет использования принципа потока данных, когда готовые к выполнению данные активируют выполнение программы узла; во-вторых, активируемому узлу для своего полного выполнения не требуется никаких дополнительных данных; в-третьих, узлы выполняются полностью независимо друг от друга и, в-четвертых, благодаря правильному выбору хэш-функции (функции распределения вычислений по группам ядер), сокращающей число межядерных передач токенов.

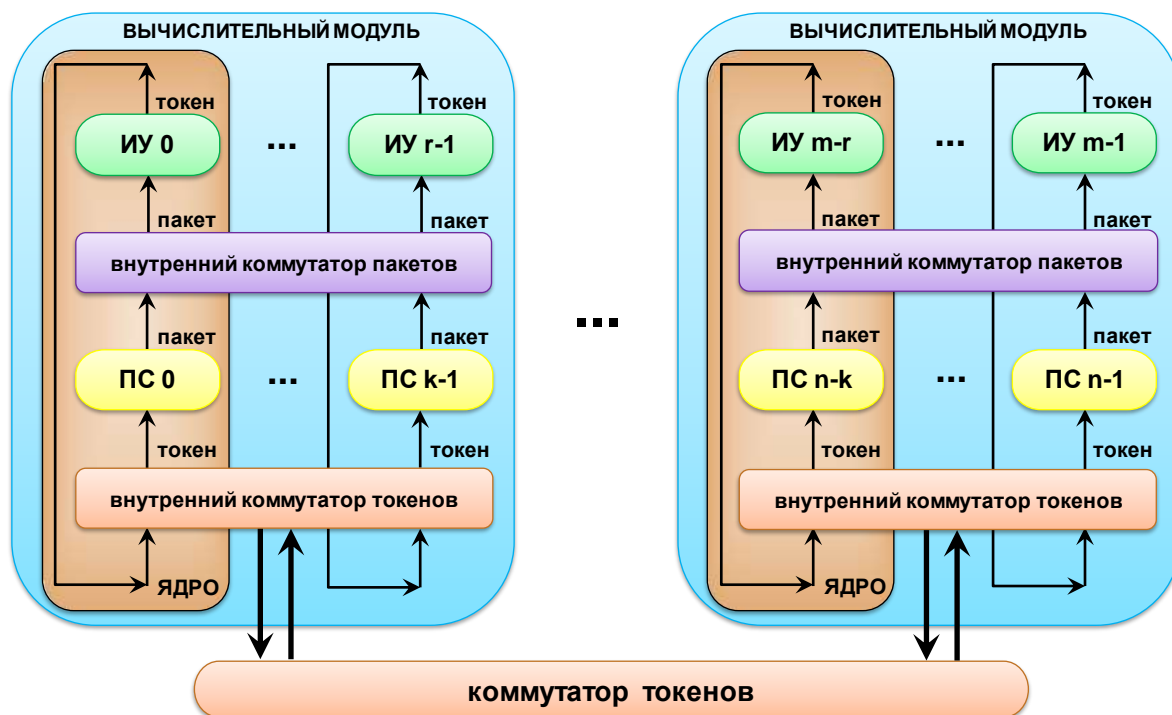


Рис. 3. Структурная схема ППВС

Вычислительный модуль системы конструктивно состоит из набора вычислительных ядер (фактически являясь многоядерным процессором), в состав которых входят:

- процессор сопоставления (ПС), в котором происходит сопоставление токенов по определенным правилам и формирование пакетов (структуры данных, которая содержит операнды, необходимые для активации вычислительного кванта – программы узла);
- исполнительное устройство (ИУ), в котором в соответствии с программой узла происходит обработка пакета и генерация новых токенов;
- блок хэш-функции, в котором осуществляется определение номера ядра, куда передается сформированный токен из исполнительного устройства;
- внутренний коммутатор токенов, который передает токен либо во внешнюю сеть, либо в свой процессор сопоставления;
- внутренний коммутатор пакетов, который передает пакет на любое свободное исполнительное устройство вычислительного модуля.

Особенности архитектуры ППВС «Буран»

Принципы распараллеливания программы, основанные на декомпозиции вычислений по данным, наиболее естественным образом обеспечивают асинхронное параллельное выполнение вычислений над независимыми элементами данных.

Основные преимущества предлагаемой системы:

- аппаратная поддержка параллельного выполнения вычислительных процессов выполняемой задачи;
- аппаратная поддержка управления распределением ресурсов вычислительных средств;
- возможность масштабирования системы на реальных задачах;
- конвейеризация вычислительного процесса;
- аппаратная поддержка синхронизации вычислительных процессов по данным;
- аппаратное выявление скрытого параллелизма программ;
- высокая реальная производительность при работе с разреженными данными и данными сложной логической организации.

Семантический разрыв между параллельным языком высокого уровня и предлагаемой архитектурой суперкомпьютера существенно ниже, чем в современных вычислительных системах. Как следствие, растет надежность программного обеспечения, продуктивность программирования, а также эффективность использования аппаратуры суперкомпьютера, сокращается время решения задачи и снижается себестоимость программного обеспечения.

Отличие ППВС «Буран» от классических dataflow-систем

Классические потоковые системы (dataflow) [9-11], которые разрабатывались в 80-х годах прошлого века, с целью преодоления проблем фон-неймановской модели вычислений, представляли собой по большей части вычислительные системы для выполнения традиционных (обычных) программ, но в новой модели вычислений. С этой же позиции создавались и новые высокоуровневые языки программирования с однократным присваиванием. Работы в этой области были свернуты потому, что в те времена еще не стояли так остро проблемы распараллеливания и был недостаточно высок технологический уровень развития вычислительной техники. В настоящее время проблема создания параллельных программ с высокой степенью масштабируемости выходит на первый план при наличии многоядерных (многопроцессорных) систем огромной мощности и интеграции вычислительной аппаратуры.

В основе системы, которая разрабатывается в ИППИМ РАН (параллельная потоковая вычислительная система «Буран») лежит, прежде всего, совершенно новая модель вычислений, для которой создаются новые алгоритмы в рамках новой парадигмы программирования и на новом языке DFL.

Еще одним ключевым отличием от классических dataflow-систем является аппаратно поддерживаемая работа с динамически формируемым контекстом, что дает возможность программисту реализовывать новые принципы организации параллельных вычислительных процессов, повысить эффективность программирования, использовать контекст для распределения вычислений, а также использовать все поля контекста для программирования. В классических потоковых системах работа с контекстом была ограничена и не давала нужной степени свободы. В параллельной потоковой вычислительной системе контекст полностью доступен программисту [12].

Существенной проблемой классических dataflow систем была локализация вычислений. В ППВС она решается при помощи созданных функций распределения вычислений, которые в динамике обеспечивают равномерность распределения вычислений по физическим вычислительным ядрам системы, а также минимизацию обменов между вычислительными ядрами и, тем самым, повышают масштабируемость вычислительной системы и рост ее производительности [13].

Планирование вычислений, которое тесно связано с построением иерархии памяти сопоставления являлось еще одной проблемой классических потоковых систем. В параллельной потоковой вычислительной системе она решается благодаря применению функций распределения для этапов (группа токенов, которая необходима для выполнения определенного интервала вычислений; обычно этап связан с более или менее независимым действием, например, итерация в программе), которые в динамике разбивают вычислительный процесс на части с помощью небольшой настройки программистом. Это так называемая локализация вычислений во времени [14].

Кроме этого удалось избежать построения сопоставляющей памяти большого объема для хранения ключей и выстроена глобальная иерархия памяти.

В отличие от предыдущих классических потоковых систем, в ППВС реализуется развитая система команд процессора сопоставления, который аппаратно поддерживает функции языка высокого уровня.

Современные тенденции развития высокопроизводительных вычислений в архитектуре ППВС «Буран»

В архитектуре параллельной потоковой вычислительной системы «Буран» отчетливо проявляются следующие современные тенденции развития в области высокопроизводительных вычислений.

Многопоточность. Каждый узел – это отдельный поток и связь между узлами осуществляется только через передачу входных данных, причем потоки не приостанавливаются, а только завершаются. На одном многопоточном исполнительном устройстве могут одновременно выполняться несколько активаций узлов, которые никак не взаимодействуют между собой.

Мелкозернистость. Обычно в современных вычислительных системах стремятся увеличить размер гранулы, поскольку накладные расходы на запуск треда (потока), прием сообщения и приостановку треда высоки. В нашей системе эти накладные расходы минимизируются (перекладываются на аппаратуру).

Активные сообщения. Когда значения на других входах узла уже есть, токен, несущий входное значение, активирует вычисление. Поскольку любой токен может оказаться последним, каждый токен в нашей системе может считаться активным сообщением.

Процессор в памяти. Токен несет адрес и данные, и он может рассматриваться как обращение к памяти, сопровождаемое запросом на обработку:

- при поступлении последнего значения на входы узла с одним и тем же контекстом (адресом) происходит активация нужной программы узла;
- отсутствует проблема ожидания завершения записи данных в память;
- один из входов может принять адрес получателя результата;
- возможна непосредственная обработка на входе типа редукции.

Память сопоставления (ассоциативная). Обеспечивается функциональность, аналогичная механизму работы памяти с использованием full-empty bits [15].

Разделение доступа к данным и обработки данных (Decoupled Access-Execute) [16]. В нашей системе такая работа заложена непосредственно в самой модели вычислений.

Эксперименты

Для исследования работы ППВС «Буран» была разработана программная поведенческая блочно-регистрационная модель [17], которая позволяет проводить эксперименты на различных задачах с изменением архитектуры системы. Была отлажена работа основных узлов и блоков системы на различных тестовых программах. Однако, учитывая то, что система ППВС начинает выигрывать в производительности у классических вычислительных систем только при больших размерностях задач и на большом количестве вычислительных ядер (до десятков и сотен тысяч), возникла необходимость в создании программного эмулятора ППВС [18] на высокопроизводительном кластере. В настоящее время данный эмулятор ППВС функционирует на суперкомпьютере «Ломоносов» [19].

Эмулятор ППВС позволяет пользователям пропускать параллельные программы в привычной программной среде, используя модель вычислений с управлением потоком данных, а также апробировать разработанные средства «аппаратного» масштабирования программ. Разработчикам же аппаратуры ППВС эмулятор требуется для отработки различных вариантов аппаратных решений и получения статистической информации для оценки эффективности от их внедрения.

На поведенческой блочно-регистрационной модели ППВС «Буран» были проведены многочисленные эксперименты на различных задачах. На рис. 4 приведена суммарная загрузка ассоциативной памяти ключей в устройстве сопоставления на задаче «Быстрое преобразование Фурье» для последовательного алгоритма ввода данных (рис. 4.а) и алгоритма ввода данных методом чередования полувекторов (рис. 4.б) [20].

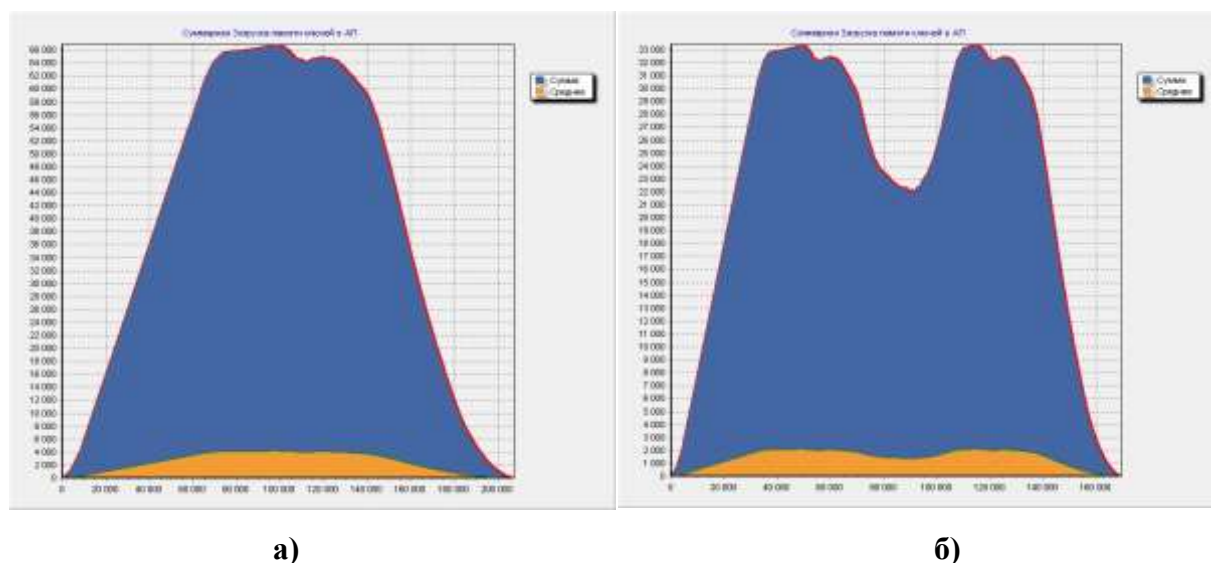


Рис. 4. Суммарная загрузка памяти ключей на задаче «БПФ» при последовательном вводе данных векторов (а) и при вводе данных чередованием полувекторов (б)

Требуемый объем ассоциативной памяти ключей при применении второго метода ввода данных уменьшается в два раза (с 66000 ячеек ассоциативной памяти ключей до 33000). При этом время выполнения задачи уменьшилось приблизительно на 20% по сравнению с алгоритмом последовательного ввода данных. Особо стоит отметить, что изменение самой программы не производилось.

На рис. 5 приведены графики зависимости времени прохождения задачи от количества ядер на эмуляторе ППВС, работающем на суперкомпьютере «Ломоносов», для задачи «молекулярная динамика» (МД) [21]. Отчетливо видна тенденция сохранения степени масштабирования при увеличении числа ядер.

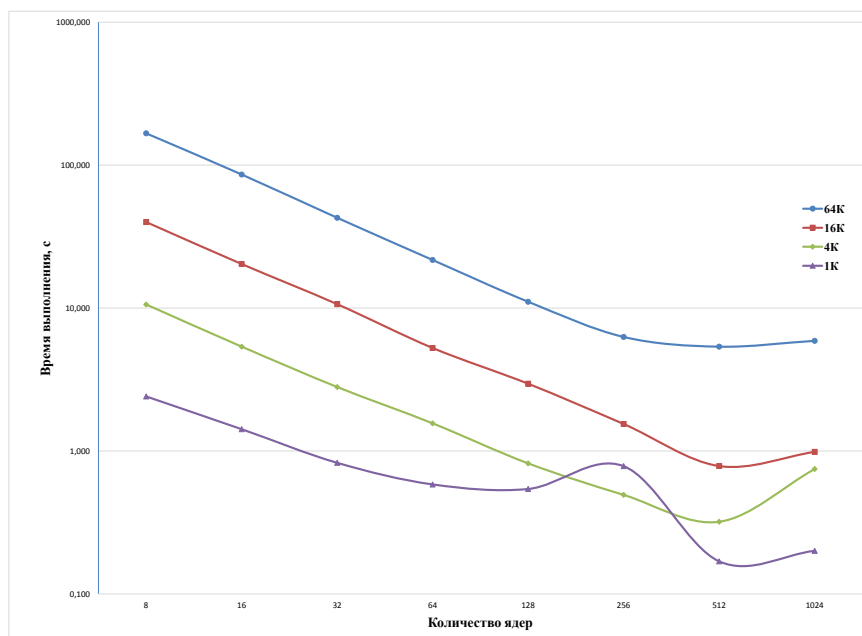


Рис. 5. Зависимость времени прохождения от количества ядер на суперкомпьютере «Ломоносов» для задачи МД (логарифмическая шкала)

Эксперименты проводились на различных конфигурациях системы – от 8 до 1024 вычислительных ядер. На графиках видно, что с ростом количества ядер происходит практически линейное уменьшение времени выполнения задачи на эмуляторе. Это означает, что размерность самой задачи и параллелизм, заложенный в реализованном алгоритме, обеспечивают эффективное использование имеющихся вычислительных ресурсов. Время выполнения задачи начинает увеличиваться на большом количестве ядер из-за недозагруженности работой исполнительных устройств (недостаточная размерность задачи). Оптимальное количество обрабатываемых частиц на одно ядро для задачи МД, при котором масштабирование не падает, составляет для ППВС значение порядка 103 частиц.

Заключение

В настоящее время растет необходимость разработки масштабируемых вычислительных систем суперкомпьютерной производительности для работы в разных областях применения. При этом существует проблема низкой реальной производительности таких суперкомпьютеров. За рубежом тенденция создания суперкомпьютеров продолжает оставаться в рамках традиционной фон-неймановской модели вычислений. В статье предлагается перейти к нетрадиционной потоковой модели вычислений с динамически формируемым контекстом, что позволит решить основные проблемы, возникающие при создании вычислительных систем с большим количеством ядер.

Архитектура ППВС, реализующая такую модель вычислений, масштабируема, что позволяет эффективно решать большой круг актуальных задач с высокой реальной производительностью. Проведенные эксперименты подтверждают это.

Предлагаемая модель вычислений имеет уникальные особенности и преимущества, что позволяет надеяться на то, что в будущем она станет основной в области масштабируемых параллельных вычислений, а разрабатываемая аппаратура позволит подойти к созданию оригинальных отечественных высокопроизводительных вычислительных систем.

Литература

1. Thomas Rauber, Gudula Rünger: Parallel Programming for Multicore and Cluster Systems. Second Edition, Springer 2013.
2. <http://gpgpu.org/> (Дата обращения 01.04.2017).
3. <https://istep2016.ru/> (Дата обращения 01.04.2017).
4. Климов А.В., Левченко Н.Н., Окунев А.С., Стемпковский А.Л. Автоматическое распараллеливание для гибридной системы с потоковым ускорителем // журнал «Информационные технологии и вычислительные системы», 2011 г., №2, С. 3-11.
5. Климов А.В., Окунев А.С. Графический потоковый метаязык для асинхронного распределенного программирования // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем - 2016. Сборник трудов / под общ. ред. академика РАН А.Л. Стемпковского. М.: ИППМ РАН, 2016. Часть II. С. 151-158.
6. А. В. Климов, Н. Н. Левченко, А. С. Окунев, А. Л. Стемпковский. Суперкомпьютеры, иерархия памяти и потоковая модель вычислений // Программные системы: теория и приложения: электрон. научн. журн. 2014. Т. 5, № 1(19), с. 15–36. URL: http://psta.psiras.ru/read/psta2014_1_15-36.pdf
7. Климов А.В., Левченко Н.Н., Окунев А.С., Стемпковский А.Л. Вопросы применения и реализации потоковой модели вычислений // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем - 2016. Сборник трудов / под общ. ред. академика РАН А.Л. Стемпковского. М.: ИППМ РАН, 2016. Часть II. С. 100-106.
8. Стемпковский А.Л., Левченко Н.Н., Окунев А.С., Цветков В.В. Параллельная потоковая вычислительная система – дальнейшее развитие архитектуры и структурной организации вычислительной системы с автоматическим распределением ресурсов // журнал «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ», №10, 2008, С.2 – 7.
9. Silc J., Robic B., Ungerer T. Asynchrony in parallel computing: From dataflow to multithreading // Parallel and Distributed Computing Practices. 1998. Vol. 1. № 1. P. 3-30.
10. Lee Ben, Hurson A.R. Issues in Dataflow Computing //Advances in computers. 1993. Vol.37. P. 285-333.
11. Ben Lee, Hurson A.R. Dataflow Architectures and Multithreading//Computer. 1994. Aug. V. 27, no. 8. P. 27-39.
12. Змеев Д.Н., Климов А.В., Левченко Н.Н. Средства распределения вычислений в ППВС «Буря» и варианты реализации блока выработки хэш-функций // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем - 2016. Сборник трудов / под общ. ред. академика РАН А.Л. Стемпковского. М.: ИППМ РАН, 2016. Часть II. С. 107-113.
13. Климов А.В., Змеев Д.Н., Левченко Н.Н., Окунев А.С. Способы регулирования вычислений в параллельной потоковой вычислительной системе // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем - 2014. Сборник трудов / под общ. ред. академика РАН А.Л. Стемпковского. М.: ИППМ РАН, 2014. Часть IV. С. 79-82.
14. А.В. Климов, Н.Н. Левченко, А.С. Окунев "Преимущества потоковой модели вычислений в условиях неоднородных сетей" // Журнал "Информационные технологии и вычислительные системы", No 2, 2012, с. 36-45. ISSN 2071-8632.
15. Vlassov V., Merino O.S., Moritz C.A., Popov K. (2007) Support for Fine-Grained Synchronization in Shared-Memory Multiprocessors. In: Malyshekin V. (eds) Parallel Computing Technologies. PaCT 2007. Lecture Notes in Computer Science, vol 4671. Springer, Berlin, Heidelberg.
16. James E. Smith. Decoupled access/execute computer architectures / Proceeding ISCA '82 Proceedings of the 9th annual symposium on Computer Architecture. Pages 112-119.
17. Levchenko N.N., Okunev A.S., Zmejev D.N. Development Tools for High-Performance Computing Systems Using Associative Environment for Computing Process Organization // In bk.: Proceedings of IEEE EAST-WEST DESIGN & TEST SYMPOSIUM (EWDTS'2016), Yerevan, Armenia, October 14-17, 2016. P. 359-362.
18. Д.Н. Змеев, А.В. Климов, Н.Н. Левченко, А.С. Окунев, А.Л. Стемпковский. Эмуляция аппаратно-программных средств параллельной потоковой вычислительной системы «Буря» // Информационные технологии. 2015. Т. 21. №10. С. 757-762.
19. Воеводин Вл.В., Жуматий С.А., Соболев С.И., Антонов А.С., Брызгалов П.А., Никитенко Д.А., Стефанов К.С., Воеводин Вад.В. Практика суперкомпьютера "Ломоносов" // Открытые системы, Москва: Издательский дом "Открытые системы", 2012, № 7, с. 36-39.
20. Д.Н. Змеев, Н.Н. Левченко, А.С. Окунев, А.Л. Стемпковский. «Принципы организации системы ввода/вывода параллельной потоковой вычислительной системы», Программные системы: теория и приложения, 2015, 6:4(27), с. 3–28. URL http://psta.psiras.ru/read/psta2015_4_3-28.pdf.
21. Khodosh L.S., Klimov A.V., Levchenko N.N., Okunev A.S., Zmejev D.N. Research of Asynchronous Algorithm for Molecular Dynamics Task on the PDCS "Buran" Models // In bk.: Proceedings of IEEE EAST-WEST DESIGN & TEST SYMPOSIUM (EWDTS'2016), Yerevan, Armenia, October 14-17, 2016. P. 327-330.

ЕС ЭВМ сквозь призму отечественной и мировой вычислительной техники

Ломов Юрий Сергеевич

АО «НИИ «Аргон», г. Москва
voumos@rambler.ru

Введение

Система IBM 360 появилась 1964 году, она, как некоторая новая точка отсчёта в развитии ЭВМ общего назначения, дала начало ряду программно-совместимых ЭВМ единой архитектуры. Вычислительная техника (ВТ) «возмужала», и стала универсальным средством обработки данных. Безусловно, это был революционный шаг в части новых механизмов в области организации вычислительного процесса. Задачей проекта IBM 360 явился критический анализ существующих на то время компьютерных технологий и создание на его основе новых подходов или совершенствование старых, ориентированных на перспективу развития ЭВМ общего назначения. Другими словами, был осуществлён анализ и синтез идей, концепций, технологий, новых механизмов, приёмов и способов их реализации, составляющих на то время совокупные мировые научно-технические достижения. Эту огромную научно-исследовательскую работу корпорация IBM выполнила, переведя создание и проектирование ВТ на рельсы строго научного подхода взамен интуитивной изобретательской деятельности.

До появления Системы IBM 360 ВТ представляла собой набор ЭВМ различной архитектуры, определяемой её назначением. Эффективность каждой из этих ЭВМ достигалась как общими хорошо отработанными на практике приёмами, так и новыми механизмами организации вычислений. Оригинальные решения, безусловно, существовали и в наших отечественных машинах. Результаты анализа и синтеза всех этих новшеств, в том числе и компьютерных достижений нашей страны, составили основу Системы IBM 360. И этот банк мировых достижений пополнялся не механически, а путём творческого процесса их оптимизации в рамках новых требований, условий и форм в соответствии с объективными научными законами существования и развития. Таким образом, проект корпорации IBM не был 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. Практическим результатом явилась выработка интеграционно-компенсационных соглашений, выраженных в документе «Принципы работы Системы IBM 360».

Выбор пути

В Советском Союзе при всём богатстве реализуемых идей и опыте практического конструирования, признанного во всём мире, не нашлось ведущей организации, которая могла бы выполнить подобную работу. Многочисленные мощные отечественные компьютерные коллективы отраслевой науки не смогли этого сделать, поскольку каждый из них решал свою задачу. А после того, как проект IBM был не только опубликован, но и подтверждён практическими разработками ЭВМ третьего поколения, Советский Союз, как и все страны, занимающиеся ВТ, вынужден был сверять свои часы на предмет готовности и возможности разрабатывать и производить высокотехнологичную продукцию нового поколения.

Решение IBM создать ряд совместимых ЭВМ различной производительности, способных работать с одними и теми же программами, было воспринято на Западе вполне обоснованным, логичным и само собой разумеющимся – объективно закономерным этапом развития ВТ. Концептуальная составляющая проекта, а также его своевременность и необходимость не подвергалась сомнению. Кроме научно-технической составляющей, проект содержал ещё одну, не менее, даже может быть более важную, составляющую. Он предполагал и предлагал международное разделение труда при создании масштабного коммерческого проекта. Экономическая привлекательность подвигла многие, в том числе и высокоразвитые страны, отказаться от собственных разработок этой наукоёмкой и высокотехнологичной техники, включившись в международное разделение труда по развитию ВТ на основе проекта IBM. Началось совершенствование и оптимизация отдельных предложенных программных и аппаратных компонент проекта и практическая работа по его реализации во многих странах мира.

Темпы производства ЭВМ Системы 360 (в первый же месяц было заказано более 1100 машин) открывали преимущественные возможности росту экономического и военного потенциала этих стран. Компьютерная индустрия за рубежом становится важнейшей. Могли ли мы тогда с очень ограниченным парком средств ВТ второго поколения, сохранять хотя бы разумный паритет? Ответ очевиден. В странах Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ) положение было ещё хуже. А речь шла не много не мало, об отрасли, которая определила великую техническую революцию двадцатого века. Не учитывать это,

тем более не реагировать – это та ошибка, которая хуже преступления. Странно было бы, если бы руководство страны не среагировало на этот вызов. И оно среагировало, развернув собственный проект (проект ЕС ЭВМ), взяв за основу интеграционно-компенсационные соглашения («Принципы работы Системы IBM 360»), считая, что время совместных работ с мировым сообществом ещё впереди. Что мировое разделение труда – это тот путь, который выведет человечество на путь прогресса и процветания. Проект ЕС ЭВМ по своим масштабам был таким, который, кроме СССР могли позволить себе только США. Шаг вынужденный, но необходимый. Рассчитывать мы могли только на собственные силы.

Почти полвека машины общего назначения составляли основу мирового рынка ВТ. 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 году вектора развития ЭВМ общего назначения – фундамента информационных технологий.

Проект ЕС ЭВМ: борьба мнений. Ориентация на принципы работы Системы IBM 360 вначале не вызвала особых возражений отечественных специалистов. Но по инициативе Б.И. Рамеева и М.К. Сулима 18 декабря 1969 года состоялось совещание, на котором его инициаторами было предложено ориентироваться на Систему ICL [2]. Основным аргументом обоснования этого предложения было то обстоятельство, что на Систему IBM 360, кроме «Принципов работы», нет ничего (документации, программного обеспечения, образцов моделей и т. д.) и нет возможности всё это получить как легально, так нелегально. На Систему ICL было обещано всё. Ситуация была достаточно странной.

С одной стороны, Госдепартамент США был в то время обеспокоен значительным расширением производства компьютерной техники и возможным доступом стран социалистического лагеря к технологиям их производства. В связи с этим, он ужесточает контроль КОКОМ над экспортом с целью предупреждения передачи в страны СЭВ передовых технологий производства электронной техники и ЭВМ. И вдруг, страна член КОКОМ, страна член НАТО, самый верный партнёр 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. Возможно ли такое?

С другой стороны, сторонники ICL, корни которой восходят к технологиям известной американской корпорации RCA, наверно искренне считали, что предложение совместной разработки и есть приглашение к сотрудничеству в рамках международного разделения труда. Они искренне считали, или их убедили, что если официально жениться на английской красавице ICL, «деве непорочной чистоты», то это становится нашей законной отечественной разработкой, и никакого копирования. 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? Будто выбор делался не между IBM и ICL, а между отечественной разработкой и копированием. Ориентация на мировые тенденции развития ЭВМ общего назначения и была единственно возможной для отечественной ВТ. Активнейший участник тех событий академик В.К. Левин убеждён, «что при любом другом из мыслимых тогда вариантов проведения работ результат был бы плачевным» [3].

Копирование

Как бы там не было, в 1969 году принято решение продолжать работы с ориентацией на Систему IBM 360. Тогда и был рождён миф о копировании, который живуч до сих пор. Именно миф, поскольку мы сами себе отрезали путь копирования, приняв решение о двойном назначении ЕС ЭВМ. Проект создания техники двойного назначения не мог базироваться на зарубежной операционной системе. В ЕС ЭВМ на основе версии прототипа были созданы системы, значительно отличающиеся от каких-либо систем прототипов. В СССР выпускались также системы с повышенной защитой доступа и системы защиты данных» [4]. Так что все модели ЕС ЭВМ поставлялись с отечественными операционными системами, хотя на них работали все IBM-ские операционные системы без доработок и дополнительных настроек. Кроме того, с самого начала работ было принято решение о технических стандартах и всему спектру комплектующих, которые должны были строго соответствовать нормам, принятым в СССР и СЭВ. Конструктивное исполнение ЭВМ ЕС должно было вестись по нормам ГОСТ, а комплектующие должны были производиться в СССР и странах СЭВ.

Научные знания и опыт только реализуются в конкретных разработках, а аккумуляторами их являются коллективы разработчиков, использующие эти знания в новых разработках. Главные конструктора отечественных ЭВМ второго поколения возглавили разработку первых моделей ЕС ЭВМ и воспользовались ранее приобретённым опытом сполна. Тем более что ничто не ограничивало степеней свободы при проектировании архитектуры моделей системы, а требовало всего лишь применения во всех этих моделях некоторых обязательных элементов структуры. Архитектура моделей, не только может

быть разной, она принципиально разная. Иначе нельзя построить эффективного ряда. И это не такая простая задача, как кажется на первый взгляд. То, что сегодня модели ряда представляются одной архитектурой, а их различная производительность достигается только настройкой на определённую частоту работы, демонстрирует поверхностное представление о системах совместимых машин. При выборе архитектуры модели и её оптимизации всё решал ранее полученный практический опыт разработок наших специалистов, который, как известно, является единственным критерием истины.

Таким образом, выбранный путь предполагал и был осуществлён на базе отечественного опыта, отечественных компьютерных технологий, отечественного производственного оборудования и отечественной конструкторской мысли. И другого пути быть не могло.

За прошедшие 50 лет, на основе добросовестных оценок и конструктивной критики сделаны аргументированные оценки и выводы по проекту ЕС ЭВМ, способствующие прогрессу отечественной ВТ. Кажется всё ясно. Но в последнее время появляются критические материалы и публикации, в которых утверждается, что проект ЕС ЭВМ потерпел «сокрушительный провал». Тем самым, искажается и уничтожается целый пласт истории отечественной ВТ. Когда медленно, но верно сокращалось отставание в области разработки и производства машин класса мейнфреймов. Когда в нашей стране разрабатывались и производились все классы ЭВМ для общегражданского и специального применения со всей необходимой инфраструктурой. Когда усилиями наших учёных и инженеров за короткий срок была создана и организационно оформлена созданием государственного комитета (ГКВТ), новая высокотехнологичная отрасль – разработки и производства средств вычислительной техники. И всё это было достигнуто в условиях существенной форы, которую имели западные страны. Даже за рубежом в начале 1980-х годов отмечали, что перспективы СССР и стран СЭВ в компьютерных технологиях улучшаются, хотя всё ещё остаются ограниченными. И эти выводы подтверждают конкретные факты сравнения отечественных и зарубежных разработок 1980-х годов.

Архитектура

В этот период за рубежом и у нас в стране были разработаны высокопроизводительные ЭВМ: IBM 3081 (1982 год), ЕС 1066 (1984 год) и «Эльбрус 2» (1985 год). Анализ и сравнение этих разработок даёт полную картину достижений и проблем отечественной ВТ. Вот как Б.А. Бабаян оценивает эти работы [5]: «Мы выиграли соревнование с НИЦЭВТ, который в то время копировал машины IBM, не являвшиеся суперскаляром. 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».

Модель IBM 3081 – это двухпроцессорный вариант серии моделей 4-го поколения Системы IBM 3080, построенной по архитектуре с присоединённым процессором. Присоединённый процессор – это процессор, не имеющий собственного кэша и использующий для доступа к оперативной памяти кэш процессора, совместно с которым он работает. Производительность присоединённого процессора составляет 45% от основного полного процессора. К тому же присоединённый процессор снижает производительность основного на 15%. Архитектура IBM 3083 (однопроцессорный вариант) является развитой скалярной. Одной из особенностей архитектуры 3081 была 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 трёх потоков команд, технология динамического преобразования адресов, буферы быстрого преобразования адреса, т. е. кэш адресов, оставаясь всё же скалярной. Архитектура «Эльбрус 2» – суперскаляр. Эта архитектура была известна гораздо раньше, чем был создан «Эльбрус». Она использовалась корпорациями CDC и Burroughs. Также эту архитектуру использовала IBM в модели IBM 360/91 ещё в середине 1960-х годов. Это вовсе не означает, что все проблемы этой архитектуры были решены. Применение суперскаляра не только сужает диапазон использования ЭВМ общего назначения, переводя её из зоны универсального класса в специализированный, но и требует значительного дополнительного оборудования, увеличивает стоимость и энергопотребление. Поэтому не использовалась в проекте ЕС ЭВМ. В 1972 году, промоделировав суперскаляр центрального процессора IBM 360/91 [6], мы уже знали, 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» [7]. Мы знали также, что дело не только в количестве арифметических устройств, а 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 «захлёбывается», когда логическая зависимость команд достигала 5-6 команд. Если в 1960-х годах применение этой архитектуры было оправдано требованиями таких монстров как Лос-Аламос и НАСА, готовых на любые издержки ради решения своих задач, то к 1980-м годам архитектура SISD исчерпала себя, а высокой производительности стали добиваться другими приёмами. И те заявления, что за рубежом архитектура суперскаляра не применялась потому, что там до неё додумались только в 1995 году, является, по крайней мере, лукавством. Действительно, в это время Intel реализовала суперскаляр в микропроцессоре. Тем самым он не изобрёл, а увековечил финишный итог развития архитектуры SISD, одного из величайших достижений человеческой мысли. Сделал его всеобщим достоянием и доступным для дальнейшего широкого и разумного использования.

Производительность IBM 3083 (однопроцессорный вариант) по самым скромным подсчётам в 1,35 раза выше «Эльбруса 2» и в 3 раза выше ЕС 1066. Проверили на знаменитой задаче из Арзамаса. Время её решения на ЕС 1066 – 14,5 часов (акт государственных испытаний). Время её решения на «Эльбрус 2» – 7,25 часа [5], а IBM 3083 должна решать эту задачу за 3,2 часа, 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). Результат IBM достигнут, прежде всего, за счёт технологий 4-го поколения. Но ещё большую роль сыграло творческое разумное 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 – присоединённый процессор – и получили в 2-х стойках 4-х (IBM 3084), а в одной стойке 2-х процессорный вариант (IBM 3081), пусть и с несколько пониженной производительностью, по отношению к двухстоечному варианту. Но разместив в 2-х стойках 4-процессорный вариант, они окупили потери одностоечного варианта. Под каким микроскопом увидели в ЕС 1066 точную копию (clock precise) IBM 3081?

Технология

Технологии создания ЭВМ насчитывают несколько десятков позиций. Очень важно, чтобы архитектурный проект был согласован с технологическими возможностями. 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 технологий для создания ЭВМ третьего поколения не существовало. Разработка, освоение и эффективное использование ЕС ЭВМ была 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. А вот в области элементной базы этого сделать не удалось. Во второй половине 1980-х годов удалось только запустить производство матричных БИС, строящихся на основе универсальных логических базовых матриц по технологии энергетически насыщенных ECL. И то только потому, что их конкретная функция самостоятельно программируется разработчиком ЭВМ. Так что, за уровень наших ЭВМ, на базе разработанных к середине 80-х годов технологий третьего поколения, мы были относительно спокойны. Хотя бы потому, что мы видели, как заволновались там, за рубежом. В частности, «фирма CDC купила модель ЕС 1040 (разработка и производство ГДР) и после тестирования подготовила в адрес Белого дома заключение, в котором отмечалось, что машины ЕС ЭВМ по техническому уровню мало отличаются от западных, и, следовательно, регламентация эмбарго смысла не имеет, а только наносят вред интересам фирм США. Отмечалось также, что дисковые системы CDC работают без какого-нибудь внесения изменений в операционные системы ЕС» [4]. И позиции ЕС ЭВМ только усилились после разработки моделей ЕС 1055 и ЕС 1066.

Переход на элементную базу четвёртого поколения сопровождался некоторым кризисом, вызванным матричными БИС, единственное, что было в нашем распоряжении. Матричные БИС плохо ложились на структуры CISC и позволяли проектировать по, так называемой, наобумной логике (когда структура разрезается на матричные заготовки без какого-нибудь 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 четвёртого поколения: серии 470 и 580 фирмы Amdahl, ЭВМ M200H фирмы Hitachi и ЭВМ серии 4300 фирмы 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 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 EC1087-EC1181, моделей четвертого поколения [8]. IBM в моделях серии IBM 3080, наоборот, пошла на беспрецедентное усложнение технологии, справедливо считая, что правильный выход из создавшихся проблем только один – создание БИС с осмысленной регулярной логикой, т. е. микропроцессоров. Сколько лет IBM работала над этой технологией – не известно, но если бы мы начали подобную разработку, то точно теперь известно, что закончили бы её тогда, когда она была бы никому не нужна. И они сделали шаг в этом направлении, разработав сложную промежуточную структуру – керамический модуль TCM100 (Thermal Conduction Modul). Вся технологическая сложность заключалась в специальной керамике с 33 слоями, где размещались 118 голых чипов (flipchips), каждый и из которых содержал 121 контакт. Модуль соединялся со следующим уровнем конструкции с помощью 1800 шариковых выводов. Этот уровень имел 36000 контактов, которые по бонд-технологии (flipchip montage) контактировали с модулями TCM100. Модули TCM100 охлаждались водой. Никто в мире не смог повторить эту технологию. С помощью её IBM обошла нас по производительности на столько, что применив самую сложную технологию, на которую были тогда способны, мы всё равно не достигли бы такой производительности. Проиграв в производительности, мы выиграли в простоте, создав конструкцию ЭВМ четвертого поколения не требующую водяного охлаждения. Более того, было снято централизованное воздушное охлаждение.

Для использования в коммерческих проектах сегодня во всем мире используются CMOS-технологии. А современные микропроцессоры сгладили различия между архитектурами CISC и RISC.

Новая архитектура

В начале 1960-х годов, кроме появления Системы 360, произошли ещё два важных события. Были сформулированы два основополагающих фундаментальных постулата – закон Мура и классификация Флинна, которые более полувека, как нить Ариадны, ведут проектирование ЭВМ по «запутанным лабиринтам» в части их базовых и архитектурных технологий. Первым законом блестяще воспользовались при проектировании серии машин IBM 3080. Вторым – тогда, когда вместо архитектуры SISD начали реализовываться архитектура SIMD, а затем MIMD. Иногда кажется, что 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. Её просто надо найти» [9]. И ещё, «Архитектура – это дом». Архитектура скорее стиль, объединяющий разнообразные дома, но отражающих единую идею строительства. Уже по одному этому числу реализаций существенно ограничено. Такая трактовка понятия архитектуры, очевидно, навеяна высказыванием знаменитого физика Людвиг Бальцмана и его печатающими обезьянами. Он утверждал, что всё во вселенной, в том числе и сложность, произошло чисто случайно. И поэтому бесконечно долгое одновременное печатание тысячи обезьян рано или поздно приведёт к желаемому конечному результату. Например, к отрывку из текста «Гамлета». Ничего хорошего, кроме «Вавилонской библиотеки» (рассказ Х.Л. Борхеса), содержащей вымышленные бессмысленные тексты, полученные таким образом, создать не удалось. Дело в том, какое бы упорядоченное или сложное поведение не зарождалось, оно, скорее всего, будет разрушено следующим нажатием клавиши. Ошибочность своего постулата признал и сам Бальцман, но в этом постулате 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, наметивший магистральный путь развития вычислительной техники от последовательной обработки информации к массово-параллельной. И первым, кто после архитектуры SISD вступил на дорогу SIMD архитектуры, был Сеймур Крэй, оставивший в 1972 г. CDC и организовавший собственную компанию Cray Research, которая занялась проектированием сверхбыстродействующей ЭВМ, известной под званием Cray-1. Первый экземпляр Cray-1 в 1976 году был установлен в Лос-Аламосской национальной лаборатории и стал самым высокопроизводительным продуктом ВТ. Затем были созданы 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 её архитектуре. ЭВМ с собственной операционной системой (ОС) и оригинальной архитектурой для тех целей и для того заказчика, для которых она создавалась, безусловно, была необходима. Дело в том, что «Эльбрус 2» не стал и не мог стать коммерческим проектом. Не стал и не мог стать ориентиром для прорыва в области суперэвм. Достижения – это когда открывается перспектива. В области универсальных вычислений достижения ЕС ЭВМ, например, открыли перспективу массовой компьютеризации страны и создания, а

главное широкое использование больших систем (федерального уровня) различного применения. А вот в области супервычислений, когда сформировали план перспективных работ на основе наших достижений в виде предложений по сотрудничеству и повезли его в Китай, то оказалось, что у Китая уже всё есть, уже реализовано. Оказалось, что семнадцать лет мы топтались на месте, получая удовольствие от самих себя. Сегодня (май 2017 г.) средства массовой информации сообщили о создании в Китае квантовой ЭВМ – нового уровня параллелизма.

Разработки Сеймура Крэйя оказали огромное влияние на все проекты, в том числе на проекты ЕС ЭВМ и корпорации IBM. В 1985 году на базе ЕС-1068.90 был разработан высокопроизводительный комплекс ЕС 1066.17 (гл. конструктор Ю.С. Ломов). Производительность в базовой комплектации (4 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) (гл. 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. Плюсин) с производительностью 100 млн. операций в секунду. Эти разработки не существовали виртуально. Они все 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 типа того, что в области высокопроизводительных вычислений кроме «Эльбруса 2» у нас ничего не было и путь на Олимп нам был закрыт [10], принятым в 1967 году решением, не соответствуют действительности. Путём разработки специальных устройств с суперконвейерной архитектурой и присоединение их к ЭВМ общего назначения в те годы шла и IBM для создания систем суперпроизводительности. Но логика развития высокопроизводительных вычислений вывела их на массово-параллельные архитектуры, на создание суперЭВМ, по которым она, судя по TOP500, занимает лидирующие места. В международный список самых высокопроизводительных компьютеров Top500 (июнь 2017 года) попали 169 суперкомпьютера 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 эта отрасль, обогнавшая по архитектуре ещё в 1985 году все мировые страны на семнадцать лет.

В ряд суперкомпьютерных разработок того времени входит разработка продукта, подобный компьютерам Крэйя – «Электроника СС-БИС» (гл. конструктор В.А. Мельников).

Основные причины отставания. Когда начинался проект ЕС ЭВМ в стране, в отличие от Запада, был недостаточный парк машин, отсутствовал подготовленный пользователь, и не было адекватного западному запросу общества (потребителя) на создание новейшей техники, вследствие чего она слабо внедрялась в сферу жизни общества. И это на фоне того, что на Западе всё более мощные аппаратные и программные средства становятся товаром. Продукция выпускается большими сериями, делая её жизненно важной. В 1987 году, например, за рубежом работало более 500 больших систем с векторными возможностями (данные центра поддержки IBM). Из них, примерно, 300 установок являются чисто векторными машинами. А 200 – большими машинами с векторным механизмом. Для сравнения, потребность в отечественных машинах разработки 1980-х годов: ЕС 1066 – 522 машины, «Эльбрус 2» – 19, а все остальные от одной до четырёх установок.

Вместо выводов. «Преступные решения» якобы похоронившие «оригинальные отечественные разработки» вместе с их коллективами – это события не из 1960-х. Это из 1990-х годов. В 1960-ые сосредотачивали силы и ресурсы для решения проблем государственной важности. Организациям, занимающимся разработкой ВТ, предавали новый более высокий статус. СКБ Минского производственного объединения (МПО) им. С. Орджоникидзе, например, было преобразовано в Минский Научно-исследовательский институт электронных вычислительных машин (НИИ ЭВМ). На базе НИЭМа и с привлечением ведущих специалистов КБПА создали мощный научный и конструкторский коллектив НИЦЭВТ. Невозможно перечислить всё, что сделано в этом направлении в те годы.

В 1990-ые, наоборот распыляли силы на бесчисленные совместные предприятия, разваливали коллективы – наше главное достояние и гордились этим, совершая фактически преступление. В 90-ые «порвалась связь времён» в результате тех действий, в которых сегодня обвиняют 60-ые. Старые успехи и достижения остались в прошлом. Почти полвека нам обещают новые. Из них почти двадцать ожидаем прорывов в области суперЭВМ, как результат «честной и хорошей сделки объединения самой мощной российской фирмы в области разработки микросхем с мощнейшей международной корпорацией [12]». И чем меньше на это остаётся надежд, тем всё больше и всё навязчивей звучит критика ЕС ЭВМ. Надо же как-то поддерживать свой собственный бренд самого-самого, с таким трудом созданный мифотворчеством, и в который многие поверили, особенно молодёжь. Им же хочется гордиться достижениями своей истории.

Трудно перечислить всё, что выросло из конструкторов ЕС ЭВМ. Например, в 1990-ые годы разработка была остановлена, но катастрофы ВТ не произошло. Всё, что было наработано проектом ЕС ЭВМ, его душа, интегрировалась в чужеродное, но в совместимое тело в результате чего, было продлено существование сотням ранее созданных вычислительных центров, автоматизированных систем и сетевых устройств. Это выросло из ЕС ЭВМ, поддержавшее отечественную вычислительную отрасль в самые трудные годы.

Имея глубокие научные и инженерные знания, огромный опыт конструирования, разработчики ЕС ЭВМ правильно ориентировались в перспективах развития ЭВМ. Это позволило НИИ «КВАНТ», НИЦЭВТ, Минскому НИИЭВМ (работы В.К. Левина, К.А. Ларионова, В.П. Качкова) первыми поддержать слабеющую отрасль высокопроизводительных вычислений и направить её в русло мировых тенденций развития.

Всегда находясь в курсе уровня мировых достижений и проблем ВТ, а также имея опыт проектирования как общегражданских, так и специальных изделий с использованием всех самых передовых средств, знакомство с производственными и экспериментальными технологиями конструктора ЕС ЭВМ внесли свой вклад в развитие и совершенствование всех видов бортовой техники: «ползающих», «ездящих», «летающих», всяких иных. 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 ЦВМ, программно совместимых с моделями ЕС ЭВМ. В последующие годы такой ряд базовых бортовых машин А-30, А-40, А-50 был реализован главным конструктором Штейнбергом В.И., 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. След от конструкторов ЕС ЭВМ, например, можно увидеть в работах «НИИ «Аргон» или «НТЦ «Модуль». Вот абзац из рецензии на работу [8] главного конструктора процессора ЕС 1181 Николая Алексеевича Слюсарева: «НИЦЭВТ и, в частности 16-ое отделение, был прекрасной школой квалифицированных разработчиков ЭВТ. Сужу по себе. Перейдя на работу в основное разрабатывающее отделение НПО «Агат», я легко вошел в коллектив разработчиков и, надеюсь, достойно представлял в разработке школу НИЦЭВТ. Основным своим достижением считаю разработку первых в «Агате» центральных устройств универсальных корабельных систем управления стрельбой (УКСУС) на базе ПЛИС».

И наконец, «Мейнфреймы являются примером наивысших достижений человечества, не только потому, сколько труда и способностей в них вложено, 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 определённом сочетании, силами природы или выдающейся мысли, становятся чем-то гораздо более совершенным, чем обычный набор компонентов» [1].

Советские инженеры, впитавшие весь опыт и все достижения, как отечественной школы, так и мирового сообщества внесли свой вклад в развитие информационных технологий мейнфреймов. Вследствие чего, свет этих бриллиантов стал немножко ярче. Это и есть то главное, что навсегда останется в истории отечественной и мировой ВТ от компьютерщиков ЕС ЭВМ.

Литература

1. История мейнфреймов: от Harvard Mark I до System z10 EC. Tom's HARDWARE. 19.10.2009.
2. Б.Н. Малиновский. История вычислительной техники в лицах. computer-museum.ru.
3. В.К. Левин. Становление системы ЕС ЭВМ. История отечественной электронной вычислительной техники. Издательский дом Столичная энциклопедия. Москва. 2017.
4. Ханс-Георг Юнгникель. Аспекты технологического пути ЕС ЭВМ на фоне развития технологии ИТ и общей "архитектурной гонки" в социалистических странах — анализ с позиций 2017 года, Главный конструктор ЕС ЭВМ от ГДР с 1981 по 1990 г.г. <http://www.eser-ddr.de/> 06.03.2017.
5. Б.А. Бабаян. История создания ЭВМ «Эльбрус». ИОЭВТ. –М.: Издательский дом "Столичная энциклопедия". 2014.
6. Ю.С. Ломов, М.А. Сахнюк. Сложные системы и моделирование. Тезисы доклада республиканского семинара. Киев,1972.

7. Михаил Ходаренок. Россия – лидер в сфере вычислительной техники. Военно-промышленный курьер. №26 (43), 14.07.2004Ю.С. Ломов. История создания старших моделей ЕС ЭВМ. ИОЭВТ. –М.: Издательский дом "Столичная энциклопедия". 2017.
8. Борис Бабаян. «Задача – сделать наилучшую компьютерную технологию». Страницы истории отечественных ИТ. Компания АйТи. Виртуальный компьютерный музей. 2017.
9. Владимир Сосновский, Антон Орлов Советские компьютеры: преданные и забытые. (Полная версия). (ВЕЛИКАЯ СТРАНА СССР Адрес доступа <http://www.great-country.ru>
10. Медведев Д. А. Стенограмма «Начало совещания с членами Совета Безопасности по вопросам создания и применения суперкомпьютеров, 28 июля 2009 года». URL: <http://kremlin.ru/transcripts/4959>
11. Роман Дорохов. Эльбрус inside. Ведомости. 24.05.2004
12. Советские компьютеры могли переплюнуть IBM? INTERNETUA. 20.01.2010. <http://internetua.com/Covetskie-kompuateri-mogli-perepluanut-IBM>.

Краткие основы и история создания отечественных модулярных ЭВМ. Истоки модулярной арифметики

Малашевич Борис Михайлович
mbm@angstrem.ru

Впервые о Системе остаточных классов (СОК) научная общественность узнала в 1955 г. из статьи чеха Миро Валаха и Антонина Свободы [1], предложивших новую идею цифрового кодирования, которая позже получила название «Система остаточных классов» (СОК), а арифметика на её основе – модулярной. Идея оказалась продуктивной и была реализована в 1958-1962 гг. в виде ламповой модулярной ЭВМ ЭПОС (рис. 1). Подробнее об истории развития модулярной арифметики в стране можно ознакомиться в [2, 3 и 4].



Рис. 1. Первые в мире модулярные ЭВМ "Эпос" и ЭПОС-2 [5]

Эта мультипрограммная (до 5 программ) ЭВМ с режимом разделения времени и ферритовым ОЗУ ёмкостью 1024 65-разрядных слов выполняла $5 \div 20$ тыс. оп/с над десятичными 12-разрядными операндами. В 1963 и 1964 гг. было изготовлено два экземпляра ЭПОС. В 1960-1965 г. была разработана более совершенная и экономичная транзисторная версия ЭВМ – ЭПОС-2 с производительностью до 40 тыс. оп/с. Два варианта ЭПОС-2 под названиями ZPA-600 и ZPA-601 серийно выпускались до 1973 г., всего было выпущено 30 комплектов ЭВМ, что по тем временам, особенно для маленькой Чехословакии, было много.

СОК

Первым в СССР в конце 1950-тых годов на систему счисления остаточных классов обратил внимание главный инженер КБ-1 Фёдор Викторович Лукин. Примерно в 1959 г. в КБ-1 (ныне ОАО "НПО "Алмаз") по закрытым каналам поступила справка об этих работах. Ф.В. Лукин, имеющий личный опыт разработки счётно-решающих устройств и, особенно, их применения в крупнейших военных системах, сразу оценил перспективность этого направления. Но КБ-1 разработкой ЭВМ не занималось, и Фёдор Викторович направил заинтересовавшую его справку в СКБ-245, где она заинтересовала математика И.Я. Акушского и его начальника, ведущего разработчика ЭВМ Д.И. Юдицкого, ставших впоследствии основоположниками модулярной арифметики в СССР.

Последующие действия Ф.В. Лукина подтверждают, что именно его стараниями модулярная арифметика получила столь бурное и успешное развитие в стране, и не случайно с его уходом из жизни совпадает начало спада её разработок.

Полученная таким образом исходная информация, весьма краткая и поверхностная, дала старт научным исследованиям И.Я. Акушского и Д.И. Юдицкого. Первая в стране попытка осмыслить принципы построения модулярной ЭВМ была предпринята в 1957 г. в СКБ-245 Ю.Я. Базилевским, Ю.А. Шрейдером, И.Я. Акушским и Д.И. Юдицким, но не получила единого понимания – не все ее участники прониклись сутью СОКа. Как отмечает В.М. Амербаев: «Это было обусловлено неумением осмысливать сугубо компьютерные вычисления строго алгебраически, вне кодового представления чисел».

В 1960 г. Ф.В. Лукин, недавно назначенный директором и научным руководителем создаваемого НИИ-37 ГКРЭ (НИИ Дальней радиосвязи – НИИДАР), пригласил Д.И. Юдицкого и И.Я. Акушского для разработки ЭВМ. Они согласились. Д.И. Юдицкий в 1960 г. стал начальником отдела ЭВМ, а И.Я. Акушский – начальником лаборатории в этом отделе. Первой задачей Д.И. Юдицкого в НИИ-37 было завершение неудачной разработки ЭВМ "А-340А" для создаваемых предприятием радиолокационных станций (РЛС), И.Я. Акушский, как учёный-теоретик, сразу занялся разработкой научных основ построения модулярной ЭВМ.

Модулярные супер-ЭВМ 2-го поколения

В 1960–1963 гг., после успешного завершения работ над АЗ40А, возглавляемый Д.И. Юдицким коллектив разработал первую в стране реально работавшую модулярную ЭВМ. В институте в 1960 г. был сделан макетный (сокращённый) образец ЭВМ, а затем в 1962 г. опытный завод при НИИДАР по эскизной документации изготовил ЭВМ под именем "ТЗ40А". Теория и практика варианта модулярной арифметики и принципы построения ЭВМ "ТЗ40А" на их основе были разработаны И.Я. Акушским, Д.И. Юдицким и Е.С. Андриановым. В ходе работы выяснилось много интересных свойств системы остаточных классов, о которых в первоисточниках и не упоминалось. Академик В.М. Амербаев рассказывает: «...Ф.В. Лукин привлёк внимание И.Я. Акушского к разработкам ... нового способа организации параллельных вычислений. Выяснилось позднее, что он обладает свойством арифметической самокоррекции. ... Это была нетрадиционная компьютерная арифметика, и для её разработки требовался нетрадиционный подход. В ходе разработки ... возникло множество ярких, оригинальных решений в архитектуре, живучести, параллельности, конвейерности ЭВМ...».

ЭВМ "ТЗ40А", совместно с "АЗ40А", активно использовалась в качестве стенда при построении РЛС дальнего обнаружения "Дунай-ЗУП" на Сары-Шаганском полигоне ПРО.

ЭВМ была построена на основе феррит-транзисторной логики, реализованной на дискретных транзисторах 1Т308В и ферритовых сердечниках (рис. 2).

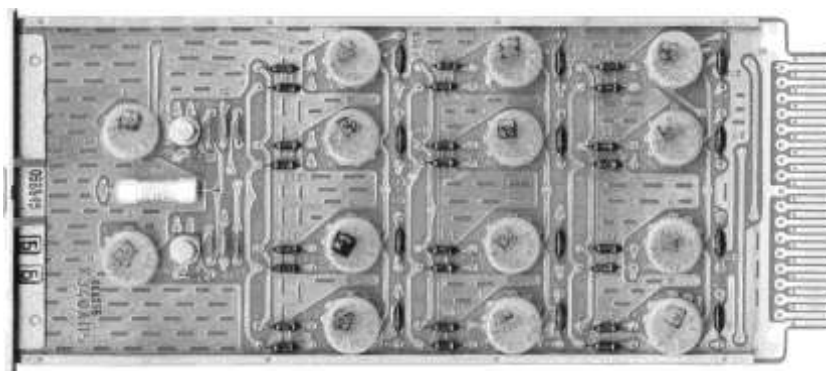


Рис. 2. Ячейка ЭВМ "ТЗ40А" и "КЗ40А"

Полученные при её настройке и первом опыте эксплуатации результаты были использованы при создании в 1963–66 гг. комплекта конструкторской документации для серийного производства ЭВМ, но уже под именем "КЗ40А".

В 1964 г. Д.И. Юдицкий и И.Я. Акушский с группой специалистов, опять же по приглашению Ф.В. Лукина, назначенного директором создаваемого в будущем Зеленограде Центра микроэлектроники, перешли в него.

А разработку КЗ40А завершил оставшийся коллектив под руководством Л.В. Васильева. ЭВМ была освоена в серийном производстве и стала базовой для РЛС, разрабатываемых в те годы в НИИ-37. Практически ТЗ40А и КЗ40А – это одна ЭВМ на разных этапах её создания.

ЭВМ «КЗ40А» серийно выпускалась опытным заводом при НИИДАР и Свердловским заводом радиоаппаратуры, всего было выпущено около 50 комплектов. Они использовались в РЛС дальнего обнаружения «Дунай-ЗУ» системы «А-35» ПРО центрального промышленного района и в загоризонтных РЛС системы предупреждения о ракетном нападении (СПРН) «Дуга», «Дуга-2» и «Дуга-3», которые были построены, но, к сожалению, не оправдали возлагаемых на них надежд.

Несравненно лучше сложилась судьбы ЭВМ в составе РЛС «Дунай-ЗУ» (рис. 3).



Рис. 3. РЛС "Дунай-ЗУ" – приёмная (слева) и передающая позиции – сооружения, измеряемые сотнями метров [6]

Узел системы дальнего обнаружения (СДО) целей ПРО «А-35» в составе двух РЛС "Дунай-3У", созданный в 1969–76 гг. недалеко от г. Чехова в Московской обл., в 1978 г. после серии положенных для таких объектов испытаний был принят на вооружение в режиме "Боевая работа". В СДО применено 20 комплектов ЭВМ К340А выпуска 1968-1976 гг., по 10 ЭВМ в каждой РЛС.

В 2010 г. мне удалось посетить этот СДО. К этому моменту по плану модернизации электроника РЛС, первой введённая в строй, была демонтирована для замены на современную, но вторая продолжает работать, превзойдя положенное для таких объектов время "продолжительности жизни" почти в 4 раза. Годы создания двух её ЭВМ (1970-й и 1972-й) подтверждаются формулярами их устройств (рис. 4).



Рис. 4. Наклейки на формулярах действующих устройств ЭВМ "К340А"
Структурная схема ЭВМ приведена на рис. 5.

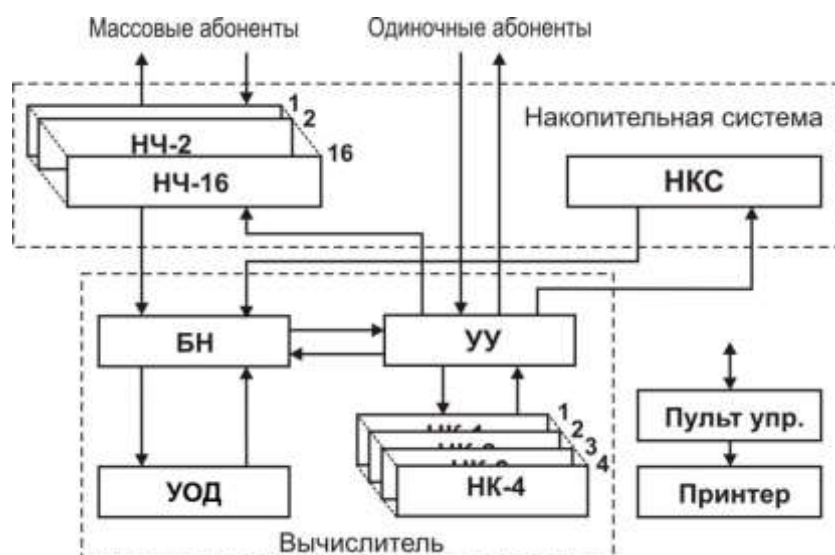


Рис. 5. Структурная схема ЭВМ "К340А"

Основными системами ЭВМ являются вычислитель, накопительная система, пульт управления К340П1 (ПУ), регистратор (два принтера МП-16), система электропитания и система охлаждения (в то время в вычислительной технике ещё не было устоявшейся позже общей терминологии, поэтому каждый главный конструктор применял свою).

В состав вычислителя (в нынешней терминологии – процессор) входят следующие устройства:

- Устройство обработки данных (УОД), выполняющее арифметические и логические операции над числами,
- Буферный накопитель (БН), представляющий собой многовходовое быстродействующее запоминающее устройство на регистрах, предназначенное для связи между высокопроизводительным вычислителем и накопительной системой. Буферный накопитель используется для временного хранения информации и оперативного использования её в процессе работы. Ёмкость буферного накопителя – 16 45-разрядных слов.

- Накопитель команд (НК) служит для хранения команд программы. В состав накопителя команд входят четыре автономных накопителя НК1, НК2, НК3 и НК4, ёмкостью по 4096 45-разрядных слов каждый.

Здесь следует отметить, что задачи РЛС дальнего обнаружения и контроля космического пространства алгоритмически довольно консервативны, программы их решения эксплуатируются без изменений длительные сроки, поэтому в ЭВМ тогда для хранения программ использовались перепрограммируемые (часто, как и в данном случае, вручную) постоянные ЗУ. Таким был и НК.

Накопитель команд выполнен в виде перепрограммируемого ферритового постоянного запоминающего устройства на цилиндрических ферритовых сердечниках. Сердечники вручную вставлялись (и извлекались) в отверстия в матрице, содержащей 2x32 45-разрядного слова (рис. 6).

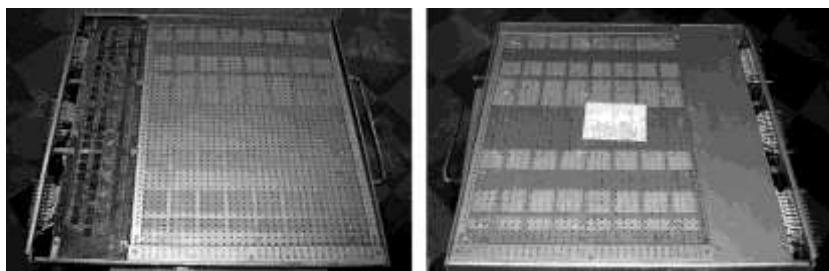


Рис. 6. Блок накопителя команд ЭВМ «К340А», левая и правая стороны. Черные точки – ферриты.

Накопительная система является основной памятью ЭВМ и выполняет задачи оперативной памяти (ОЗУ) при обмене информацией с вычислителем, и буферной памяти при обмене информацией с внешними устройствами. В накопительную систему входят: устройство управления (УУ), 16 независимых накопителей чисел (НЧ), накопитель констант (НКС) и буферный накопитель (БН).

Ёмкость каждого накопителя чисел – 1024 45-разрядных слов, ёмкость накопителя констант – 4096 45-разрядных слов с возможностью расширения до 8192 45-разрядных слов. В этой ЭВМ был реализован принцип независимых каналов памяти команд и данных (гарвардская архитектура). Но каждый НЧ имел по два порта для ввода-вывода информации: с абонентами (с возможностью параллельного обмена с любым числом блоков) и с процессором. Для увеличения быстродействия было реализовано программное расслоение оперативной памяти с чередованием адресов обращения процессора к блокам НЧ.

Кроме того, была применена многоходовая буферная память (буферный накопитель–БН) для двухоперационных команд (в каждой команде выполнялось по две операции, каждая из которых в других ЭВМ того времени выполнялась в виде отдельной команды). Эти особенности построения системы памяти обеспечили высокую эффективность ЭВМ: задержек при обращении к памяти большого объёма (бич ЭВМ тех лет) практически не было.

Вычислитель перерабатывает информацию, содержащуюся в буферном накопителе. Вычислитель и накопительная система способны работать параллельно, независимо друг от друга, каждый по своей команде из одного командного слова. Это обеспечивает возможность одновременного выполнения двух операций в одной команде, т.е. вдвое увеличивать производительность ЭВМ.

К340А имеет развитую систему обмена данными с внешними абонентами. Все внешние абоненты по объёму принимаемой и выдаваемой информации разделяются на массовые и одиночные. При обмене информацией все одиночные абоненты рассматриваются как ячейка специального накопителя. В ЭВМ предусмотрена возможность обмена с 8-ю внешними одиночными абонентами (по приёму и по выдаче). Для обмена с массовыми абонентами может быть использован любой накопитель чисел, который специальной управляющей командой выводится из состава накопительной системы ЭВМ и становится внешним буферным запоминающим устройством.

В ЭВМ имеется развитая система прерываний по внешним сигналам с жёсткой (аппаратной) и гибкой (программной) приоритетной системой. Система прерываний рассчитана на 15 запросов прерывания.

Для контроля за работой всех устройств ЭВМ и ручного управления служит пульт управления (рис. 7), на котором имеются необходимые элементы индикации и управления.



Рис. 7. Б.М. Малашевич у пульты одной из 10 действующих "К340А" 25 ноября 2010 г.

Все устройства ЭВМ построены на основе единой базовой конструкционной системы в виде типовых ячеек, блоков и шкафов ЭВМ была разработана ранее РЛС "Дунай-ЗУП". Её конструктивные решения оказались достаточно удачными и были применены при построении электронных устройств Дунай-ЗУ и других электронных устройств РЛС, в которых применялась ЭВМ К340А (рис. 8, 9).



Рис. 8. Ячейки и блоки ЭВМ "К340А"

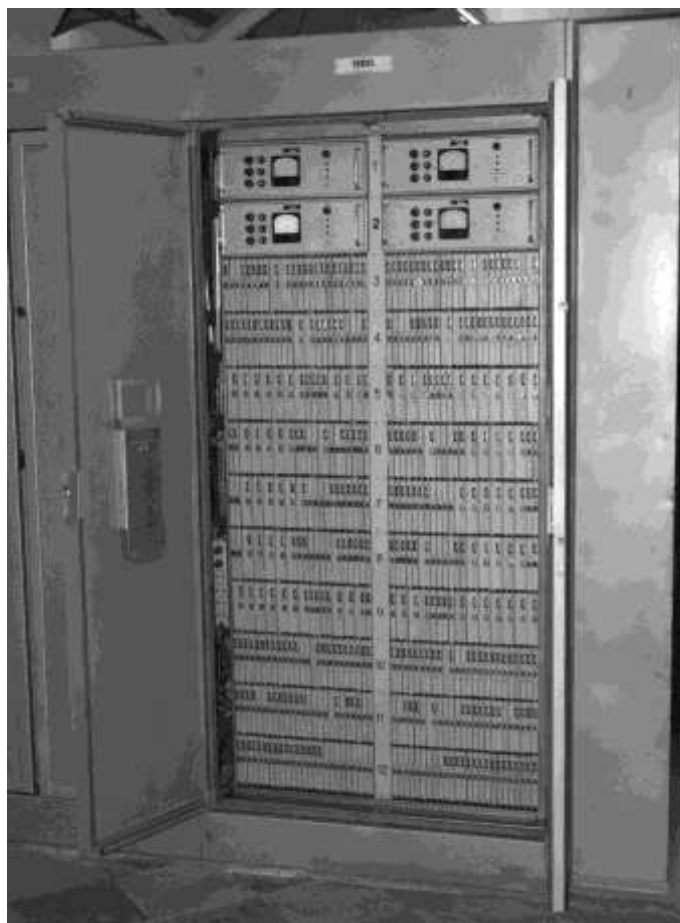


Рис. 9. Шкаф №15 (НЧ15 и НЧ16) ЭВМ "К340А"

Пульт управления и регистратор имеют специализированные конструкции с применением типовых ячеек и блоков.

Общая компоновка ЭВМ представлена на рис. 10.

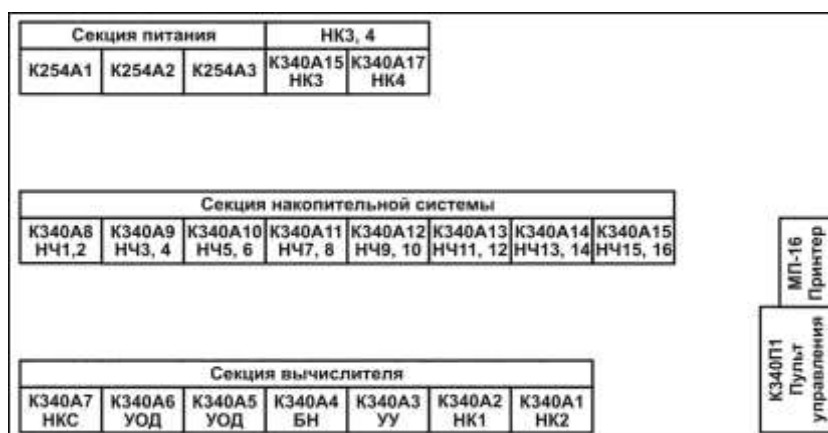


Рис. 10. Общая компоновка ЭВМ "К340А"

Работа ЭВМ

Работа ЭВМ производится по командам, выбираемым из накопителя программ в соответствии с поступающим на него адресом.

Для обеспечения совмещения работы отдельных устройств в одной машинной команде размещаются две команды К1 и К2. Команда К1 располагается в разрядах 1 – 20 слова команды, команда К2 располагается в разрядах 21 – 45. Код выбранной из НК команды (К1, К2) поступает в УУ на регистры РК1 и РК2.

По команде К1, в зависимости от имеющегося в нём признака команды, операции выполняются в арифметическом устройстве или в устройстве управления.

Арифметическое устройство имеет двухсторонний обмен информацией с буферным накопителем.

Команды К2 обеспечивают выполнение операций обмена между буфером и накопителем чисел или констант, а также обмен информацией между ЭВМ и внешним и абонентами. Код команды К2 расшифровывается в УУ, и сигналы управления выдаются в НЧ, НКС или абоненту. Одиночные абоненты подразделяются на внутренние, от устройств ЭВМ, и внешние.

Каждый одиночный абонент жёстко связан цепями выдачи и приёма информации с блоком управления одиночными абонентами в УУ. В режиме «Запись абоненту» регистр одиночных абонентов принимает информацию из БН и переписывает её одному из абонентов, адрес которого указан в команде. В режиме «Чтение» информация от абонента принимается в регистр абонента и затем передаётся в БН.

Для обмена с массовыми абонентами используется НЧ, которые соединены связями с данным абонентом. Перед началом обмена в НЧ заносится признак режима (чтение – запись), начальный адрес и количество слов.

ЭВМ обладала невиданным в те времена быстродействием – 1,25 млн. двойных оп/с. (т.е. 2,5 млн. оп/с в обычном тогда исчислении). Типовое быстродействие ЭВМ в те времена измерялось десятками или сотнями тысяч оп/с. Такую производительность удалось получить благодаря применению СОК и ряда других приёмов. Действительно, максимальная разрядность основания в ЭВМ равна 6 бит, при этом обрабатывались 45-разрядные слова. Следовательно, даже без учёта массы других хитростей, производительность ЭВМ в 7,5 раз превышает производительность двоичной ЭВМ при прочих равных условиях ($45/6=7,5$). Производительность двоичной ЭВМ при прочих равных условиях составляла бы $2\ 500\ 000 / 7,5 = 333\ 333$ оп/с, что соответствовало характеристикам лучших ЭВМ того времени.

Каждая ЭВМ при применении имела свой состав устройств ввода-вывода информации. По этим признакам (общий с системой конструктив и специальный состав периферии) ЭВМ называлась в НИИДАР-е специализированной цифровой ЭВМ (СЦВМ), хотя по архитектуре и структуре она соответствовала универсальным вычислительным машинам.

Опытным заводом при НИИ-37 и Свердловским заводом радиоаппаратуры было выпущено более 50 её комплектов.

Первые ЭВМ "К340А" применялась в полигонной РЛС "Дунай-3УП" в виде 5-машинного вычислительного комплекса, включающего:

- систему ассоциативного распределения информации, центральный вычислитель (ЦВС) на трёх ЭВМ "К340А",
- систему автоматического управления РЛС на двух машинах К340-А.

Пропускная способность вычислительного комплекса – не менее 300 траекторий космических объектов одновременно.

Аналогично было применение К340А в боевой РЛС "Дунай-3У", но уже в составе 10-машинного комплекса, включающего:

- систему ассоциативного распределения информации, центральный вычислитель (ЦВС) на семи ЭВМ "К340А",
- систему автоматического управления РЛС на трёх машинах К340-А.

Пропускная способность вычислительного комплекса – не менее 1000 траекторий космических объектов (32 сложных баллистических целей–СБЦ) одновременно.

ЭВМ «Т340А» и «К340А»

Разработка принципов построения ЭВМ в СОК и способов их реализации – И.Я. Акушский и Д.И. Юдицкий.

Главный конструктор:

- Т340А – Д.И. Юдицкий,
- К340А – Д.И. Юдицкий, с 1964 г. – Л.В. Васильев.
- Разработка, НИИ-37:
- Т340А – 1960–1963 гг.,
- К340А – 1963–1966 гг.

Изготовители: опытный завод при НИИ-37 и Свердловский завод радиоаппаратуры, в 1966–1976 гг. выпущено более 50 комплектов.

Разрядность данных и команд – 45 бит.

Форма представления команд – двоичная.

Трёхдресная, две операции в одной команде.
 Система счисления – СОК.
 СОК – основания и занимаемые ими разряды слова:

Основания									
2	5	23	63	17	19	29	13	31	61
Разряды машинного слова									
1	2 - 4	5 - 9	10 - 15	16 - 20	21 - 25	26 - 30	31 - 34	35 - 39	40 - 45

Форма представления чисел в АУ при выполнении арифметических операций в СОК с фиксированной запятой.

Диапазон представления чисел $\pm 1,6 \times 10^{12}$.

Система команд содержит полный набор арифметических, логических и управляющих операций с развитой системой индикации.

Команды АУ и УУ трёхдресные относительно Буферного накопителя (БН), команды обмена между БН и накопительной системой – двухдресные.

Время выполнения коротких операций [арифметических (в т.ч. умножения), логических, операций сдвига на n разрядов (n=1 ... 45), операций индексной арифметики, операций передачи управления] составляет один стандартный машинный такт, равный 1 мкс.

Максимальное быстродействие – 1,25 млн. двухоперационных оп/с (в общепринятом тогда исчислении – 2,5 млн. оп/с).

Обнаружение ошибки в слове при выполнении операций в арифметическом устройстве.

Многоходовая регистровая буферная память (БН) – 16×45 бит. Время обращения к БН – 1,0 мкс.

Накопитель чисел НЧ (ОЗУ) данных – 16К 45-разрядных слов (720К бит). Время обращения к НЧ – 3,0 мкс.

Накопитель команд НК (ПЗУ) – 16К 45-разрядных слов (720К бит). Время обращения к НК – 1,0 мкс.

Накопитель констант НКС (ПЗУ) – 4К или 8К 45-разрядных слов (180К или 360К бит). Время обращения к НК – 1,0 мкс.

Система обмена информации с внешними абонентами многоканальная:

- 16 массовых независимых 45-разрядных каналов с максимальным темпом обмена по каждому 3,0 мкс. Максимальная пропускная способность системы обмена по массовым каналам – 300 млн. бит/с.

- 16 одиночных 45-разрядных каналов с максимальным темпом обмена по каждому – 3 мкс.

- 64 управляющих сигнала с максимальным временем выработки каждого – 1 мкс.

Система прерываний с жёсткой (аппаратной) и гибкой (программной) приоритетной схемой, рассчитанной на 15 причин, с возможностью программной и аппаратной блокировки. Время выхода на прерывающую программу – от 8 до 20 мкс.

Аппаратный и программный контроль.

Вывод результатов с помощью печатающего устройства МП-16 на 16 мм бумажную ленту. Максимальная скорость печатающего устройства – 20 строк/с.

Среднее время безотказной работы – 50 час. Среднее время восстановления неисправности – 30 мин.

Стоимость ЭВМ: – опытной – 1,2 млн. руб.,

– серийной – 0,6 млн. руб.

Стоимость единицы производительности – 24 коп/оп в сек.

Элементная база – транзисторы, диоды, ферриты и т.п.

Потребляемая мощность – 33 кВт.

Размер шкафа – 900×700×2200 мм.

Количество шкафов – 20, расположенных в 3 ряда (рис. 11).

Учитывая специфику модулярных ЭВМ, Военная Инженерная Радиотехническая академия имени Л.А. Говорова начиная с 1968-69 учебного года включила в учебные программы кафедры вычислительной техники и АСУ изучение ЭВМ "К340А" и особенностей её программирования.



Рис. 11. ЭВМ "К340А" - 20 шкафов в три ряда, инженерный пульт и регистратор – два принтера

Т340А/К340А принадлежит несколько мировых рекордов. Это первая в мире ЭВМ с быстродействием более 1 млн. оп/с. И это была ЭВМ с самой низкой стоимостью единицы производительности – 25 коп за 1 оп/сек. Это самая высокопроизводительная в мире ЭВМ среди машин второго поколения (на дискретных транзисторах). Ни в каких доступных ныне источниках не удалось обнаружить информации об ЭВМ второго поколения с более высокой производительностью. На сайте Виртуального компьютерного музея www.computer-museum.ru в разделе «Забывтые и утраченные отечественные приоритеты и рекорды» 20 мая 2009 г. автором размещена информация:

Первый в мире компьютер-миллионник

Первый в мире компьютер, производительность которого превысила 1 млн. оп/с разработан в 1960–1963 гг. в московском НИИ-37 (позже НИИ ДАР). Это экспериментальный компьютер второго поколения (на дискретных транзисторах) Т340А с производительностью 2,5 млн. оп/с., (гл. конструктор Д.И. Юдицкий), ряд лет проработавший на полигоне ПРО. На его основе был разработан компьютер К340А, выпущенный промышленностью в количестве около 50 комплектов. Высокая производительность компьютеров была достигнута благодаря применению модулярной арифметики.

Т340А и К340А остались мировыми рекордсменами производительными среди компьютеров второго поколения.

Подробнее смотрите: ЭВМ Т340А и К340А

До настоящего времени, в течение более 8 лет, никто не опротестовал это заявление, что является подтверждением его верности.

Не выявлено и ЭВМ, обнаруживающих ошибки при выполнении операций в арифметическом устройстве машины – до сих пор это единственная в мире из серийно выпускавшихся.

В качестве конкурента по производительности на первый взгляд может рассматриваться американская CDC-6600 с её 2,5 ÷ 3,3 млн. оп/с, но это 10-процессорная система, т.е. вычислительное средство совершенно другого класса, сравнивать её с однопроцессорной К340А совершенно недопустимо. Ее можно сравнивать с 10-машинным комплексом РЛС «Дунай-3У», имеющим суммарную производительность 25 млн. оп/с.

Таким образом, мировой рекорд по производительности и надежности ЭВМ 2-го поколения принадлежит нашей стране.

Модулярные супер-ЭВМ 3-го поколения

8 августа 1962 года в подмосковном городе-спутнике, названном через полгода Зеленоградом, Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР был создан Центр микроэлектроники (позже Научный центр – НЦ) Министерства электронной промышленности (МЭП). Его первым директором был назначен Ф.В. Лукин.

Одной из задач НЦ было определено: «Разработка принципов конструирования ... ЭВМ на основе микроэлектроники ...». Для ее решения директор НЦ Федор Викторович Лукин пригласил коллектив Давлета Исламовича Юдицкого, хорошо ему известный по совместной работе в НИИ-37 и имевший опыт создания модулярных ЭВМ Т340 и К340А. Так во вновь организованном НИИ физических проблем (НИИ ФП) появился отдел перспективных ЭВМ, в котором главный инженер Д.И. Юдицкий собрал

высококласных специалистов. Это было зернышко, из которого выросло одно из видных древ компьютеризации страны.

К этому времени в ОКБ "Вымпел" Г.В. Кисунько уже были проработаны основные принципы построения второй очереди системы ПРО "А-35", способной отражать сложные баллистические цели – головные части межконтинентальных баллистических ракет, разделяющиеся на отдельные боеголовки и средства преодоления ПРО. Был также проработан и велась разработка полигонного варианта Многоканального стрельбового комплекса (МКСК) "Аргунь", главным конструктором которого был назначен Н.К. Остапенко.

МКСК должен был обеспечивать полную автоматизацию управления технологическими средствами и целевой обработки данных в цикле от обнаружения целей до их поражения. Для этого требовались очень высокие по тем временам вычислительные ресурсы.

Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 5 ноября 1965 года (о системе ПРО "Аврора" и второй очереди Системы А-35) трем предприятиям: НЦ (МЭП, Ф. Лукин), ИТМ и ВТ (МРП, С. Лебедев) и ИНЭУМ (Министерство приборостроения и средств автоматизации — МПСА, М.Карцев) было дано задание на разработку эскизных проектов мощной ЭВМ со сроком окончания 30 марта 1967г.

К ЭВМ предъявлялись следующие требования: разрядность данных – 45 бит, производительность – 2,5–3 млн. алгоритмических оп/с, реализация сложных функций в одной команде, работа со словами переменной длины, объем памяти – 217 45-разрядных слов (5,625 Мбит) и т.п.

В Зеленограде в этом проекте, названном "Алмаз", участвовали молодые предприятий НЦ: НИИ ФП – разработка архитектуры и процессора ЭВМ, НИИ ТМ – конструкции, системы питания и ввода/вывода информации, НИИ ТТ – интегральные схемы (ИС).

Общими усилиями предприятий НЦ эскизный проект был разработан, изготовлен и испытан экспериментальный образец и точно в срок представлен Министерству обороны (МО). Причем производительность ЭВМ была выше требуемой – 8 млн. алгоритмических оп/с. Оборудование в 11 шкафах занимало 100 кв.м. и стоило 2,6 млн. руб. (рис. 12).



Рис. 12. Инженерный пульт управления ЭВМ Алмаз

Огромную роль в зарождении и развитии в Зеленограде сыграли директор Центра Микроэлектроники Ф.В. Лукин, его заместитель С.М. Бутузов и научные лидеры Д.И. Юдицкий, И.Я. Акушский и В.М. Амербаев (рис. 13).



Рис. 13. Организаторы и научные руководители создания модулярный ЭВМ в Зеленограде

Проект ЭВМ “Алмаз” выиграл конкурс и был принят Генеральным конструктором ПРО в качестве базовой ЭВМ для МКСК. По результатам конкурса в мае 1968 года был заключен договор на разработку ЭВМ 5Э53 для МКСК. Д. Юдицкий назначается ее главным конструктором и заместителем ГК МКСК “Аргунь” по вычислительной технике. Разработчиков ЭВМ “Алмаз” объединили в новом предприятии – Специализированном вычислительном центре (СВЦ) с директором Д. Юдицким и его зам. по научной работе – И. Акушским.

Требования к ЭВМ 5Э53 по сравнению с “Алмазом” заметно повысились. Вторая очередь Системы А-35 нуждалась в общей вычислительной мощности до 0,5 млрд. оп/с – тогда эти цифры выглядели фантастично. Её должны были обеспечивать 12 ЭВМ, каждая – с производительностью 10 млн. алгоритмических оп/с (около 40 млн. обычных оп/с), с ОЗУ 10 Мбит, ППЗУ 2,9 Мбит, ВЗУ 3 Гбит и с аппаратурой передачи данных на сотни километров. Для этого в 5Э53 был реализован целый букет новых, прогрессивных решений, запатентованных изобретений. Главное – это применение модулярной арифметики, обладающей на задачах МКСК рядом бесспорных преимуществ. Среди них – повышенная производительность и простота аппаратной реализации процессора за счет малой разрядности оснований и высокая надежность системы благодаря самокорректирующимся свойствам СОК. Архитектура 5Э53 отличалась от классической в те годы фон-неймановской, и имела много принципиально новых элементов. Так, команды разделялись на арифметические и управленческие. Первые выполнялись на модулярных процессорах, вторые – на традиционных двоичных. Основные процессы — вычисления, обращения к памяти и другие – были аппаратно конвейеризованы: одновременно выполнялось до восьми последовательных операций. Среди других особенностей – блочная реализация арифметики (блок сложения/вычитания, умножения, управления адресами и т.п.), разделение памяти на оперативную данных и полупостоянную (с механической сменой носителя информации) программ, разделение шин команд и данных (гарвардская архитектура). Аппаратное расслоение памяти на восемь поочередно адресуемых блоков позволяло при времени выборки информации из одного блока ОЗУ 700 нс обращаться к памяти с тактовой частотой процессора – 166 нс.

В 5Э53 применялась новейшая тогда в стране элементная база: ИС серий «Тропа», «Посол», «Терек», специально разработанная СВЦ серия быстродействующих ИС «Конус», цилиндрические магнитные плёнки (ЦМП) для ОЗУ и т.п. В то время одним из наиболее “узких мест” ЭВМ были ОЗУ и ПЗУ. Для 5Э53 вместо дорогой и громоздкой памяти на ферритах были разработаны ОЗУ и ППЗУ на интегральных носителях ЦМП и сменных индукционных картах. По габаритам, массе, быстродействию, энергопотреблению, технологичности и стоимости они были гораздо привлекательнее ЗУ на ферритах. В качестве внешнего накопителя большой емкости использовалось ЗУ на оптической ленте. Оно имело много общего с основными в то время ВЗУ на магнитных лентах (конструкция, привод, электроника), но отличалось носителем и методами записи/чтения информации – фото/светодиоды через оптоволокно на фотопленку. В результате емкость ВЗУ при тех же габаритах повышалась на два порядка и достигала 3 Гбит. Надежность 5Э53 обеспечивало не только применение СОК в арифметическом устройстве, но полное мажорирование (2 из 3) всех других систем ЭВМ, монтаж межблочных и межячеечных соединений методом накрутки и др.

В ходе разработки совершенствовались модулярные алгоритмы. Над этим работал В. Амербаев и его команда. Вспоминает М. Корнев: *«Ночью Вильжан Мавлютинович думает, утром результаты приносит В. Радунскому (ведущий разработчик). Схемотехники просматривают аппаратную реализацию нового варианта, задают Амербаеву вопросы, он уходит думать опять и так до тех пор, пока его идеи не поддадутся хорошей аппаратной реализации».*

Это характерный пример взаимодействия подразделений и специалистов СВЦ. Специфичные и общесистемные алгоритмы разрабатывались заказчиком, а машинные – в СВЦ коллективом математиков во главе с И. Большаковым. При разработке 5Э53 в СВЦ широко применялось тогда еще редкое машинное проектирование, как правило, собственной разработки. Весь коллектив предприятия работал с необыкновенным подъемом не щадя себя, по 12 и более часов в день, причем и инженеры, и директор! Такой труд хорошо оплачивался и был морально стимулирован. Для ускорения освоения 5Э53 в серийном производстве загорский электромеханический завод (ЗЭМЗ) командировал в СВЦ группу специалистов для изучения ЭВМ. Разработка 5Э53 была проведена в рекордно короткий срок – за полтора года.

В начале 1971 года она завершилась. 160 типов ячеек, 325 типов субблоков, 12 типов блоков питания, 7 типов шкафов, инженерный пульт управления, масса стенов. Изготовлен и испытан макетный образец ЭВМ 5Э53 (рис. 14).



Рис. 14. Фрагмент экспериментального образца суперЭВМ 5Э53

В результате 5Э53 представляла собой 8-процессорный комплекс (4 модулярных и 4 двоичных процессора), работающий с тактовой частотой 6 МГц; 25 компактных шкафов, занимавших 120 м². Нарботка на отказ составляла 600 часов (у других ЭВМ тогда – менее 100 часов).

27 февраля 1971 года восемь комплектов конструкторской документации (по 97272 листа) были доставлены на ЗЭМЗ. Началась подготовка производства.

Закончить ее, к сожалению, не удалось. В Минрадиопроме с 1971 г. велась упорная борьба со второй очередью системы "А-35" и её полигонным МКСК "Аргунь". Первой пала "5Э53", без которой Аргунь невозможен. В начале 1972 г. заместитель министра Радиопрома издал приказ о прекращении фондирования ЦНПО Вымпел для завершения работ по договору с СВЦ о создании 5Э53 и работ по организации производства 5Э53 на ЗЭМЗ. Все работы остановились, навсегда. Причины – это другая история [2, 7 и 8]

На момент прекращения работ, по оценке заместителя ГК 5Э53 по внедрению ЭВМ в производство Н.Н.Антипова, подготовка серийного производства 5Э53 в ЗЭМЗ была выполнена более чем на 70%. Было подготовлено соответствующее оборудование, изготовлены стенды и оснастка, расписаны технологии, обучены специалисты и т.д. Все это пропало. Д. Юдицкий и И. Акушский искали других изготовителей 5Э53. Нашлись заводы, готовые взяться за ее производство, но они были в МРП, и им не позволили. Неостребованной 5Э53 оказалась и в МЭПе – задач для неё ещё не было. Время мощных САПР ИС с их топологическими задачами, где СОК эффективна, ещё не наступило. Восемь комплектов документации на 5Э53, возвращённых из ЗЭМЗ, бесследно сгорели в зеленоградском лесу.

Таким образом, в результате интриг перспективный проект суперЭВМ 5Э53 был погублен. Тем самым было пресечено новое, перспективное направление развития отечественной вычислительной техники, превосходящее все имевшееся и в стране, и за рубежом, – модулярная арифметика. В целом работы СВЦ по СОК примерно на 10 лет опережали зарубежный уровень. О том, что первая серийная модулярная ЭВМ К-340А прекрасно работает (РЛС ДО «Дунай-3У»), поражая своей надёжностью, знали только ее создатели и потребители – это был секретный объект. Слух же, что Д. Юдицкий и И. Акушский не смогли сделать ЭВМ в СОК, получил широкую огласку и стал серьёзным барьером на пути внедрения СОК в ВТ. Задел, созданный в ходе работ по 5Э53, полностью не пропал. Блоки ОЗУ и ППЗУ на интегральных носителях широко применялись в последующих разработках. Пригодились и разработанные в рамках проекта 5Э53 технические и программные средства для создания многомашиных комплексов с развитой периферией. Они понадобились, когда в недрах СВЦ созрела мысль об объединении всех ЭВМ Научного центра Единой вычислительной сетью (ЕВС). Руководство НЦ предложение поддержало. Одну из ЭВМ (М-220), существенно доработав, превратили в ЭВМ-диспетчер сети. Дополнили ее систему команд, ввели таймеры, систему прерываний, подключили мультиплексный канал аппаратуры передачи информации (АПИ) от 5Э53, ВЗУ на магнитном барабане МБ-11, специально разработанные устройства телевизионного отображения. Все это вылилось в почти удвоение объема аппаратуры М-220. Часть докупили, но больше пришлось делать самим, используя

разработки и конструкцию 5Э53. Работы по созданию ЕВС начались в сентябре 1971 года, а в июне 1972 г. первая ее очередь уже эксплуатировалась. С появлением дисплеев (в первую очередь – венгерских “Видеотон-340”) сеть терминалов через АПИ значительно расширили. Абонентами сети стали программисты, разработчики аппаратуры, абоненты АСУ НПО Научный центр, что потребовало расширения ЕВС практически на всю европейскую часть СССР. В результате НЦ стал одним из первых мощных объединений в стране (возможно, самым первым), реально внедрившим автоматический мониторинг своих предприятий. ЕВС проработала много лет и постепенно, по мере морального и физического старения аппаратуры, была переведена на ЕС ЭВМ.

Модулярные супер-ЭВМ 4-го поколения

В 1971 году в СВЦ началась поисковая работа над эскизным проектом мощной вычислительной системы – ЭВМ четвертого поколения ЭВМ-IV. Это была модулярная реконфигурируемая система с аппаратно-микропрограммной реализацией языка программирования высокого уровня типа PL-1 и IPL, считавшихся тогда наиболее перспективными. ЭВМ включала в себя подсистемы центральной обработки (до 16 центральных процессоров – ЦП), ввода-вывода (до 16 процессоров ввода-вывода), ОЗУ (до 32 секций ОЗУ 32Кх64 бита) и мощную модулярную систему динамической коммутации перечисленных модулей по сложному графу (любой ЦП мог быть соединен с любым ПВВ и любой секцией ОЗУ). Общая производительность ЭВМ оценивалась в 200 млн. оп/с.

В ЦП планировалась табличная реализация СОК: результат не вычисляется, а считывается из ПЗУ. В СОК это не сложно, а любая функция одной/двух переменных может выполняться за один машинный такт. В результате проявляется парадоксальное свойство СОК – эффективная производительность модулярной ЭВМ может быть многократно выше ее физического быстродействия или производительности позиционной ЭВМ с таким же быстродействием.

Основой системы конструкционной системы ЭВМ-IV была 256-битная диодная матрица ДМР-256. Кристаллы ДМР-256 и других ИС монтировались на ситалловую плату, семь плат собирались в этажерку с межплатным монтажом по четырем граням этажерки – многофункциональный блок (МФБ). Эти блоки устанавливались на кросс-плату, несколько кросс-плат с МФБ монтировались в металлический герметичный корпус, заполняемый фреоном, – «чемодан» в обиходной терминологии СВЦ. Тепло из блока отводилось по тепловым трубкам. Эскизный проект ЭВМ-IV был закончен в начале 1973 года. Эта ЭВМ задумывалась как прототип для последующих разработок СВЦ.

В конце 1971 года ОКБ «Кулон» авиаконструктора П.О. Сухого обратилось в СВЦ с заказом на разработку комплекса САПР самолетов, в его основе планировалась ЭВМ-IV. Система предполагала мощнейшую ЭВМ с необыкновенно развитой периферией: около 700 автоматизированных рабочих мест, каждое должно было работать в интерактивном режиме и комплектовалось графическим дисплеем, АЦПУ, графопостроителем и средствами связи с ЭВМ. Эскизный проект САПР заказчик с удовлетворением принял. Но расчетная стоимость системы оказалась настолько высокой, что Миновиапром отказался от ее создания.

В начале 1972 года СВЦ получил заказ ГРУ МО на разработку эскизного проекта суперЭВМ для обработки векторных и структурированных данных, получившей условное наименование “41-50”. В то время за рубежом уже были известны ЭВМ такого типа, например фирмы Burroughs (США). Это многопроцессорные машины, обрабатывающие одиночным потоком команд множественный поток данных (SIMD-архитектура). Основная задача заключалась в распараллеливании данных между процессорами, которую обычно решали программно на основе традиционных скалярных процессоров. В СВЦ строили изначально векторную ЭВМ, работающую над массивами и ориентированную на алгоритмы заказчика. Задача динамического распараллеливания решалась на аппаратно-микропрограммном уровне, что резко повышало эффективность системы в целом. Эскизный проект “41-50” СВЦ выполнял совместно с Институтом кибернетики (ИК) АН Украины, директор института академик В.М.Глушков был научным руководителем проекта, а Д. Юдицкий – главным конструктором.

Первоначально планировалось строить ЭВМ на основе задела, полученного в рамках проекта ЭВМ-IV. Однако анализ специфичных алгоритмов заказчика (процент логических операций в них был значительно выше обычного) показал, что на данных задачах СОК не дает заметного преимущества в быстродействии. Оправдать применение СОК могла удачная конструктивно-технологическая реализация табличной арифметики, обещавшая существенное сокращение объема аппаратуры. Но на проверку задел оказался весьма сырым, не пригодным к практической реализации.

От СОК в ЭВМ “41-50” пришлось отказаться. Началась проработка проекта на основе традиционной двоичной арифметики. Но это уже другая история.

Три неудачных попытки - 5Э53, САПР самолётов, а затем и 41-50, показал, что разместить производство мощных ЭВМ, не профильных Минэлектронпрому, в других министерствах практически не удаётся – конкуренции в СССР официально не было, но межведомственные барьеры были несокрушимы. Поэтому Д.И. Юдицкий принял решение о смене курса на мини-ЭВМ и системы и

микропроцессоры. Но это малоразрядные ЭВМ (8 или 16 бит), а на малоразрядных операндах СОК не эффективен. Поэтому работы по модулярной арифметике в СВЦ были прекращены.

Юбилей модулярной арифметики

В 2005 г. исполнилось 50 лет первой публикации А.Свободы и М.Валаха о системе остаточных классов, т.е. о модулярной арифметике. Зеленоградцы академик В.М. Амербаев и Б.М. Малашевич решили отметить этот юбилей специальной конференцией и заодно выяснить современное состояние модулярной арифметики. К организации конференции удалось привлечь ряд фирм и специалистов России, Белоруссии, Казахстана, Украины и США. В результате в ноябре 2005 г. в Зеленограде была проведена Юбилейная Международная научно-техническая конференция "50 лет модулярной арифметике".

В конференции приняли участие 49 участников, представивших 32 фирмы указанных стран, выступивших с 44 докладами. Был выпущен сборник трудов конференции общим объемом 774 страницы [3]. Сборник размещен на сайте Виртуального компьютерного музея www.computer-museum.ru, одного из учредителей и организаторов конференции.

В сборнике трудов приведена также обширная библиография по модулярной арифметике, включающая 1354 публикации, в т.ч. 981 (72,1%) на русском языке, и 378 (27,9%) на английском. Библиография включает 34 монографии, 566 статей, 337 докладов на конференциях, 426 патентов (в т.ч. 323 Авторские свидетельства СССР, 75,8%) и 5 пособий.

На рис. 15 [9]приведена гистограмма распределения публикаций, из которой следует, что пики активности публикаций приходятся на 1980-е и 2000-е годы, что свидетельствует о росте интереса к модулярной арифметике.



Рис. 15. Публикации по модулярной арифметике

В материалах конференции на основе анкетирования участников конференции сделан анализ различных аспектов развития и применения модулярной арифметики. Анализ содержит много интересной информации, с которой можно ознакомиться в материалах конференции на вышеуказанном сайте. Мы остановимся только на одном моменте – на оценке участниками конференции областей эффективности модулярной арифметики (рис. 20). По их оценке наиболее эффективна модулярная арифметика на задачах обработки сигналов, изображений, в криптозащите и целочисленной арифметике, при обработке многоразрядных (сотни и тысячи бит) данных. В этом спектре задач и применялись первые модулярные ЭВМ К340А и 5Э53.

Материалы конференции выявили многочисленные примеры реального применения модулярной арифметики, которые были объединены в 4 группы:

1. Технологии построения программных и аппаратных модулярных средств обработки информации.
2. Аппаратная реализация модулярных средств обработки информации.
3. Программные модулярные средства обработки информации (эмуляторы).

4. Учебные пособия для высшей школы.

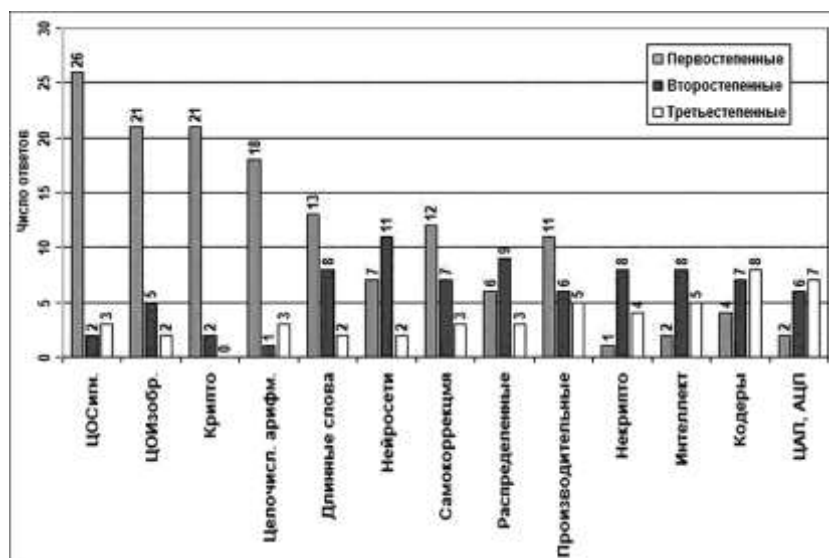


Рис. 20. Области эффективности модулярной арифметики

Серьезного исследования зарубежных научных исследований и практических разработок в рамках конференции провести не удалось – участники конференции оказались недостаточно информированы о зарубежных работах. Хотя некоторые результаты получены были.

Серьезные исследования в модулярной математике ведутся и сегодня [10].

Литература

1. Валах М., Свобода А. "Origin of the code and number system of remainder classes", в сборнике "Stroje Na Zpracovani Informaci", vol. 3, Nakl. CSAV. 1955. Прага
2. Малашевич Б.М. «50 лет отечественной микроэлектронике. Краткие основы и история развития» //Очерки истории российской электроники, вып. 5. Техносфера, М, 2013, 800 с.
3. Малашевич Б.М., автор-составитель. Труды Юбилейной научно-технической конференции "50 лет модулярной арифметики" – Россия, Москва, Зеленоград, 23-25 ноября 2005, издательство МИЭТ, тираж 150 экз., 774 с.
4. Малашевич Б.М. «Система остаточных классов и модулярные супер-ЭВМ». – В сб. «История отечественной электронной вычислительной техники», М. 2014, ИД «Столичная Энциклопедия», с. 179 - 201.
5. Вычислительная техника стран СЭВ. Часть вторая: Чехословакия. <https://itnan.ru/post.php?c=2&p=278886>
6. Родионов Н.И. 40 лет на контроле космоса//ОАО НПК НИИДАР.М. 2008. 686 с.
7. Остапенко Н.К., Малашевич Б.М. "Немного о ПРО и о ПРОшниках. Как оно было на самом деле. (Исповедь главного конструктора)" – М, Петит-А, 2005, 20 с.
8. Остапенко Н.К. "Ещё больше о ПРО. Были из моей маленькой жизни". М. 2007.
9. Малашевич Б.М., Малашевич Д.Б. Модулярная арифметика – взгляд изнутри. В сб. 50 лет модулярной арифметики. Юбилейная Международная научно-техническая конференция.// Петит-А. М. 2005. с. 47-100.
10. Амербаев В.М. Модулярная арифметика сегодня. В сб. Малашевич Б.М., автор-составитель. Труды Юбилейной научно-технической конференции "50 лет модулярной арифметики" – Россия, Москва, Зеленоград, 23-25 ноября 2005, издательство МИЭТ, тираж 150 экз., с. 441-448.

55 лет инновационному Центру микроэлектроники

Малашевич Борис Михайлович
mbm@angstrom.ru

Предпосылки. К концу 1950-х годов технология сборки радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) из дискретных элементов исчерпала свои возможности. Мир пришёл к острейшему кризису РЭА, требовались радикальные меры.

К этому времени в США и СССР уже созрели предпосылки для создания полупроводниковых и гибридных интегральных схем (ИС и ГИС) – были промышленно освоены интегральные технологии производства как полупроводниковых приборов (множество транзисторов или диодов на одной кремниевой или германиевой пластине, затем разделяемые), так и толстоплёночных и тонкоплёночных керамических печатных плат. Мир был обречён на изобретение идеи многоэлементных изделий – ИС. Идей было немало, но развитие, каждый по-своему, получили только три проекта: Джека Килби из Texas Instruments (TI), Роберта Нойса из Fairchild (оба из США) и Юрия Валентиновича Осокина из КБ Рижского завода полупроводниковых приборов (КБ РЗПП, СССР).

Первые полупроводниковые интегральные схемы. Американцы создали экспериментальные образцы интегральных схем:

Дж. Килби – макет ИС генератора (1958 г.), а затем триггер на меза-транзисторах (1961 г.) на основе бесперспективной "волосатой" технологии,

Р. Нойс – триггер по специально созданной планарной технологии (1961 г.).

Ю. Осокин создал универсальный логический элемент "2ИЛИ-НЕ" на основе промышленной технологии транзисторов, который сразу же пошёл в серийное производство.

На рис. 1 изображены этапы создания и особенности конструкции ИС Дж. Килби, Р. Нойса и Ю. Осокина [1].

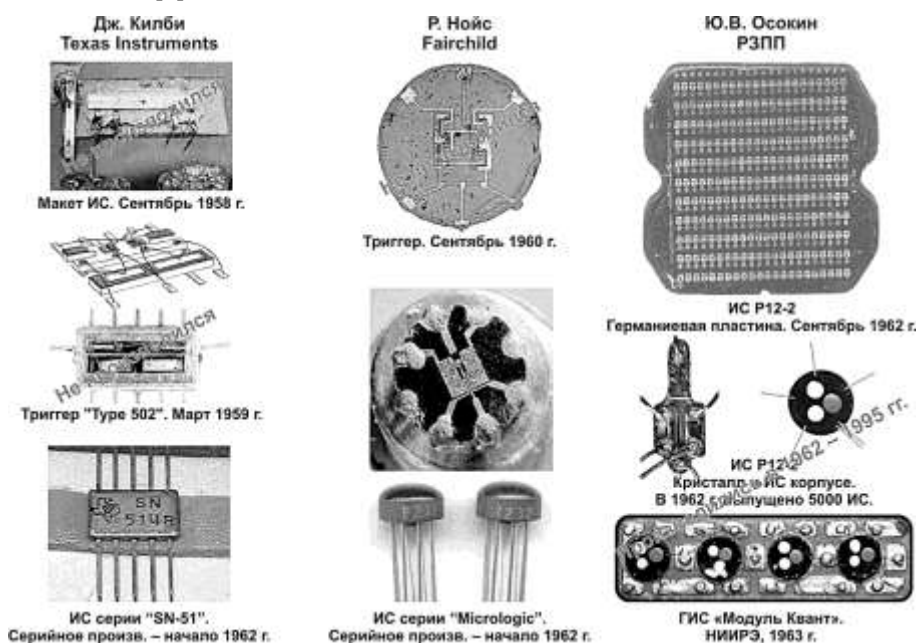


Рис. 1. Первые в мире интегральные схемы

В 1961 г. фирмы TI и Fairchild анонсировали создание серий ИС типа "SN-51" и "Micrologic", а с 1962 г. начали их серийное производство и поставки в интересах Минобороны США и НАСА. Осенью 1962 г. РЗПП начал поставки ИС P12-2 в ленинградский НИИРЭ для авиационной бортовой электроники и рижскому заводу "ВЭФ" для телефонных станций (рис. 2 и 3). И продолжал выпуск до середины 1990-х годов, до развала СССР.

На основе ИС P12-2 в 1963 г. в ленинградском НИИРЭ разработана первая в мире ГИС с двухуровневой интеграцией (модули "Квант", с 1969 г. ГИС серии 1ЛБ161 – 1ЛБ168) и построен первый в мире авиационный бортовой компьютер 3-го поколения "Тном", много лет летавший на самолётах ИЛ-76 и др.

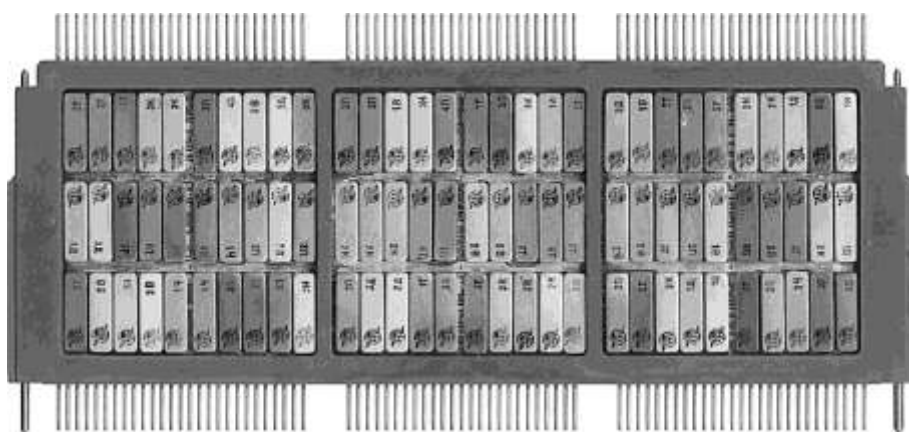


Рис. 2. Арифметическое устройство бортового компьютера "Гном" на ИС P12-2

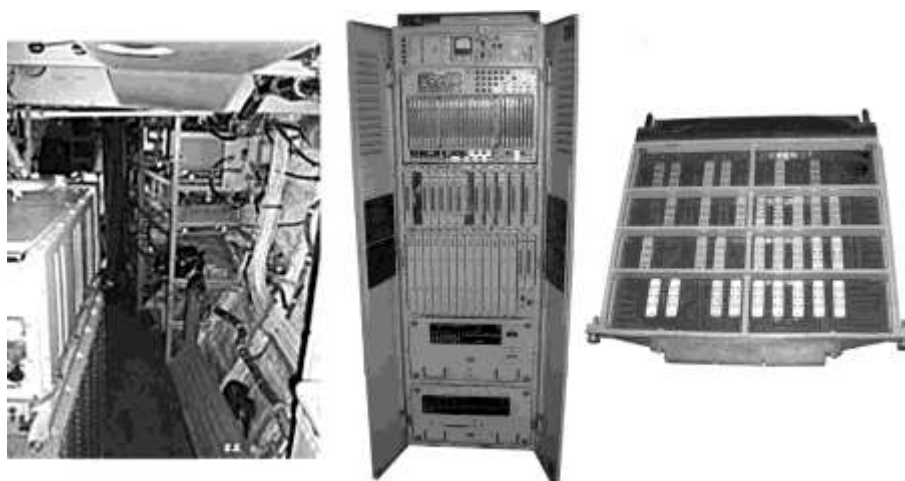


Рис. 3. Гном-А (светлый блок слева в центре) на ИЛ-76 и Телефонная централь П-439 с платой (в разных масштабах)

Приоритеты

Приоритет авторов ИС закреплён патентами США Дж.Килби (№3138743), Р.Нойса (№2981877) и Авторским свидетельством СССР Ю.Осокина и Д.Михаловича (№ 36845).

В 2000 г. Дж.Килби за изобретение ИС стал одним из лауреатов Нобелевской премии, поделив её с Ж.И. Алфёровым. Из этой троицы наиболее достойным Нобелевской премии, безусловно, был Р. Нойс – автор основной технологии, по которой микроэлектроника развивается и поныне. И менее всего на неё имел право Дж. Килби, предложивший серийно непригодную микросхему.

Но Р.Нойс не дождался мирового признания - по положению Нобелевская премия не присваивается посмертно. А работы Ю.Осокина не были известны Нобелевскому комитету, да и в нашей стране были забыты и должным образом не оценены.

Энтузиасты. Американцы сразу начали разворачивать массовое производство, образуя для этого все новые и новые фирмы (ныне всемирно известные), создавая принципиально новые материалы, оборудование. Видя очевидную перспективу, денег они не жалели и не прогадали. А у нас, в плановой экономике и с особой ролью личности в ней, организовать принципиально новые предприятия и освоить принципиально новую продукцию было не так-то просто, нужна была высочайшая поддержка. Задача почти безнадежная. Однако всякое дело имеет успех, если за него берутся истинные энтузиасты. В микроэлектронике они у нас нашлись.

Образовалось две группы таких энтузиастов – в Госкомитете электронной технике (ГКЭТ, с 1965 г. – Минэлектронпром, МЭП) под руководством министра А.И. Шокина и в Конструкторском бюро №1 (КБ-1, позже НПО “Алмаз”) под руководством главного инженера Ф.В. Лукина.

Результаты предварительных исследований в КБ-1 были обобщены в 1960 г. в 132-страничной монографии А.Колосова “Вопросы микроэлектроники” [2] (рис. 4), которая стала учебником для многих специалистов. В том же году Лукин создаёт в КБ-1 специальную лабораторию микроэлектроники, привлекая к работе с ней НИИ и ВУЗы в качестве контрагентов: Идеи микроэлектроники начинают распространяться по стране. Так Ф.В. Лукин, сам того не подозревая, начал готовить научный задел и кадры для зеленоградского Центра микроэлектроники (ЦМ), который через три года ему предстояло создавать.

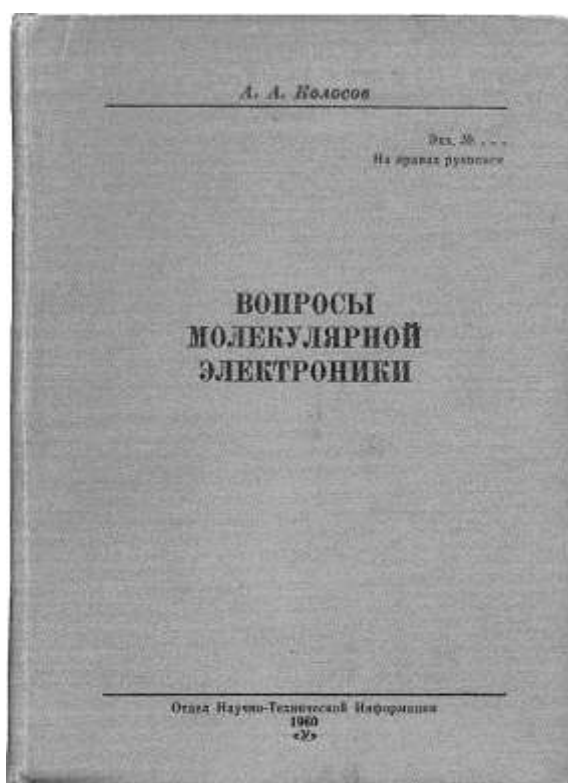


Рис. 4. Монография А.А. Колосова

В это же время Шокин с группой специалистов из НИИ-35 и аппарата ГКЭТ уже пришёл к выводу о том, что необходимо создавать принципиально новую подотрасль – микроэлектронику. Именно подотрасль, то есть систему НИИ, КБ, опытных и серийных заводов, распределённых по всей стране и решающих все специальные проблемы по созданию и тиражированию изделий микроэлектроники. И к необходимости создания инновационного Центра микроэлектроники.

До сих пор живы легенды об огромной роли на этом этапе таинственных Ф.Г. Староса и И.В. Берга, представляющие их светилами американской электроники, эмигрировавшими в СССР. Их называли "отцами советской микроэлектроники". Всё прояснилось с выходом в 2005 г. в США книги С. Юсина [3]. Выяснилось, что они американцы А. Сарант и Дж. Барр, коммунисты, участники группы Ю. Розенберга, работавшей на советскую разведку, по раскрытии группы в 1950 г. бежавшие в СССР. В США они бакалавры в электротехнике, в профессии выполняли "*низкоуровневую техническую работу*" [3], и ту бросили: Сарант в 1946 г. и Барр в 1947 г., т.е. до изобретения транзистора. О транзисторах и ИС они узнали уже в СССР.

К 1962 г. Ф.Г. Старос возглавлял в Ленинграде СКБ-2, уже имевшее опыт разработки ЭВМ и в тонкоплёночной гибридной технологии. Поэтому А. Шокин подключил Староса к работе по созданию микроэлектроники. Но, как утверждает С. Юсин, Старос мечтал в результате этой работы создать и возглавить гигантскую фирму, "*смоделированную с America's Bell Laboratories, но в сто раз большую, превосходящую все существующее или создаваемое на Западе*" [3]. Но Шокин решал другую задачу – создание научно-производственной индустрии по обеспечению электроники страны передовой элементной базой. И это противоречие ещё не сказывалось на деле.

Постановление. Масштабные работы выполнялись тогда на основании постановлений ЦК КПСС и Совмина СССР, а для этого требовалось согласие первого секретаря ЦК КПСС и председателя Совмина Н.С.Хрущёва. Проект постановления был результатом напряжённой работы команды единомышленников из аппарата ГКЭТ, ВПК, ЦК КПСС, специалистов НИИ-35, СКБ-2 и других предприятий ГКЭТ. Главной базой для подготовки постановления и всех сопутствующих документов, плакатов и экспонатов стал НИИ-35. А завершающий акт этой компании состоялся 4 мая 1962 г. в Ленинграде в СКБ-2 Староса, где Хрущёву были показаны экспериментальные образцы микроприёмника, "настольной" ЭВМ "УМ-1НХ" и бортовой ЭВМ "УМ-2", выполненные на основе технологий микроминиатюризации. Их размеры радикально отличались от известных тогда Хрущёву ламповых приборов, что произвело на него большое впечатление.

Там же Хрущёву был доложен и в целом одобрен проект постановления о создании ЦМ. 8 августа 1962 года Постановление ЦК КПСС и СМ СССР было подписано. В этом, 2017 г. исполняется 55 лет отечественной микроэлектронике.

Как обычно в подобных случаях, это было концептуальное постановление, первое в череде за ним последовавших.

Были определены самые общие положения концепции построения ЦМ, в том числе:

- Комплексный характер ЦМ с организацией пяти НИИ и трёх опытных заводов для разработки и производства ИС и всего того, что для этого нужно;
- ЦМ придан статус головной организации по микроэлектронике в стране;
- Локальное размещение ЦМ в Спутнике (с 1963 г. – Зеленоград), где ЦМ становился градообразующей системой.

Создание ЦМ было не обособленной акцией, а частью масштабной программы построения новой подотрасли — микроэлектроники. В Москве, Ленинграде, Киеве, Минске, Воронеже, Риге, Вильнюсе, Новосибирске, Баку и других местах начиналось создание НИИ с опытными заводами для разработки и серийных заводов с КБ для массового производства ИС, специальных материалов и специализированного технологического и контрольно-измерительного оборудования. ЦМ был вершиной огромного айсберга.

Научный центр. Сразу после выхода постановления команда А. Шокина приступила к созданию ЦМ (позже – Научный центр, НЦ). В условиях закрытой в Москве прописки постановление давало ЦМ право принимать на работу специалистов из любой точки СССР. Строительный задел в Спутнике позволял сразу выделять жилье принимаемым сотрудникам, что делало работу в ЦМ привлекательной и позволяло отбирать наиболее профессиональные кадры.

Началось образование НИИ с опытными заводами: 1962 г. – НИИ Микроприборов (НИИМП) с заводом “Компонент” и НИИ Точного машиностроения (НИИТМ) с “Элионом”; 1963 г. – НИИ Точной технологии (НИИТТ) с “Ангстремом” и НИИ Материаловедения (НИИМВ) с “Элмой”; 1964 г. – НИИ Молекулярной электроники (НИИМЭ) с “Микроном” и НИИ Физических проблем (НИИФП); 1965 г. – Московский институт электронной техники (МИЭТ) с опытным заводом “Протон” (1972 г.); 1968 г. – Центральное бюро по применению интегральных микросхем (ЦБПИС); 1969 г. – Специализированный вычислительный центр (СВЦ) с заводом “Логика” (1975 г.).

К началу 1971 г. в НЦ работало 12,8 тыс. человек. В 1976 г. на его базе было создано НПО “Научный центр” – 39 предприятий в разных городах страны, их персонал в общей сложности насчитывал около 80 тыс. человек.

29 января 1963 г. д.т.н., профессор, крупный учёный и разработчик сложных систем, трижды лауреат государственных премий, талантливый организатор Ф.В. Лукин был назначен заместителем Председателя ГКЭТ, а 8 февраля – директором ЦМ. Его заместителем по науке был назначен Ф. Старос, остававшийся директором ленинградского СКБ-2. Но Ф. Старос надеялся стать директором. Когда же был назначен Ф. Лукин: *“Старос был ошеломлен, узнав, что он должен согласиться на положение номер два, заместителя директора”* [3]. Далее Старос понял, что ЦМ создаётся не таким, как он хотел, что “суперBell”, о которой он мечтал, не состоится. Он потерял интерес к ЦМ и самоустранился от дел в нём. В результате в начале 1965 г. Ф. Старос был освобождён от должности зам. директора ЦМ.

Первые результаты. ЦМ сразу приступил к созданию принципиально новой продукции. Уже в мае 1963 г., на основе полученных от СКБ-2 образцов, в НИИТМ была разработана установка вакуумного напыления. Во второй половине 1963 г. в НИИМП на основе разработанной тонкопленочной технологии был создан миниатюрный радиоприемник “Микро” (рис. 5) – первое изделие потребительской микроэлектроники, первая продукция завода “Ангстрем”, с 1964 г. продавался в СССР и во Франции.

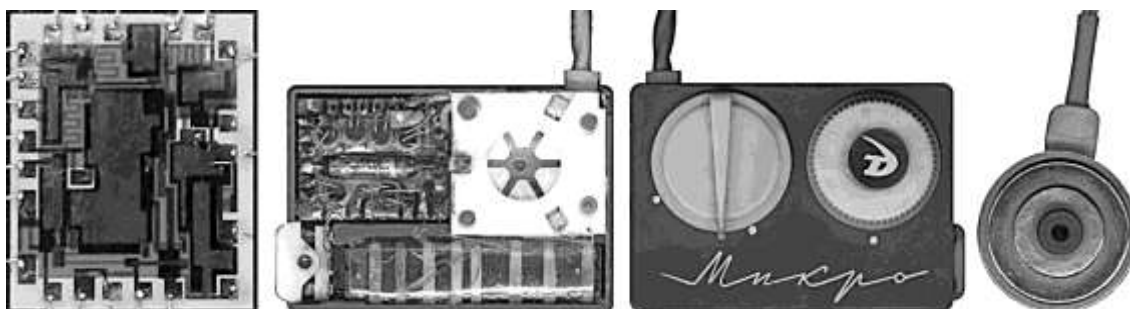


Рис. 5. Первое в СССР изделие микроэлектроники

Вскоре появились первые зеленоградские микросхемы (рис. 6).

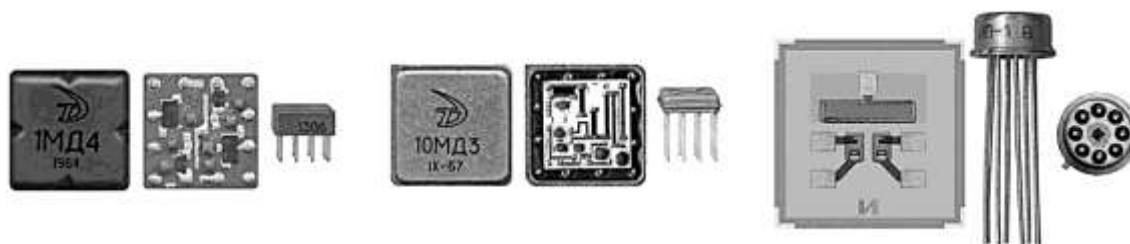


Рис. 6. Первые зеленоградские микросхемы: толстопленочные ГИС “Тропа”, тонкопленочные ГИС “Посол” и полупроводниковые ИС “Иртыш”

В 1964 году Ангстрем выпустил разработанный НИИТТ толстопленочные ГИС “Тропа” (А. Катман). Директор НИИТТ В. Сергеев вспоминает: *“Никаких технических материалов и литературы по этому направлению не было...”* [4]. Всё придумывали сами. Не зря в мире широко распространилось понятие “know how” (знаю, как), а не “know what” (знаю, что). Главная проблема в микроэлектронике именно в “как”, и её нам пришлось решать самим.

В 1965 г. “Микрон” начал выпуск разработанной в НИИМЭ полупроводниковой ИС “Иртыш” (Е. Дробышев и А. Голубев).

В 1966 г. “Элма” уже выпускает 15 видов разработанных в НИИМВ специальных материалов, а “Элион” – 20 типов созданного в НИИТМ технологического и контрольно-измерительного оборудования.

В 1969 г. “Ангстрем” и “Микрон” производят уже более 200 типов ИС, а к 1975 г. в НЦ были разработаны 1020 типов ИС. Все это передавалось на серийные заводы Минэлектронпрома. И это было только начало...

В 1970 г. правительственная комиссия провела комплексную проверку работы НЦ, включающего на тот момент 9 научно-исследовательских организаций, 5 опытных заводов, ВУЗ и др. По состоянию на 1 июня 1970 г. в институтах и КБ Центра работало 12 924 человека, в т.ч. 9 докторов наук и 214 кандидатов. На заводах работало 16 154 человека. Было построено 240 тыс. м² промышленных площадей.

В 1970 г. правительственная комиссия проверила работу НЦ и оценила её положительно. Была отмечена его огромная роль в развитии отечественной микроэлектроники. Были отмечены и недостатки. За достигнутые успехи в деле создания отечественной микроэлектроники НЦ был награждён орденом Ленина, а его директор Ф.В.Лукин – Орденом Октябрьской революции. Это была его последняя награда. 18 июля 1971 г. Фёдор Викторович Лукин скончался. Его преемником вторично стал Анатолий Васильевич Пивоваров, главный инженер КБ-1 - 1960 г. он сменил Ф.Лукина на этой должности в КБ-1.

Расцвет. Следует учитывать особые условия создания и развития советской микроэлектроники. Образованный НАТО международный комитет КОКОМ блокировал поставки в СССР всего нового, всего стратегически значащего: электроники, оборудования, технологий, материалов и т.п. В нашей микроэлектронике все приходилось делать самим. Конечно, спецслужбам удавалось добывать кое-что из запрещённого. Но далеко не всё и в мизерных количествах. Разрабатывать же все это и тиражировать в нужных объёмах приходилось самим. Изоляция (точнее саботаж) была и внутри страны. Профильные ведомства (Минрадиопром, Минприбор, Минмаш, Минстанкопром, Минхимпром и прочие), требуя от Минэлектронпрома продукцию микроэлектроники, сами всячески уклонялись от своего вклада — от поставок профильных им, но соответствующих требованиям микроэлектроники приборов, оборудования и материалов. МЭПу все самое сложное, точное и чистое приходилось делать самому.

В таких условиях создание инновационного центра микроэлектроники позволяло максимально сконцентрировать имеющиеся ресурсы, было единственно возможным способом для успешного развития микроэлектроники в СССР. И это дало результаты.

Благодаря такой концентрации ресурсов результаты Минэлектронпрома, и в первую очередь его НЦ, многие годы неплохо смотрелись на уровне мировой микроэлектроники. Уже первое изделие — радиоприемник “Микро” – не имело равных в мире. Первые гибридные ИС серий Тропа, Трапедия, Терек, Посол, Тактика соответствовали мировому уровню. В 1972 г. в НИИТТ были разработаны не имеющие аналогов многослойные ИС “Талисман”...

В полупроводниковых ИС мы сначала немного отставали, но вскоре догнали мировых лидеров. Так ДОЗУ 64 Кбит Ангстрем и Intel выпустили на рынок практически одновременно, в 1979 году. Аналогичная ситуация была и в НИИМЭ с заводом “Микрон”. В начале 1970-х годов специалисты ф. Motorola, исследовав ИС серии 500, констатировали: *«Ваши схемы действительно имеют более высокое быстродействие по сравнению с MS10000, у Вас хорошая технология»* [5].

Кульминацией этого соревнования стал 1979 год, когда в НИИТТ была разработана однокристалльная 16-разрядная ЭВМ K1801BE1 (рис. 7). По совокупности параметров она превосходила зарубежные образцы.

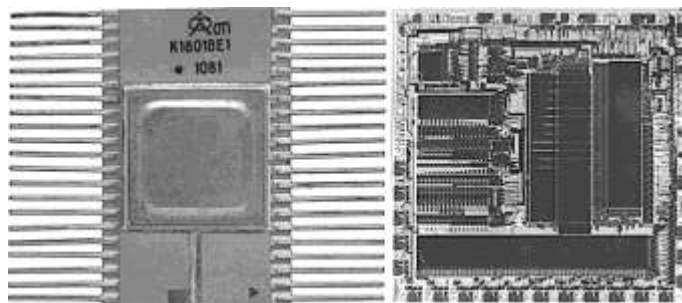


Рис. 7. Однокристалльная ЭВМ K1801BE1

Тогда же на её основе был сделан первый в стране экспериментальный персональный компьютер

"Электроника НЦ-80-10" (рис. 8). Позже он трансформировался в самый массовый в СССР домашний компьютер "Электроника БК-0010".



Рис. 8. Персональные ЭВМ НЦ-80-10 и БК-0010 с телевизором и магнитофоном в качестве периферии

В целом в период с 1964 по 1980 гг. отставание разработок в НЦ по различным типам ИС по сравнению с зарубежным уровнем колебалось в пределах от нуля до трёх лет. Иногда вырывались вперёд. Но примерно такая же динамика была и у ведущих зарубежных фирм — они то немного отставали от конкурентов, то опережали их. Таким образом, можно утверждать, что разработки зеленоградского НЦ в те годы в целом соответствовали мировому уровню. Его выходы на международные выставки вызывали, как правило, удивление зарубежных специалистов и ужесточение ограничений КОКОМ.

В 2009 г. лауреат Нобелевской премии, академик Ж.И. Алфёров дал следующую оценку уровню нашей электроники: *"В 1970–1980-е годы существовало только три страны с развитой электроникой: США, Япония и СССР. По многим направлениям советская электроника занимала передовые позиции"* [6].

Не руби сук, на котором сидишь. В 2–3 раза раскрутив маховик создания микроэлектроники, Минэлектронпром сразу же оказался в кризисной ситуации. На него обрушился огромный шквал заявок на создание и поставку широчайшей номенклатуры ИС. Но аппаратуростроители – потребители ИС, заказывали не ИС с такой-то функцией или схемой и такими-то параметрами, а называли зарубежный аналог и требовали в точности его воспроизвести. И заказывали каждый по своему вкусу. Например, в 1971 г., при возможностях Минэлектронпрома выполнить не более 150 разработок ИС, от потребителей поступило заказов на воспроизводство более 3000 ИС разных зарубежных фирм, часто функционально и параметрически однотипных, но конструктивно и технологически различных. Это был прямой путь в никуда.

МЭП решил проблему на основе унификации и организации. Были сформированы функционально-параметрические ряды ИС разных классов, объединённые в "Перечень развиваемых серий ИС". Далее заявки на разработки новых ИС принимались только в развитие функционально-параметрических рядов, с ежегодным пере выпуском "Перечня". Для унификации заказов на разработки ИС был введён механизм "Заявочной компании". Каждое министерство-заказчик собирало заявки своих предприятий на разработки новых ИС на предстоящий год и заменяла одной заявкой все заявки на разработки однотипных ИС по аналогам разных зарубежных фирм. Затем такая же работа проводилась с заявками министерств в Научном центре. Итог подводился в конце года на заседании в НЦ с участием всех заинтересованных сторон. Результаты автоматически включались в планы разработок МЭП на следующий год. Это позволяло оптимизировать номенклатуру ИС, удовлетворив нужды всех потребителей. В 1975 г. Минэлектронпром дополнительно ввёл пятилетнее планирование разработок на основе комплексно-целевых отраслевых программ (КЦП), а позже и аппаратно-ориентированных межотраслевых программ (АОП), согласованных с КЦП. Все это позволило ограничить номенклатуру ИС несколькими сотнями типов, которые обеспечивали решение тех же задач, для которых зарубежная промышленность использовала несколько десятков тысяч типов микросхем. Однако практика воспроизводства зарубежных аналогов по требованиям заказчиков сохранилась. Я более 10 лет занимался в НЦ заявочной кампанией по разделу "Микропроцессоры". И за эти годы не было ни одной заявки на разработку оригинальной БИС, все заявки были направлены только на воспроизводство зарубежных микропроцессоров. То же было у моих коллег по другим разделам ("Логика", "Память", "ЦАП-АЦП" и др.).

А теперь в адрес Минэлектронпрома часто раздаются упрёки в том, что он воспроизводил аналоги. Не его это инициатива и не его вина. Конечно, и в МЭП были сторонники воспроизводства, и чем дальше, тем больше, и, в конце концов, они стали преобладать. Но это - следствие позиции заказчиков. Своими заказами воспроизводства аналогов они сами закладывали неизбежное многолетнее отставание, как микроэлектроники, так и своей продукции. Но то была их воля. В 1978 г. Минэлектронпром в форме отраслевого стандарта ОСТ 11 348.901-78 [7] (рис. 9) разработал процедуру и технологию совместной разработки ИС, затем переформулированную в виде государственного стандарта, позволяющую разработчику аппаратуры реализовать свои оригинальные схмотехнические и архитектурные решения в интегральном исполнении, т.е. сделать собственные оригинальные ИС, реализовать их идеи, их know-how. По существу это предложение разрывало традиционный тогда непрерывный цикл создания ИС одним предприятием. Оно

предвосхитило тот порядок, который через два десятка лет получил распространение во всем мире – дезинтеграцию процесса создания ИС на этапы "Front-End" (схемотехническое проектирование) и "Back-End" (топологическое проектирование). Но отечественные аппаратuroстроители оказались не готовыми к участию в создании ИС, они так и не отказались от практики заказа воспроизводства зарубежных аналогов. По прогрессивной технологии было создано только три серии ИС. Это серия К583 для некоторых моделей компьютеров семейства ЕС ЭВМ ("Front-End" – межведомственная рабочая группа, "Back-End" – минское ПО "Интеграл"). Это ИС серий К587 и К1802, разработанные предприятиями Зеленограда: СВЦ, НИИТТ и НИИМЭ. И частично серия К588 (СВЦ и Интеграл, но специалисты Интеграла участвовали и в схемотехническом проектировании ИС). Причём только в создании серии 583 приняли участие заказчики из министерств-потребителей.

Для служебного пользования
Зав. № 47

<p>СОГЛАСОВАНО</p> <p>В/ч 25580 Командир <i>Р.П. Покрышкин</i> Р.П. Покрышкин "26" июля 1978 г.</p>	<p>УТВЕРЖДЕНО</p> <p>Организация п/я А-1501 Заместитель руководителя В.Г. Колесников " " " 1978 г.</p>
---	--

МИКРОСХЕМЫ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ВЫСОКОЙ СЛОЖНОСТИ

Порядок проведения научно-исследовательских и
опытно-конструкторских работ

ОСТ II 348.901-78
Срок действия с 1.IX.1978-31.IX.1981г.
Организация п/я Г-4515

<p>Заместитель руководителя Начальник отдела стандартизации Начальник сектора Начальник отдела Руководитель разработки, начальник лаборатории</p>	<p><i>А.А. Васеников</i> А.А. Васеников <i>И.С. Кацковский</i> И.С. Кацковский <i>В.В. Терехов</i> В.В. Терехов <i>В.А. Шахнов</i> В.А. Шахнов <i>Б.М. Маламевич</i> Б.М. Маламевич</p>
---	---

СОИСПОЛНИТЕЛИ

от В/ч 67947

<p>Командир Заместитель командира Руководитель разработки Исполнители:</p>	<p><i>В.П. Егоров</i> В.П. Егоров <i>И.Ф. Усольцев</i> И.Ф. Усольцев <i>А.А. Бедрековский</i> А.А. Бедрековский <i>И.С. Кручинкин</i> И.С. Кручинкин <i>И.Г. Забаров</i> И.Г. Забаров <i>А.И. Шуклин</i> А.И. Шуклин</p>
--	--

от в/ч 25580-Э

<p>СОГЛАСОВАНО</p> <p>В/ч 25580-В Командир Организация п/я Р-6846 Заместитель руководителя Предприятие п/я А-7538 Заместитель руководителя Руководитель организации п/я Г-4397</p>	<p><i>Е.А. Чаловский</i> Е.А. Чаловский <i>А.П. Грибачев</i> А.П. Грибачев <i>С.В. Якубовский</i> С.В. Якубовский <i>В.И. Прохоров</i> В.И. Прохоров</p>
--	--

Рис. 9. Лист утверждения ОСТ II 348.901-78

Создание оригинальных микропроцессоров практиковалось только в зеленоградском НИИТТ (серии К587, К1801, К1806, К1836, Л1839 и др.) и в ленинградском СКТБ "Светлана" (серии К536, К1809, Л1875 и др.). И именно они соответствовали мировому уровню или превосходили его.

Закат. Однако по объёмам производства интегральных схем Минэлектронпром в целом значительно отставал и от зарубежного уровня, и от потребностей страны — средств для развития производственных мощностей серийных заводов (а они в микроэлектронике очень дороги) без поддержки государства не хватало. В результате резко возросла нагрузка на зеленоградские опытные заводы - возможности отработки на них новых материалов, процессов, технологических маршрутов, оборудования и изделий оказались резко ограничены. Требоалось радикальное участие государства, аналогичное предпринятому Н.Хрущёвым в 1962 г.

В начале 1972 г. в НЦ был подготовлен соответствующий проект постановления ЦК КПСС и СМ СССР. В нём "были намечены рубежи по созданию и выпуску новых поколений СБИС, материалов, оборудования, САПР, контрольно-измерительной аппаратуры в Минэлектронпроме. Была обоснована необходимость привлечения министерств, отвечающих за получение различных материалов (Минхимпром, Минцветмет, Минчермет), создание оптико-механического оборудования (Миноборонпром), контрольно-

измерительного оборудования и мощных перспективных САПР (Минрадиопром, Минпромсвязь, Минприборостроения). Предполагалось построить в Зеленограде в 1979-1983 г.г. ряд НИИ, опытных заводов, реконструировать и переоснастить действующие предприятия Научного Центра, и на территории Российской Федерации построить около 20 новых производств СБИС, привязанных к развитым научно-культурным регионам, обеспеченным квалифицированными кадрами, имеющим хорошую высшую школу" [8].

Проект постановления был согласован со всеми участниками работ и направлен в ЦК КПСС и СМ СССР. Но принят не был. Предстояла Олимпиада-80 в Москве, денег хватало только на нее - для властей тех времён популистский сиюминутный престиж оказался важнее экономики и обороноспособности страны.

В результате примерно с 1980 года началось прогрессирующее отставание отечественной микроэлектроники.

Ещё более мощный удар по ней нанесли реформы в стране в 1990–2000-е годы.

С большими потерями российская микроэлектроника все же выстояла и в настоящее время постепенно восстанавливается. В России действует множество и старых, и вновь созданных дизайн-центров, выполняющих различные проекты для отечественных и зарубежных микроэлектронных фирм. Производство изделий по этим проектам производится и на отечественных и на зарубежных фабриках, в т.ч. с современными топологическими нормами. Но это тема другой статьи.

Литература

1. Малашевич Б.М. «50 лет отечественной микроэлектронике. Краткие основы и история развития» // Очерки истории российской электроники, вып. 5. Техносфера, М, 2013, 800 с.
2. Колосов А.А. "Вопросы молекулярной электроники". ОНТИ КБ-1, М, 1960, 132 с.
3. Steven T. Usdin. "Engineering communism: how two Americans spied for Stalin and founded the Soviet Silicon Valley" // Yale University Press New Haven & London/ 2005. 352 с.
4. Сергеев В.С. "Страницы жизни" // изд. ОАО "Ангстрем", 1998, 44 с.
5. Луканов Н. М. Некоторые малоизвестные моменты из истории отдела 22 НИИ Молекулярной электроники // Электронная техника. Серия 3: Микроэлектроника. Вып. 1 (152). М., 1998, с. 49–57.
6. Алфёров Ж.И. "А.И. Шокин и отечественная электроника". В сб. "Очерки истории российской электроники. Вып. 2. Электронная промышленность СССР 1961 – 1985. К 100-летию А.И. Шокина". М. 2009. Техносфера. с. 9–11.
7. Васенков А.А., Терехов Ю.В., Шахнов В.А., Малашевич Б.М. (руководитель разработки) и др. ОСТ 11 348.901-78 "МИКРОСХЕМЫ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ВЫСОКОЙ СЛОЖНОСТИ. Порядок проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ". М, ГР № 8090353 от 14.09.78. – М НПО НИЦ, 1978, 37 стр.
8. Васенков А. А., Дьяков Ю. Н., Ефимов И. Е. и др. Зеленоград — город микроэлектроники // Зеленоград в воспоминаниях. М. Ладомир. 1998, с. 37–74.

Региональные вычислительные системы реального времени родились в ПРО

Малашевич Борис Михайлович
mbm@angstrom.ru

Когда в 1953 г. остро встал вопрос о борьбе с межконтинентальными баллистическими ракетами (МБР) с ядерными боеголовками, никто в мире ещё не знал, возможно ли это, и как это делать. Но было ясно, что ракету может сбить только ракета, ничто иное просто не успеет. Значит, цель и противоракета (ПР) будут сближаться со скоростью около $7 \div 10$ км/с. При этом требуется высокоточное прогнозирование курса движения и цели, и ПР. Решить такую задачу на основе традиционных тогда в ПВО аналоговых вычислительных средств было невозможно. Поэтому генеральный конструктор первых систем противоракетной обороны (ПРО) Г.В. Кисунько изначально принял решение о построении ПРО на основе цифровой вычислительной техники, тогда, в основном, ещё первого, лампового поколения. Так он и строил свои первые системы.

Есть множество публикаций об этих системах [1–4 и др.], но в них, как правило, ПРО рассматривается исключительно как система вооружения с подробным описанием её боевых объектов, иногда вскользь упоминаются и основные ЭВМ.

А ведь именно в этих системах цифровая техника впервые обеспечила управление столь сложными объектами в реальном масштабе времени – ранее цифровые ЭВМ применялись только для выполнения сложных расчётов. Без ЭВМ этих систем быть не могло!

Поэтому мы рассмотрим первые системы ПРО Г.В. Кисунько (полигонную "А", боевую "А-35" и полигонную "Аргунь") с позиции вычислительной техники. Как многомашинные системы, объединённые в единое различными вычислительными сетями, тогда ещё не формализованными. А боевые и вспомогательные объекты ПРО:

- радиолокационные станции (РЛС),
- стартовые позиции,
- противоракеты,
- измерительные пункты и т.п.

будем рассматривать как периферийные устройства ЭВМ, чем они, по существу, и были.

Сети ЭВМ были сердцем и разумом систем ПРО. Они:

- управляли действиями и взаимодействиями системы ПРО в целом и её объектами в реальном времени,
- производили все необходимые расчёты,
- в процессе работы производили регистрацию определённых параметров системы и её устройств, и накапливали их в специальном архиве регистрируемых параметров (АРП),
- автоматизировали использование АРП при анализе результатов боевых стрельб, профилактических мероприятий, экспериментов и иной работы системы или персонала в системе.

Системы ПРО – это совокупность объектов, распределённых на огромных территориях, измеряемых сотнями километров, целых регионов. И их вычислительные сети также распределены по всему региону. Поэтому мы с полным правом можем назвать их "Региональными вычислительными системами реального времени" (РВСРВ). Разработчики ПРО и их пользователи этого названия не применяли, поскольку они были далеки от вычислительной техники, рассматривая её как покупной компонент и не более. Часто вообще забывали даже упомянуть о её применении. Что не справедливо.

РВСРВ "А"

Работы по созданию ПРО в стране начались с построения на специальном полигоне в пустыне Бетпак-Дала (Голодная степь) близ оз. Балхаш специальной экспериментальной полигонной системы ПРО "А" – исследовательского центра для определения путей реализации боевой системы ПРО.

Состав

Сердцем и разумом этой системы была РВСПВ "А". Её упрощённая структура¹ приведена на рис. 1.

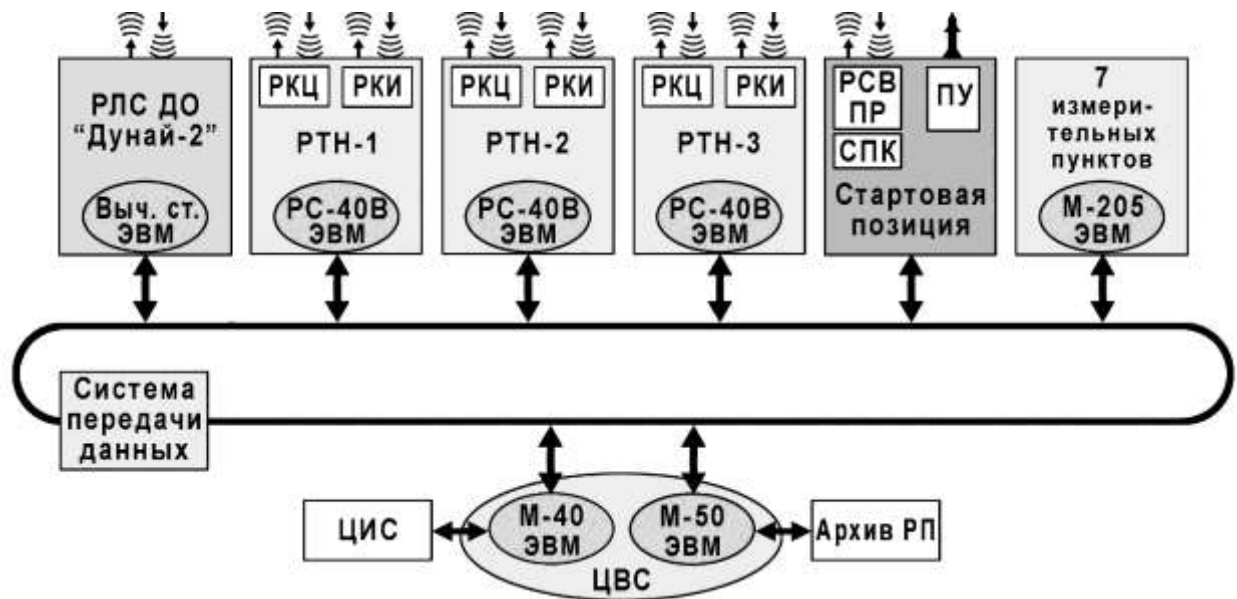


Рис. 1. Структура РВСПВ "А"

Система содержит 7 ЭВМ пяти типов:

- Главной управляющей в системе является ламповая ЭВМ "М-40" С.А. Лебедева (ИТМиВТ): разрядность данных 36 бит, 40 тыс. оп./с. с фиксированной запятой, ОЗУ 4096 40-разрядных слов, цикл 6 мкс. [5]
- Вместе с ЭВМ "М-50" она составляет Центральную вычислительную станцию (ЦВС) и размещается в Главном командно-вычислительном пункте (ГКВП). На ней поставлено системное программное обеспечение – Общая боевая программа ОБП Е.А Волкова (ИТМиВТ). Через сеть она общается со всеми другими ЭВМ системы и с иными её объектами. В ранге периферийного устройства к ЭВМ подключена Центральная индикаторная система – фактически пульт управления системой. А через систему передачи данных ЭВМ непосредственно управляет стартовой позицией, на которой размещены три периферийных объекта:
- Пусковая установка В.П. Бармина (ГСКБ Спецмаш) с противоракетой "В-1000" П.Д. Грушина (ОКБ-2) с осколочно-фугасной боевой частью К.И. Козорезова (ГСКБ-47);
- Радиолокационная станция вывода противоракеты в поле зрения РТН (РСВ ПР) С.П. Рабиновича (НИИ-20 МОП);
- Станция передачи команд (СПК) управления ПР и подрыва БЧ ПР, разработчик СКБ-30.
- ЭВМ "М-50" [6] (модификация М-40, дополнительно выполняющая операции с плавающей запятой и с расширенной внешней памятью) является главным вычислителем системы и архиватором регистрируемых при работе системы заданных параметров. Для этого в её состав введены внешние ЗУ на магнитной ленте (архив РП). Она же автоматизирует использование этого архива при анализах результатов боевых стрельб, профилактических мероприятий, экспериментов и иной работы системы или персонала в системе. Такая организация работ позволяла на много порядков снизить время анализа результатов эксперимента (ранее такая обработка могла занять недели), что было очень важно, учитывая исследовательский характер всей системы ПРО "А".
- Ядром подсистемы дальнего обнаружения целей в РВСПВ "А" является специальная ЭВМ, названная в системе Вычислительной станцией (ВС), разработанная в НИИ-37. Она расположена в помещении РЛС дальнего обнаружения (РС ДО) "Дунай-2" В.П. Сосуленикова (НИИ-37), управляет её работой и обеспечивает связь с главной ЭВМ "М-40".

¹Здесь и далее: В структурах ЭВМ представлены овалами, а их периферийные устройства (боевые и вспомогательные объекты ПРО) – прямоугольниками. Конфигурации вычислительных сетей в рисунках приведены условно, т.к. точной информации о них нет.

- Три ЭВМ "РС-40В" реализуют метод трёх дальностей (триангуляции) для точного наведения противоракеты на цель. Это была вынужденная на тот момент мера. Для осколочно-фугасного поражения цели, а таково было задание, требовалось взорвать боевую часть (БЧ) ПР на строго встречном курсе на расстоянии около 50-70 м. от цели. РЛС тогда не обеспечивали такой точности (они хорошо определяли дальность, но плохо углы, что важно для обеспечения строго встречного курса цели и ПР). Её удавалось обеспечить расчётным путём на основании точных дальностей от трёх равно удалённых друг от друга точек (вершины равностороннего треугольника). На полигоне стороны этого треугольника были по 150 км. В каждой вершине стоял РТН (радар точного наведения) в составе: управляющая ЭВМ "РС-40В", РКЦ (Радиолокатор канала цели, определял дальность до цели и углы наведения на неё) и РКИ (Радиолокатор канала изделия, т.е. ПР, определял дальности до неё).
- ЭВМ "М-205" (специальная модификация ламповой 45-разрядной ЭВМ "М-20" [7].с развитой периферией, производительность 20 тыс. оп./с.) В.С. Антонова (НИИЭМ), управляющая Измерительным комплексом (ИК) в составе семи измерительных пунктов, оснащённых кинофототеодолитами, скоростными кинотелескопами, фазовыми радиопеленгаторами и другими измерительными средствами. Эта же ЭВМ осуществляла обработку полученных данных и передачу информации в ЦВС.
- Система передачи данных (СПД) Ф.П. Липсмана (НИИ-129, позже МНИРТИ) на основе радиорелейных станций Р-400, Р-400М (1550— 1750 МГц), которую можно рассматривать как неформализованную региональную вычислительную сеть. Основная информация передавалась в цифровом виде, применялась фазоимпульсная модуляция с временным разделением каналов [8].

Все эти ЭВМ, их периферийные и иные объекты, размещённые на огромной площади в десятки тыс. кв. км. Сары-Шаганского полигона "А", объединялись сложной вычислительной сетью общей протяжённостью около 1230 км.

Алгоритм работы

В режиме "Боевая работа" все компоненты системы функционируют согласно Общей боевой программе (ОБП).

РЛС ДО "Дунай-2" непрерывно сканирует заданный сектор пространства. При появлении комплексной цели (последняя ступень МБР и её ГЧ) в пространстве (на дальностях около 1200 км) информация о ней передаётся Вычислительной станции, формирующей процесс автоматического сопровождения цели. ВС с заданной периодичностью рассчитывает её координаты (дальность с точностью 1 км и две угловые координаты с точностью 0,5 градуса – для наведения ПР мало, но для наведения РТН достаточно) и передаёт их через СПД в ЦВС.

По полученным данным ЦВС осуществляет грубый расчёт координат, пролонгируемую траектории комплексной цели и рассчитывает углы установки узконаправленных антенн трёх РКЦ для захвата и точного сопровождения цели.

Получив "грубые" данные о месте положения цели, РКЦ каждого из трёх РТН поворачивают свои антенны в заданном направлении, на дальности около 700 км обнаруживают цель, определяют точные дальности до её компонентов и передают их ЦВС.

ЦВС рассчитывает координаты и пролонгируемую траекторию компонентов комплексной цели и выдают соответствующую информацию на Центральную индикаторную станцию.

Оператор по радиолокационным образам выделяет из комплексной цели головную часть МБР и передаёт её на автосопровождение трём РКЦ в режиме точного наведения (это единственная операция, выполняемая в системе "А" вручную, т.к. алгоритмов автоматического распознавания цели ещё долго не существовало).

Далее ЭВМ "РС-40В" трёх РТН вычисляют с заданной периодичностью точные дальности до цели и передают их в ЦВС ГКВП.

ЦВС по этим данным вычисляет точную прогнозируемую траекторию цели, проверяет попадание пролонгированной точки входа цели в зону обороны стартовой позиции, вычисляет параметры вывода противоракеты на цель, определяет и выдаёт на стартовую позицию углы разворота пусковых установок и антенных устройств РСВ ПР и СПК, определяет момент пуска и в автоматическом режиме выдаёт команду на пуск противоракеты.

Объекты стартовой позиции поворачиваются в заданных направлениях и по команде осуществляется пуск ПР.

После пуска ПР её сопровождение сначала осуществляет РСВ ПР, передающая результаты измерения траектории её движения в ЦВС.

По этим данным ЦВС рассчитывает углы установки антенн РКИ РТН, которые отрабатывают их и захватывают ПР на автоматическое сопровождение в режим точного наведения.

Непрерывно получая информацию от трёх РТН о координатах цели и противоракеты, ЦВС рассчитывает их пролонгированные траектории и посредством станции передачи команд СПК подаёт

команды корректировки траектории на борт противоракеты для её вывода на строго встречный цели курс по пролонгированной расчётной траектории полёта цели.

В расчётный момент от ЦВС с СПК на борт противоракеты подаётся команда взрыва БЧ ПР. После взрыва боевой части противоракеты по курсу цели образуется дисковое поле из 16000 поражающих элементов. Столкновение этих поражающих элементов с ГЧ МБР приводит к её разрушению.

Этап точного наведения длился 12-14 секунд.

Работа системы

Первое же испытание системы "А" в полном составе 24 ноября 1960 г. оказалось успешным – цель и БЧ ПР встретились в расчётное время в расчётной точке. Это было подтверждено телеметрическими данными Измерительного комплекса. Но реального поражения ГЧ МБР не было - боевая часть ПР ещё не была готова, вместо неё был использован массо-габаритный эквивалент.

РВСРВ "А" и другие компоненты системы сработали точно, но эффектного для начальства события с взрывом и осколками цели не произошло.

А затем последовали 11 неудачных по разным причинам пусков.

Реальное поражение реальной цели произошло 4 марта 1961 г. С эффектным взрывом и осколками цели, собранным затем в пустыне.

Далее система работала прекрасно, было проведено много пусков с разными задачами, и все успешно.

Теорема возможности построения системы ПРО была доказана. Но это достижение долгое время не получало должной публичной оценки. Только летом руководитель страны Н.С. Хрущёв публично заявил, что у нас *"Есть такие умельцы, которые могут попасть в муху в космосе"* [9]. Такое заявление мировой общественностью тогда воспринималось вполне нормально, т.к. всем был известен высокий уровень развития в СССР ракетной техники. Первый в мире спутник уже был наш, а через месяц, 12 апреля и первый космонавт тоже стал нашим.

Также была доказана эффективность применения цифровой техники при построении сложнейших управляющих систем реального времени. Но этот факт не был замечен ни обществом, ни специалистами.

Но разработчикам стало понятно, как строить первую в мире боевую систему ПРО, получившую имя "А-35".

РВСРВ "А-35" и её полигонный вариант "Алдан"

Назначение системы ПРО "А-35" - защита центрального промышленного района от нападения 8 МБР типа "Титан-2" и "Минитмен-2" с однозарядными головными частями (иных тогда не было). При этом, поскольку алгоритмов автоматического распознавания реальной цели (ГЧ МБР) и безопасной последней ступени МБР ещё не было, МБР рассматривалась как комплексная парная цель, уничтожить требовалось обоих, т.е. на одну цель требовалось две ПР.

К началу разработки "А-35" в результате исследований выяснилась высокая прочность ядерных боеголовок – головных частей (ГЧ) МБР, не поддающихся осколочно-фугасному разрушению. В результате было принято решение о применении в Боевой части (БЧ) противоракет ядерных зарядов мощностью 2-3 Мт с значительно большей зоной поражения, и в системах "Алдан", "А-35" и "Аргунь" Г.В. Кисунько с удовольствием отказался от сложного и дорогого метода трёх дальностей², что существенно упростило и удешевило систему.

Состав. Сердцем и разумом этой системы была РВСРВ "А-35". Её упрощённая структура приведена на рис. 2.

² В результате при одном залпе системы "А-35" над головами жителей центра европейской части страны было бы взорвано 16 ядерных зарядов мощностью по 2-3 Мт, т.е. в сумме 32-48 Мт. А при четырёх возможных залпах стоящих на ПУ ПР – в 4 раза более, 128-192 Мт. Причём не локально, а распределённо по территории. Почему-то мне нигде не встречалось результатов исследований о степени радиоактивного заражения при этом наших территорий, нашего населения.

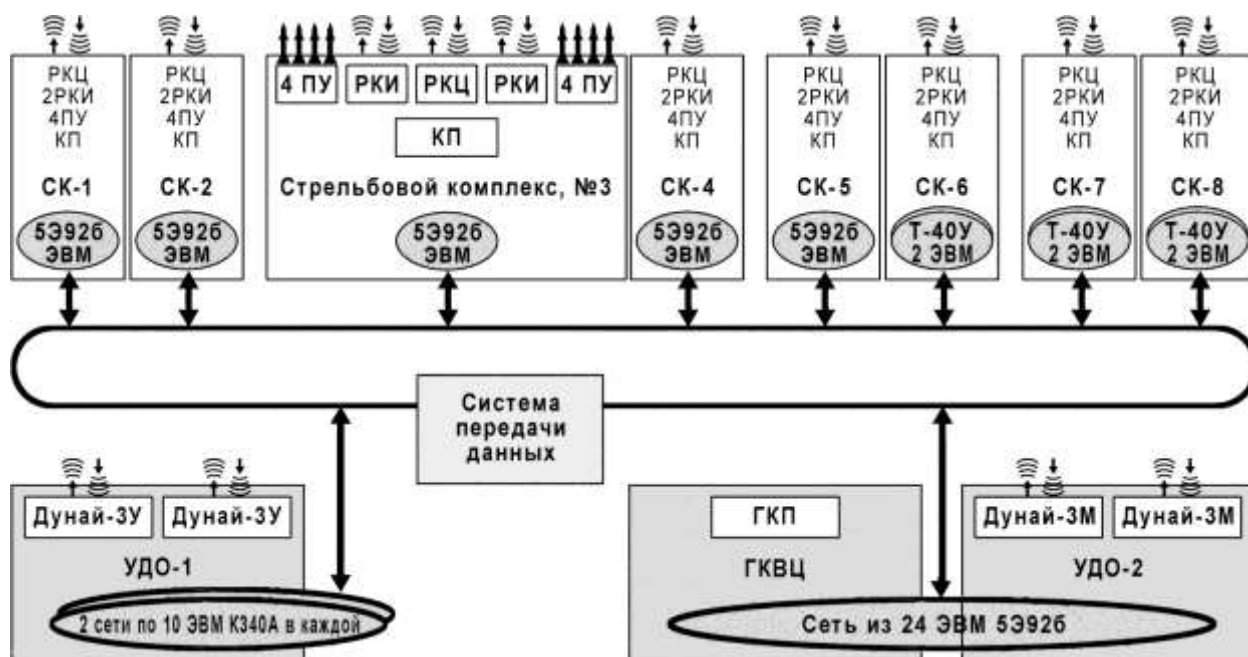


Рис. 2. Структура РВСПВ "А-35"

РВСПВ "А-35" содержит 55 полупроводниковых ЭВМ трёх типов: 29 комплектов ЭВМ 53926 А.С. Лебедева (НИИТМиВТ) [10], 20 ЭВМ "К340А" Д.И. Юдицкого (НИИ-37) [11], и 6 ЭВМ "Т-40У" Ю.Д. Шафрова (НИИРП) [12].

- Основным компонентом РВСПВ "А-35" является многомашинный Главный вычислительный комплекс (ГВК), объединяющий в единую сеть 29 двухпроцессорных полупроводниковых 48-разрядных ЭВМ "53926" с производительностью по 537 тыс. оп/с., включая 5 ЭВМ, физически стоящих в стрельбовых комплексах "Тобол". ЭВМ "53926" полностью программно совместимы с ЭВМ "М-40" и "М-50", что обеспечивало программную преемственность с системой "А". 24 ЭВМ ВК размещались в здании (Кубинка-10) Главного командно-вычислительного центра (ГКВЦ), там же размещался Главный командный пункт (ГКП) и электроника двух РЛС ДО "Дунай-3М".
- Программное обеспечение (ПО) РВСПВ "А-35" разрабатывалось в ИТМиВТ, в новосибирском Конструкторском бюро системного программирования (КБСП) и в специальном предприятии МО – СВЦ-4 (позже СНИИ-45 МО). ПО РЛС "Дунай-3У" разрабатывали специалисты НИИ-37.
- Два вычислительных комплекса управляли Системой дальнего обнаружения (СДО) целей и производили необходимые расчёты.
- Комплекс из двух 10-машинных сетей на основе модулярных ЭВМ "К340А" управлял узлом дальнего обнаружения (УДО) под г. Чеховым, состоящим из двух РЛС "Дунай-3У" А.Н. Мусатова (НИИ-37). В каждой РЛС использовалось по 10 ЭВМ: 7 ЭВМ – центральный вычислитель и 3 ЭВМ – система автоматического управления РЛС.
- Второй УДО (близ г. Кубинка), включал две РЛС "Дунай 3М" В.П. Сосульникова (НИИ-37), располагался совместно с ГКВЦ, а его электроника – в одном здании с ЭВМ ГВЦ. На который и было возложено управление узлом.
- По одной ЭВМ управляли работой и каждого из восьми двухканальных (рассчитанных на поражение парных целей) стрельбовых комплексов (СК): "Тобол" – 5 шт. (каждый управлялся ЭВМ 53926) и "Енисей" – 3 шт. (каждый управлялся двухмашинным комплексом на основе специализированных ЭВМ "Т-40У" (в Алдане два Енисея и один Тобол). В качестве периферийных устройств каждой из ЭВМ выступали: Командный пункт (КП), Радиолокатор канала цели (РКЦ) Г.В. Кисунько, две Радиолокатор канала изделия (РКИ) С.П. Рабиновича (НИИ-20) и две огневые позиции (ОП) с четырьмя открытого типа пусковыми установками (ПУ) И.И. Иванова на каждой. В каждом из четырёх позиционных районов (Клин, Загорск, Наро-Фоминск, Нудоль) размещалось по два СК.
- 55 ЭВМ трёх типов и другие объекты Системы А-35 были рассеяны по огромном пространстве, в основном вдоль Московских большого и малого колец (бетонки) на расстояниях в сотни километров друг от друга. Системой передачи данных ("СПД") Ф.П. Липсмана кольцевыми и радиальными линиями связи объединяла их в единую систему, обеспечивая автоматический обмен информацией между ЭВМ в соответствии с алгоритмом

работы всей Системы А-35. Общая протяжённость линий связи СПД исчислялась многими сотнями километров.

Алгоритм работы

В режиме "Боевая работа" все компоненты системы функционируют согласно Общей боевой программе. Алгоритм работы региональной вычислительной системы "А-35" подобен алгоритму системы "А", но полностью автоматизирован, не требует участия человека.

Вычислительные комплексы УДО анализируют данные четырёх РЛС ДО "Дунай-3х", непрерывно сканирующих каждая свой сектор пространства. Обнаружив в пространстве объекты, ВК выделяют среди них МБР (их радиолокационные образы существенно отличаются от образов самолётов, искусственных спутников и космических объектов, также видимых локатором), рассчитывают траектории МБР и передают их в ГВЦ.

ГВЦ распределяет обнаруженные цели по стрельбовым комплексам и передаёт каждому координаты его цели. ЭВМ СК даёт команду своему РКЦ на захват и сопровождение выделенной ему парной цели. РКЦ с заданной периодичностью измеряет точные координаты цели и передаёт их ЭВМ.

ЭВМ по этим данным рассчитывает точную пролонгированную траекторию движения компонентов цели (последней ступени и ГЧ МБР) и распределяет элементы парной цели между двумя РКИ и даёт команду на пуск ПР.

Каждый из РКИ измеряет точные координаты своей ПР и передаёт их ЭВМ.

ЭВМ по получаемым от РКЦ и РКИ данным рассчитывает пролонгированные траектории цели и ПР, рассчитывает поправки траектории ПР для её вывода на строго встречный курс и через РКИ передаёт эти поправки ПР, которая их обрабатывает.

ЭВМ рассчитывает точку встречи цели и противоракеты и по её достижении даёт через РКИ команду на подрыв БЧ ПР. Производится маломощный ядерный взрыв, разрушающий цель.

После взрыва ЭВМ анализирует данные измерений РКЦ и РКИ и по результатам анализа даёт заключение о поражении цели.

В случае неудачи при наличии запаса времени возможен пуск второй ПР.

В случае удачи возможна аналогичная работа по другой цели.

Работа системы

Боевая система "А35", а в ней и её "сердце и разум" РВСРВ "А-35", была сдана заказчику в два этапа, в 1972 и 1974 гг. И проработала, с модернизацией в 1978 г. (система "А-35М") до февраля 1995 г., когда на смену ей пришла система "А-135", т.е. 23 года.

В ходе модернизации система ПРО "А-35" путём изменения алгоритма (программного обеспечения) её работы и перекоммутации части объектов с минимальными затратами средств и времени была превращена в многоканальную систему "А-35М" (рис. 3), способную поражать сложные баллистические цели (о них далее).

Это проявило ещё одно ценное свойство цифровых управляющих систем – их гибкость, модернизируемость.

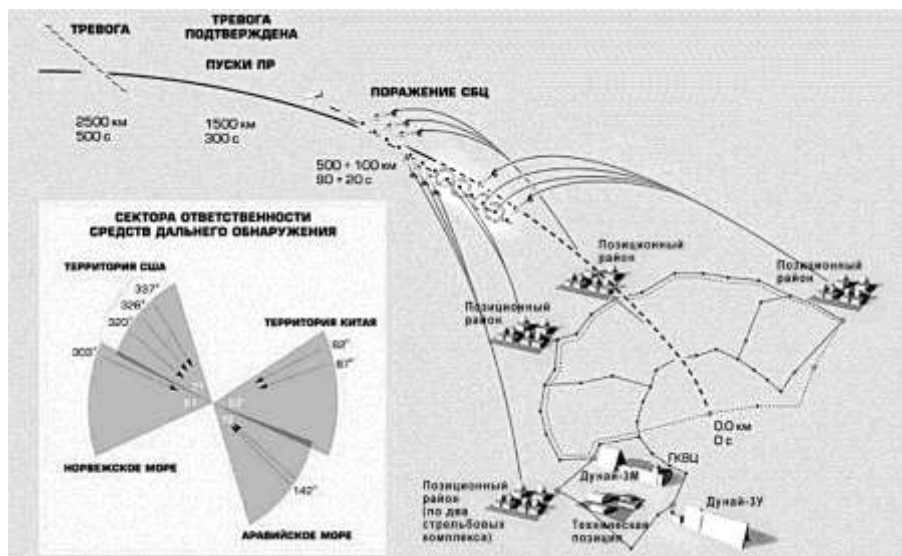


Рис. 3. Поражение сложной баллистической цели системой ПРО "А-35М" [13]

РВСПВ "Аргунь"

Пока разрабатывалась и строилась "А-35", в США появились МБР с разделяющимися боеголовками. В одной ГЧ МБР разместили несколько боевых ядерных зарядов, которые на конечном участке траектории разделяются, и каждый направляется на свою цель. Но кроме боевых зарядов (реальных целей ПРО) разместили пассивные (ложные цели) и активные (радиоизлучатели) средства противодействия ПРО. Для ПРО это была сложная баллистическая цель (СБЦ).

"А-35" с такими МБР бороться не могла, потому что таких требований к ней никто не предъявлял – наши военные не прогнозировали такого подвоха от американцев.

Поэтому, узнав из разведанных об американском "сюрпризе", Г.В. Кисунько предложил модернизировать "А-35", перестроив алгоритм её работы для поражения СБЦ, и дополнить её ещё тремя многоканальными стрельбовыми комплексами (МКСК) второй очереди системы "А-35", которые предстояло разработать.

Эти работы он начал ещё в 1965 г. разработкой аванпроекта полигонного варианта МКСК "Аргунь". Главным конструктором "Аргуни" он назначил Н.К. Остапенко.

В соответствии с заданием, каждый МКСК предназначался для обнаружения, сопровождения и одновременного перехвата до 24 реальных баллистических целей одной или нескольких МБР.

МКСК должен был обеспечивать полную автоматизацию управления технологическими средствами и целевой обработки данных в цикле от обнаружения СБЦ, селекции её компонентов с выделением реальных целей до их поражения. Для этого требовалось разработать алгоритмы автоматической селекции (которых не было), многоканальные радиолокационные и стрельбовые средства и очень высокие по тем временам вычислительные ресурсы. Для их обеспечения зеленоградскому СВЦ (Д.И. Юдицкий) была заказана сверхпроизводительная по тому времени модулярная суперЭВМ "5Э53" производительностью около 40 млн. оп/с [14].

РВСПВ "Аргунь" на основе этой ЭВМ и РЛС канала цели сантиметрового диапазона "РКЦ-35ТА" А.А. Толкачёва (ОКБ «Вымпел») были важнейшими компонентами полигонного МКСК "Аргунь".

С сожалением приходится констатировать, что в результате сложной многолетней борьбы между различными группировками в Минрадиопроме, поддержанными различными кругами во властных и военных структурах, вторая очередь системы ПРО "А-35" реализована не была [1–4]. Не был достроен и полигонный МКСК "Аргунь". Но все его объекты были построены по отдельности и в комплексе отлажены. Не хватало только противоракеты "А-351" и ЭВМ "5Э53", поставка которой планировалась в 1972 г. Временно вместо 4-машинного комплекса на "5Э53" был применён 5-машинный комплекс на ЭВМ "5Э926", снятых с демонтированных объектов системы "Алдан". Естественно с существенной потерей возможностей системы.

Поскольку реально "Аргунь" работал с "5Э926", в этом составе мы и рассмотрим РВСПВ "Аргунь", хотя проект МКСК был разработан с "5Э53".

Состав. Упрощённая структура РВСПВ "Аргунь" приведена на рис. 4.

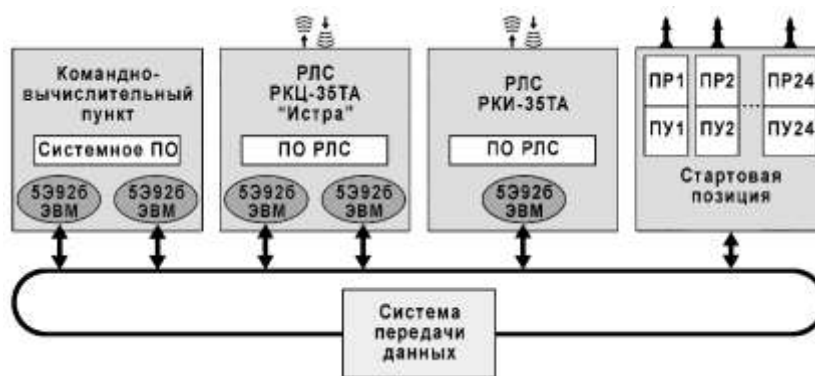


Рис. 4. Структура РВСПВ "Аргунь"

- Главным элементом РВСПВ "Аргунь" был двухмашинный Командно-вычислительный пункт. Он в автоматическом режиме (с возможностью санкционированного вмешательства операторов) управлял работой всех объектов системы (в т.ч. Стартовой позицией с 24-ю пусковыми устройствами для ПР с автоматикой старта противоракет "А-351" П.Д. Грушина) и выполнял вычислительные работы.
- Системное и тестовое программное обеспечение "Аргуни" разрабатывалось как силами ОКБ "Вымпел" Кисунько, так и специально созданного академиком М.А. Лаврентьевым в Сибирском отделении АН СССР КБ СП Отдела М.И. Нечепуренко, затем В.Н. Моисеенко.

- Второй двухмашинный вычислительный комплекс управлял работой Радиолокатора канала цели "РКЦ-35ТА" А.А. Толкачёва (ОКБ «Вымпел»). Он же обрабатывал данные РЛС, обнаруживал и селектировал цели (в режиме испытаний и отладки разрабатываемых алгоритмов селекции), рассчитывал пролонгированные траектории движения целей и выполнял ряд других работ.
- Одна ЭВМ управляла работой Радиолокатора канала изделия (т.е. ПР) "РКИ-35ТА" В.А. Ерёмкина (ОКБ «Вымпел») для одновременного наведения до 24 ПР.
- Систему передачи данных "5Ц53".

Пять ЭВМ и другие объекты "Аргуни" были рассеяны на огромном пространстве полигона на расстояниях в десятки и сотни километров друг от друга. Система передачи данных Ф.П. Липсмана объединяла их в единую Региональную вычислительную систему реального времени.

Финал. К сожалению, закончить работы по созданию полигонного МКСК "Аргунь" разработчикам не дали, оставив их в завершающей фазе. Но и в таком составе "Аргунь" уже работал [4, 15]. Были успешно проведены заводские испытания с участием представителей 4 ГУ МО СССР. Обеспечено одновременное обнаружение, сопровождение и определение траекторий до 15 целей, это с ЭВМ "5Э926". С "5Э53" "Аргунь" и МКСК должны были одновременно обрабатывать до 100 целей с селекцией из них реальных.

С 1971 г. шло планомерное сворачивание работ по "Аргуни", закончившееся в 1974 г. его урезанием и превращением из полигонного стрельбового в измерительный комплекс – МИК "Аргунь-И". В составе РЛС РКЦ-35ТА "Истра" и КВП. Всё остальное было разными способами уничтожено, стартовые позиции - взорваны.

Но это другая история. Нас интересует "Аргунь" как региональная вычислительная система реального времени. Которая и до усечения, и после в виде МИК "Аргунь-И" проработала 18 лет.

Заключение.

Мы рассмотрели три примера самых первых и тогда самых мощных в стране Региональных вычислительных систем реального времени. Они доказали перспективность применения цифровой техники в системах управления сложными объектами, но из-за секретности систем ПРО этот стимулирующий пример оказался не замеченным и не оценённым ни общественностью, ни специалистами, ни властными структурами.

Литература

1. Кисунько Г.В. "Секретная зона. Исповедь Генерального конструктора". // М.: Современник, 1996 – 510 стр.
2. Остапенко Н.К., Малашевич Б.М. "Немного о ПРО и о ПРОшниках. Как оно было на самом деле. (Исповедь главного конструктора)" – М, Петит-А, 2005, 20 с.
3. Малашевич Б.М. «50 лет отечественной микроэлектронике. Краткие основы и история развития» //Очерки истории российской электроники, вып. 5. Техносфера, М, 2013, 800 с.
4. Остапенко Н.К. "Ещё больше о ПРО. Были из моей маленькой жизни". М. 2007.
5. Машина электронная вычислительная специализированная М-40 (ЭВМ М-40). <http://www.computer-museum.ru/histussr/m40.htm>
6. Машина электронная вычислительная специализированная М-50. <http://www.computer-museum.ru/histussr/m50.htm>
7. Пржиялковский В.В. "Антонов Вениамин Степанович". <http://www.computer-museum.ru/galglory/antonov.htm>
8. Дунай (радиолокационная станция) [http://ru-wiki.org/wiki/%D0%94%D1%83%D0%BD%D0%B0%D0%B9_\(%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F\)](http://ru-wiki.org/wiki/%D0%94%D1%83%D0%BD%D0%B0%D0%B9_(%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F)).
9. Айтхожин Н.А., Ганцевич М.М. "Радиолокаторы наведения системы ПРО «А»". <http://www.vko.ru/oruzhie/radiolokatory-navedeniya-sistemy-pro-1>.
10. Машина электронная вычислительная специализированная 5Э926. <http://www.computer-museum.ru/histussr/5e926.htm>
11. Малашевич Б.М. Неизвестные модулярные суперЭВМ. http://www.computer-museum.ru/histussr/sok_evm.htm#340
12. Схема взаимодействия элементов системы "А". <http://www.vko.ru/sites/default/files/images/pictures/archive/1001/58-01.jpg>
13. http://vpk-news.ru/sites/default/files/styles/galleryformatter_slide/public/photographs/2011/12/09/1-2.jpg
14. Малашевич Б.М. "Краткие основы и история создания отечественных модулярных ЭВМ". В настоящем сборнике.
15. Кадры решают всё: первопроходцы, которые провели обоснование и крупномасштабные организационные работы, создали, испытали, оснастили армию оружием противосамолётной и противоракетной обороны. <http://1aaa.1bbs.info/viewtopic.php?t=48>

Из опыта реализации языка программирования Алгол 68 в Ленинградском государственном университете

Мартыненко Борис Константинович, д.ф.-м.н.

Санкт-Петербургский государственный университет
Санкт-Петербург, Россия
mbk@ctinet.ru

Аннотация. *Описывается алгоритм минимизации приведённых детерминированных конечных автоматов, основанный на использовании классов эквивалентности по признаку неразличимости множеств цепочек, принимаемых в соответствующих состояниях. Проводится сравнение с алгоритмом Дж. Хопкрофта, который строит классы эквивалентных состояний, исходя из различимости множеств цепочек на входе автомата.*

Ключевые слова: *алгоритм Хопкрофта, минимизация конечных автоматов, неразличимые состояния, регулярное выражение.*

Введение.

Изучение первоначальных вариантов языка программирования АЛГОЛ 68 [1] и подготовка к его реализации начались с осени 1968 г. под научным руководством Г. С. Цейтина, заведующим лабораторией математической лингвистики НИИММ. В течение 1969-75 годов была разработана и сдана техническая документация [2] на первый вариант компилятора на основе “Пересмотренного сообщения об алгоритмическом языке АЛГОЛ 68” для машин ЕС ЭВМ (по заказу НИИЦЭВТ Минрадиопрома). Автор (руководитель лаборатории системного программирования ВЦ ЛГУ на общественных началах) при проектировании анализирующей части компилятора использовал опыт научной стажировки в A/S Regnecentralen (Копенгаген, Дания), где изучал проект компилятора GIER ALGOL-4 под руководством П. Наура.

Г. С. Цейтин предложил модель синтаксического анализа, основанную на автоматных грамматиках и скобочных структурах. Отправной точкой при разработке метода послужила простая модель: регулярные выражения как средство описания языка, и конечные автоматы в качестве адекватного средства его распознавания.

Конечные автоматы часто используют в качестве драйверов для преобразования регулярных языков [3], выполняемых во время сканирования входного текста. Логично было бы найти метод получения конечного автомата с минимальным числом состояний для языка, заданного регулярным выражением, не забывая, однако, что минимизация сужает семантический контекст выше упомянутых преобразований.

Две теоремы из [4] дают ключ к решению проблемы минимизации конечных детерминированных автоматов.

Во-первых, Теорема 3.1 утверждает, что если отношение эквивалентности R , определённое через язык $L \subseteq \Sigma^*$ следующим образом: $(\forall x, y \in \Sigma^*) : xRy \Leftrightarrow (\forall z \in \Sigma^*) : (xz \in L \Leftrightarrow yz \in L)$, имеет конечный индекс, то язык L принимается некоторым dfa. Доказательство этой теоремы конструктивно: строится dfa M , в роли состояний которого используются классы эквивалентности отношения R .

Во-вторых, в Теореме 3.2 утверждается, что этот конечный автомат M является минимальным по числу состояний.

Идея состоит в том, чтобы перенести отношение эквивалентности R , определённое на цепочках в алфавите регулярного языка L , на аналогичное отношение эквивалентности P , определённое на состояниях автомата, а затем использовать классы эквивалентности P вместо состояний исходного автомата. Именно, два состояния p и q эквивалентны в отношении P , если множества цепочек во входном алфавите автомата, принимаемых в этих состояниях, одинаковы (см. Определение 5).

Итак, как следствие вышеупомянутых теорем, заключаем, что конечный автомат с минимальным числом состояний может быть получен в три этапа:

- (1) построение отношения эквивалентности P на множестве состояний данного автомата, исходя из *неразличимости* цепочек, принимаемых в соответствующих состояниях,
- (2) построение классов эквивалентности в отношении P , и
- (3) использование классов эквивалентности отношения P взамен состояний данного автомата.

В Разделе 1 описывается алгоритм построения отношения P и классов эквивалентности в этом отношении. Он реконструирован из программы ТК SYNTAX [5], написанной в конце 70-х на Алголе 68, в частности, с цепью тестирования первой версии компилятора.

В Разделе 2 описывается метод Хопкрофта [6], в котором классы эквивалентных состояний строятся, исходя другого отношения \equiv , основанного на *различимости* множеств цепочек, принимаемых в соответствующих состояниях.

В Разделе 3 оба метода сравниваются на примере регулярного языка, распознаваемого конечном автоматом, позаимствованным из [7] (Ch. 2, pp. 45-46). Этот язык определяется регулярным выражением. По нему строится конечный автомат. Он, как оказывается, не является минимальным по числу состояний. Однако оба метода минимизации этого автомата при использовании этих двух разных отношений дают один и тот результат.

Альтернативный метод минимизации числа состояний

Считая, что основные понятия теории формальных языков и автоматов известны, определим только необходимые.

Определение 1. *Детерминированный конечный автомат* есть формальная система $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$, где Q — конечное множество состояний, Σ — входной алфавит, $\delta : Q \times \Sigma \rightarrow Q$ — функция переходов, q_0 — начальное состояние, $F \subseteq Q$ — множество конечных состояний.

Когда функция переходов всюду определена, говорят, что автомат *полный*.

Слово (цепочка) есть любая конечная последовательность символов $a \in \Sigma$.

Пусть Σ^* обозначает множество слов над алфавитом Σ , а ε обозначает *пустое слово*.

Определим *расширенную функцию переходов* $\hat{\delta} : Q \times \Sigma^* \rightarrow Q$ следующим образом: $\hat{\delta}(q, \varepsilon) = q$, $\hat{\delta}(q, xa) = \delta(\hat{\delta}(q, x), a)$, где $x \in \Sigma^*$, $a \in \Sigma$.

Определение 2. *Язык*, $T(M)$, *принимаемый автоматом*, есть множество всех слов $w \in \Sigma^*$ таких, что $\hat{\delta}(q, w) \in F$.

Определение 3. Dfa M будем называть *приведённым*, если

$$(1) (\forall q \in Q): (\exists(x \in \Sigma^*): (\delta(q_0, x) = q)), (2) (\forall p \in F): (\exists(y \in \Sigma^*): (\delta(q_0, y) = p)).$$

Термин «приведённый» в применении к автомату, аналогичен этому термину в применении к грамматикам Хомского, в том смысле, что все нетерминальные и терминальные символы используются при порождении языка, и только они. В применении к конечному автомату это означает, что всё множество цепочек, принимаемых автоматом, задействует все его состояния и входные символы, и только их.

Однако это не значит, что не может существовать другая грамматика типа 3 с меньшим числом нетерминалов, порождающая тот же самый язык. Аналогично, не исключено, что данный регулярный язык может приниматься другим автоматом с меньшим числом состояний.

Определение 4. Пусть $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$ — приведённый dfa. Состояния $p, q \in Q$ будем называть *подобными*, и писать $p \sim q$, если

$$((p \in F) \wedge (q \in F)) \vee ((p \notin F) \wedge (q \notin F)) \wedge ((D(p) = D(q))),$$

где $D(p), D(q)$ — множества допустимых входных символов $a \in \Sigma$ в состоянии p и q соответственно.

Определение 5. Пусть $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$ — приведённый dfa, и $T(M) = L$. Определим *отношение эквивалентности* R на множестве состояний Q следующим образом:

$$pRq \Leftrightarrow ((D(p) = D(q)) \wedge (\forall a \in D(p)): \delta(p, a) R \delta(q, a)).$$

Далее даётся описание алгоритма построения отношения эквивалентности на множестве состояний конечного автомата (этап I) и классов эквивалентных состояний в этом отношении (этап II) в стиле программы на языке типа Алгол68 с комментариями.. Подразумевается, что в алгоритме используются операции над множествами, представимыми статическими массивами из целых, пар целых, т. е. элементов вида `.index = .struct (.int p, q)` или элементов вида `.class = [] .int`, то есть одномерных массивов целых с разным числом элементов, но не больше, чем число состояний автомата. Над значениями вида `.index` определена операция выборки поля (см. строки 47–49 в Алгоритме 1).

Для пополнения таких множеств новыми элементами используются операции \cup . При пополнении массивов новыми элементами с помощью присваивания предполагается, что значение правого операнда присваивается левому только в том случае, когда он не равен ни одному элементу массива, представляющее множество соответствующего вида (см. строки 10, 21, 30, 53 в Алгоритме 1).

Формулы вида $\#S$, где S — обозначает массив, дают число элементов S , значения которых определены.

На этапе I используются следующие обозначения и представления:

1. Автомат представляется матрицей переходов, строки которой индексируются номерами состояний, а столбцы — входными символами $a \in \Sigma$.
2. Состояние автомата представляется его номером $1 \leq i \leq n$, где $n = \#Q$ — число состояний, причём состояние 1 считается начальным.
3. Принимая во внимание рефлексивность и симметричность отношения эквивалентности R , оно, ради экономии памяти, представляется статическим массивом $E[1: e]$ `.index`, элементами которого являются пары номеров состояний (p, q) , где $p < q$, называемые *гипотезами*. Гипотеза представляется как значение вида `.index`. Число элементов в массиве E оценивается по формуле $e = (n(n + 1)) \div 2$.

4. Понятие подобности состояний p и q переносится на гипотезы $h = (p, q)$ с помощью формулы $\sim h$, которая реализует проверку подобности состояний, составляющих гипотезу h .
5. $H [1 : \# \Sigma]$ — массив гипотез, относящихся к парам подобных состояний.
6. k — индекс текущей (*опорной*) гипотезы в массиве H . Оператор $H [k + := 1] := h$ пополняет множество гипотез в том случае, когда h ещё не находится в массиве H .

На этапе II, кроме того, используются следующие обозначения и представления:

7. CLASS $[1 : n]$.int — элементы текущего класса состояний.
8. CLASS INDEX $[1 : n]$.class — индекс классов. Элемент этого массива есть множество состояний исходного автомата, составляющих один класс эквивалентности.
9. $B [1 : n]$.int — множество базовых элементов класса.
10. $A [1 : n]$.int — множество состояний, включённых во все классы эквивалентности.

Подчеркнём, что в массивах определены только элементы с младшими индексами.

Алгоритм 1. Построение классов эквивалентности в отношении P .

Вход: Приведённый dfa $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$.

Выход: CLASS INDEX — множество классов эквивалентности в отношении P .

Метод:

1. **begin** {ЭТАП I: построение отношения эквивалентности на множестве состояний}
2. $m := 0$; { Множество пар эквивалентных состояний (p, q) , где $p < q$ }
3. **for** i **to** $n - 1$ { $1 \leq i \leq n$, где $n = \# Q$ }
4. **do** { i }
5. **for** j **from** $i + 1$ **to** n { $j \leq i + 1 \leq n$ }
6. **do** { j } $h := (i, j)$; { Очередная пара состояний: $i < j$ }
7. $k := 0$; { Число элементов в массиве H }
8. **if** $(h \notin E) \wedge (\sim h)$ { Состояния i и j подобны }
9. **then** { Гипотезы h в E нет. Инициализация массива гипотез: }
10. $H [k + := 1] := h$; { В H теперь только одна гипотеза }
11. *Continue* := **true**;
12. { Цикл проверки гипотез }
13. **for** l **while** $(l \leq k) \wedge$ *Continue*
14. **do** $h := H [l]$ { Перебор гипотез }
15. **for** $\forall a \in D(h)$ { Область определения состояний, составляющих h }
16. **do** $h' := (\delta(p \text{ of } h, a), \delta(q \text{ of } h, a))$;
17. **if** $\sim h'$
18. **then** { гипотеза h' касается состояний
19. с одинаковыми областями действия }
20. **if** $h' \notin H [1 : k]$
21. **then** $H [k + := 1] := h'$ { H пополняется h' }
22. **fi**
23. **fi**
24. **od** { Конец цикла пополнения гипотез }
25. **od**; { Конец цикла проверки гипотез }
26. **for** l **to** k
27. **do**
28. $h := H [l]$;
29. **if** $h \notin E [1 : m]$
30. **then** $E [m + := 1] := h$
31. **fi**
32. **od**;
33. { Текущий этап пополнение массива E проверенными гипотезами закончен }
34. *Continue* := **false**
35. **fi**
36. **od** { j }
37. **od** { i };
38. {ЭТАП II: построение классов эквивалентности состояний}
39. **if** $m > 0$ { $E \neq \emptyset$ }
40. **then**
41. $A := \emptyset$; { Множество задействованных состояний в классах эквивалентности }
42. $B := \{1\}$; { Инициализация класса начального класса }
43. $i := 0$; { Инициализация индекса классов }
44. *next* : { Цикл построения очередного класса }
45. **for** $\forall h: (h \in E)$
46. **do**
47. **if** $(p \text{ of } h) \in B$

```

48. then  $B := B \cup (q \text{ of } h)$ 
49. elif  $q \text{ of } h \in B$  then  $B := B \cup (p \text{ of } h)$ 
50. fi
51. od;
52. CLASS :=  $B$ ; {Очередной класс}
53. CLASS INDEX [ $i += 1$ ] := CLASS; {Фиксация класса в индексе классов}
54.  $A := A \cup B$ ; {Фиксация состояний, включённых в классы эквивалентности}
55. if # $A < \#Q$ 
56. then {Не все состояния распределены по классам}
57. Continue = true;
58. for  $\forall b: (b \in Q)$  while Continue
59. do {Цикл нахождения базового элемента следующего класса}
60. if  $b \notin A$ 
61. then  $B := b$ ; Continue := false
62. fi
63. od;
64. goto next {Возврат на построение следующего класса}
65. fi
66. fi
67. end

```

Аналог отношения эквивалентности P представлен массивом E . Если при окончании этапа I оказывается, что $m = 0$, то исходный автомат уже минимальный: каждый класс эквивалентности содержит по одному состоянию исходного автомата. В противном случае множество CLASS INDEX представляет классы состояний в отношении эквивалентности P . Подставляя эти классы вместо состояний исходного автомата, мы получаем минимальный автомат, принимающий тот же самый язык.

Метод Хопкрофта построения канонического конечного автомата

Напомним несколько определений и фактов из [6], необходимых для сравнения метода Дж. Хопкрофта и метода, предлагаемого в данной статье, применительно к минимизации детерминированных конечных автоматов.

Определение 6. Пусть $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$ — детерминированный конечный автомат, $q_1, q_2 \in Q$, и $q_1 \neq q_2$. Считается, что $x \in \Sigma^*$ различает q_1 и q_2 , если $(q_1, x) \vdash^*(q_3, \varepsilon)$, $(q_2, x) \vdash^*(q_4, \varepsilon)$, и только одно из q_3 и q_4 принадлежит F .

Говорят, что q_1 и q_2 k -неразличимы, и пишут $q_1 \equiv^k q_2$, если и только если не существует никакого x с $|x| \leq k$, который бы различал q_1 и q_2 .

Говорят, что состояния q_1 и q_2 неразличимы по Хопкрофту, и пишут $q_1 \equiv q_2$, если и только если они k -неразличимы для всех $k \geq 0$.

Определение 7. Конечный автомат M будем считать приведённым по Хопкрофту, если все состояния достижимы по п. (1) определения 3, и никакие два состояния, $q_1 \neq q_2$, не различаются по Хопкрофту.

Поскольку отношение неразличимости состояний по Хопкрофту \equiv равнозначно отношению эквивалентности P по определению 5, то приведённость конечного автомата по Хопкрофту равнозначна тому, что он минимален по числу состояний.

Алгоритм Хопкрофта [6] (см. Алгоритм 2.2 ниже) построения такого автомата с минимальным числом состояний опирается на следующую

Лемму 2.11. Пусть $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$ — конечный автомат с n состояниями. Состояния q_1 и q_2 неразличимы тогда и только тогда, когда они $(n - 2)$ -неразличимы.

При её доказательстве отмечается, что $q_1 \equiv^k q_2$ при двух следующих условиях:

(1) $q_1 \equiv^0 q_2$ тогда и только тогда, когда q_1 и q_2 оба либо принадлежат, либо не принадлежат F , и

(2) $q_1 \equiv^k q_2$ тогда и только тогда, когда $q_1 \equiv^{k-1} q_2$ и $\delta(q_1, a) \equiv^{k-1} \delta(q_2, a)$ для всех $a \in \Sigma$, из чего следует, что $\equiv \supseteq \equiv^{n-2} \supseteq \equiv^{n-3} \supseteq \dots \supseteq \equiv^2 \supseteq \equiv^1 \supseteq \equiv^0$.

Справедливость леммы следует из того, что отношение эквивалентности \equiv^0 грубо разбивает Q на два класса эквивалентности F и $Q - F$. Затем, если $\equiv^{k+1} \neq \equiv^k$, то \equiv^{k+1} является строгим уточнением \equiv^k , т. е. \equiv^{k+1} содержит, по крайней мере, на один класс эквивалентности больше, чем \equiv^k . Поскольку существует самое большее $n - 1$ элементов либо в F , либо в $Q - F$, мы можем иметь не больше $n - 2$ последовательных уточнений \equiv^0 . Если для некоторого k имеется равенство $\equiv^{k+1} = \equiv^k$, то $\equiv^{k+1} = \equiv^{k+2} \dots$ по (2). Таким образом, \equiv есть первое отношение \equiv^k такое, что $\equiv^{k+1} = \equiv^k$. \square

Алгоритм 2.2. (Хопкрофт). Построение канонического конечного автомата.

Вход: Конечный детерминированный автомат $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$.

Выход: M' — приведённый по Хопкрофту (см. Определение 7) конечный автомат, эквивалентный автомату M .

Метод:

Шаг 1: Исключить из автомата M все состояния, не достижимые из q_0 .

Шаг 2: Строить отношения эквивалентности $\equiv^0, \equiv^1, \dots$, как описано в лемме 2.11, до тех пор, пока не совпадут $\equiv^{k+1} = \equiv^k$ при некотором k . Взять в качестве \equiv отношение \equiv^k .

Шаг 3: Построить конечный автомат $M' = (Q', \Sigma, \delta', q_0', F')$, где

(3.1) Q' — множество классов эквивалентности отношения \equiv , где $[p]$ — класс эквивалентности отношения \equiv , содержащий состояние p ;

(3.2) $\delta'([p], a) = [q]$, если $\delta(p, a) = q$;

(3.3) $q_0' = [q_0]$;

(3.4) $F' = \{[q] \mid q \in F\}$. \square

Можно непосредственно доказать, что шаг 3.2 непротиворечив, т. е. какой элемент класса $[p]$ не взять, значение $\delta'([p], a)$ будет одним и тем же классом.

Доказательство равенства $L(M) = L(M')$ просто. Его можно найти во многих учебниках¹.

Остаётся убедиться в том, что автомат с меньшим числом состояний, чем у M' , не может допускать $L(M)$. Теорема 2.6 из [6] даёт убедительный ответ на справедливость этого утверждения.

Теорема 2.6. Автомат M' , который строится алгоритмом 2.2, имеет наименьшее число состояний среди всех конечных автоматов, допускающих язык $L(M)$.

Доказательство

Предположим, что M'' имеет меньше состояний, чем M' , и что $L(M'') = L(M)$. В силу шага 1 алгоритма 2.2 каждое состояние M' достижимо. Так как M'' имеет меньше состояний, чем M' , то найдутся цепочки w и x , переводящие состояние q_0'' в разные состояния, а q_0'' (начальное состояние автомата M'') в одно и то же:

$$(q_0'', w) \stackrel{*}{\underset{M''}{\vdash}}(q, \varepsilon) \text{ и } (q_0'', x) \stackrel{*}{\underset{M''}{\vdash}}(q, \varepsilon).$$

Следовательно, w и x переводят автомат M в различные состояния, скажем, p и r . Это значит, что существует такая цепочка y , такая что только одна из цепочек wy и xy принадлежит $L(M)$. Но wy и xy должны переводить M'' в одно и то же состояние s , для которого $(q, y) \stackrel{*}{\underset{M''}{\vdash}}(s, \varepsilon)$. Таким образом, точно одна из цепочек wy и xy не может принадлежать $L(M'')$, а это противоречит предположению о том, что $L(M'') = L(M)$.

\square

Пример: сравнение с методом Хопкрофта

С целью сравнения Алгоритма 1 (см. раздел 1) с Алгоритмом 2.2 Хопкрофта [6], выполним его на примере языка, распознаваемого автоматом A_0 , позаимствованного из [7] (Ch. 2, pp. 45–46) (см. Рис. 1 ниже).

Автомат A_0 читает цепочки символов 0 и 1 и распознаёт их как двоичные числа, конгруэнтные 2 (по модулю 3). Обозначение вида $v_3(x)$ представляет бинарную цепочку x как целое неотрицательное значение по модулю 3.

Например, $v_3(100) = 1$ и $v_3(1011) = 2$.

Рассмотрим произвольную входную цепочку $w = a_1 \dots a_n$ на входе A_0 , где каждый a_i ($1 \leq i \leq n$) есть или 0 или 1. Ясно, что для каждого i цепочка $a_1 \dots a_i$ попадает в один из этих трёх случаев: (0) $v_3(a_1 \dots a_i) = 0$, (1) $v_3(a_1 \dots a_i) = 1$ и (2) $v_3(a_1 \dots a_i) = 2$. Никакие другие случаи невозможны. Так что A_0 нуждается только в трёх состояниях, которые соответствуют вышеупомянутым трём случаям. Обозначим эти три состояния p_0, p_1 и p_2 соответственно. Состояние p_0 , соответствующее случаю (0), является стартовым, состояние p_1 соответствует случаю (1), состояние p_2 , соответствующее случаю (2), является конечным. Правила, которые управляют изменениями состояний, должны быть определены соответственно.

Заметим, что $v_3(a_1 \dots a_{i+1}) = 2 * v_3(a_1 \dots a_i) + a_{i+1} \pmod{3}$. Так, если текущее состояние есть p_1 и текущий входной символ есть 1, то следующее состояние есть p_0 , поскольку $2 * 1 + 1 = 0 \pmod{3}$. Ясно, что каждый шаг изменения состояния единственным образом определён текущим состоянием и текущим входным символом. Мы выделяем состояние p_2 как конечное состояние и определяем, что A_0 принимает вход w , если он находится в состоянии p_2 после чтения последнего символа w . Очевидно, что dfa A_0 является минимальным по числу состояний. Он представлен на Рис. 1.

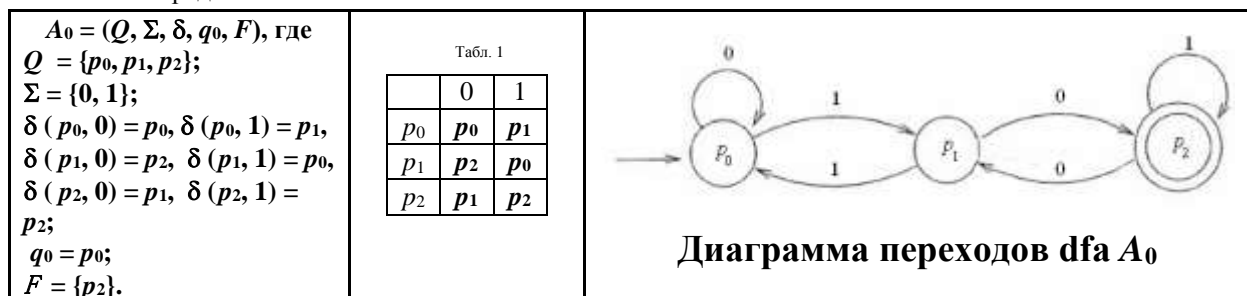


Рис. 1. Минимальный dfa A_0

¹ См., например, [4].

Теперь мы проделаем следующий эксперимент в три этапа.

(1) Построим регулярное выражение для языка, распознаваемого dfa A_0 :

$$(0 ; 1, 1)^* , 1, 0, (1 ; 0, (1, 0^* , 1)^* , 0)^* \quad (*)$$

(2) По регулярному выражению (2) построим dfa A_1 (см. Табл. 1 на Рис. 2), который имеет больше состояний, чем dfa A_2 (см. Табл. 2 на Рис. 2).

(3) Используя выше описанный алгоритм 1 (этап 1) получения отношения P на состояниях A_1 , построим dfa A_2 , заменяя состояния A_1 на классы эквивалентности этого отношения. Получаем dfa A_2 , который, как видим, равен автомату dfa A_0 .

Таблица 1. dfa A_1 .			Таблица 2. dfa $A_2 = A_0$.		
Состояние	0	1	Класс экв. состояний	0	1
1	2	3	[1] = {1,2,5,9,10}	[1]	[2]
2	2	3	[2] = {3,6,11}	[3]	[1]
3	4	5	[3] = {4,7,8} – конечное	[2]	[3]
4 – конечное	6	7			
5	2	3			
6	8	9			
7 – конечное	6	7			
8 – конечное	6	7			
9	10	11			
10	10	11			
11	8	9			

Начальное состояние автомата A_1 имеет номер 1.

Рис. 2. Матрицы переходов dfa A_1 и dfa A_2

Обратимся к Алгоритму 2.2 из [6] и продемонстрируем его выполнение на автомате A_1 , построенном из регулярного выражения (*) (см. Табл. 1 на рис. 2).

Сначала вычислим отношение \equiv , строя последовательность приближений \equiv^k , начиная с $k = 0$. Следуя Алгоритму 2.2, разобьём всё множество состояний данного автомата на два подмножества в соответствии с Леммой 2.11: {4, 7, 8} и {1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 11}. В первое включены все конечные состояния, во второе — все остальные. Они представляют начальное приближение классов эквивалентности отношения \equiv .

Ход разбиения множества состояний автомата A_1 на подмножества приближений к классам эквивалентности в отношении \equiv , представлен в таблице 3.

Степень уточнения	Уточнённые классы неразличимых состояний
\equiv^0	{4, 7, 8} , {1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 11}
\equiv^1	{4, 7, 8}, {1, 2, 3, 5, 9, 10}, {3, 6, 11}
\equiv^2	{4, 7, 8}, {1, 2, 3, 5, 9, 10}, {3, 6, 11}

Таблица 3

Итак, $\equiv^1 = \equiv^2 = \equiv$, и процесс нахождения классов эквивалентности в отношении \equiv автомата A_1 закончен.

Заметим, что множество классов эквивалентных состояний автомата A_1 , полученное в отношении \equiv при помощи Алгоритма 2.2, равно такому же множеству в отношении $P = \{(1, 5), (1, 9), (1, 10), (2, 5), (2, 9), (2, 10), (3, 6), (3, 11), (4, 7), (5, 10), (6, 11), (7, 8), (9, 10)\}$, полученному посредством Алгоритма 1.

Замена состояний в матрице переходов автомата A_1 (Рис. 2, Табл. 1) на классы эквивалентности отношения \equiv или P даёт матрицу переходов автомата A_2 (Рис. 2, Табл. 2), равную матрице переходов автомата A_0 с минимальным числом состояний априори.

Заключение

Алгоритм 1 и Алгоритм 2.2 Дж. Хопкрофта [6] базируются на использовании классов эквивалентности по признаку *неразличимости* или *различимости* множеств цепочек, принимаемых в соответствующих состояниях, соответственно.

Первый из этих алгоритмов непосредственно строит отношение как множество пар *неразличимых* состояний по движениям автомата, а классы эквивалентности получаются в результате транзитивного замыкания этого отношения.

Второй алгоритм, начиная с грубого разделения состояний на два подмножества, первое из которых включает все конечные состояния, а второе — все остальные состояния, и затем уточняет это разбиение путём перераспределения состояний по признаку *различения* соответствующих переходных состояний.

Иначе говоря, эти алгоритмы основываются на двойственных методах и могут иметь разные предпочтения при их реализации. Например, в случае, когда автомат минимальный или близкий к минимальному, то есть основание полагать, что Алгоритм 1 даст ответ быстрее Алгоритма 2.2, поскольку он получит результат уже по признаку *подобия* (\sim), который аналогичен признаку *различия* степени 0 (\equiv^0).

Реализация этих двух алгоритмов имеют схожую оценку сложности порядка $kn \log n$, где k — некоторая константа, линейно зависящая от размера входного алфавита, а n — число состояний конечного автомата [8].

Литература

1. Пересмотренное сообщение об Алголе 68. / Ред. А. Ван Вейнгаарден. М.: «Мир», 1979.
2. Алгол 68. Методы реализации / Ред. Г.С. Цейтин. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1976. 224 с.
3. Мартыненко Б. К. Челночные трансляции в SYNTAX-технологии. // Компьютерные инструменты в образовании, 2014. № 5. С. 3–15.
4. Hopcroft J. E., Ullman J. D. Formal languages and their relations to automata. 243 p. Addison-Wesley publishing company, 1969.
5. Мартыненко Б. К. Синтаксически управляемая обработка данных. Санкт-Петербург: Издательство Санкт-Петербургского университета, 2004. 316 С.
6. Ахо А., Ульман Дж. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. Том.1: 613 с. М.: Изд-во «Мир», 1978.
7. Rozenberg G., Salomaa A. Handbook of Formal Languages. Vol.1: Word, Language, Grammar, 873 p. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1997.
8. Hopcroft J. E. An $n \log n$ algorithm for minimizing states in a finite automaton. Technical Report CS-71-190, Stanford University, January 1971.

Адо́льф Льво́вич Фу́ксман – математик и программист

Михалкович Станислав Станиславович, к.ф.-м.н.

Институт математики, механики и компьютерных науки имени И.И.Воровича ЮФУ,
Ростов-на-Дону, Россия,
miks@sfedu.ru

Налбандян Юлия Сергеевна, к.ф.-м.н.

Институт математики, механики и компьютерных науки имени И.И.Воровича ЮФУ,
Ростов-на-Дону, Россия,
ysnalbandyan@sfedu.ru

Ключевые слова: история науки, системное программирование, аспектно-ориентированное программирование, прорезающая функциональность, вертикальное слоение программ

Физико-математический (впоследствии – механико-математический) факультет Ростовского (Южного федерального) университета всегда отличался яркими, талантливыми, неординарными личностями, которые вдохновляли и вели за собой. Таким человеком был и Адольф Львович Фуксман, ставший легендой при жизни, сыгравший важную роль в развитии системного программирования и трагически погибший в 40 лет.

Первые годы его жизни складывались так, как почти у всех девчонок и мальчишек его поколения. Он родился 4 июля 1937 года в Запорожье, военные годы провел в эвакуации на Урале, в 1944-м вместе с семьей оказался в Мариуполе). Здесь, фактически, прошло его детство, здесь он увлекся математикой, а это в 1954 году привело его на физико-математический факультет Ростовского госуниверситета (любопытно, что Мариуполь к тому времени уже был переименован в Жданов, а в 1957 г. Юрий Андреевич Жданов станет ректором РГУ).

Пятидесятые годы в истории физмата-мехмата занимают особое место. Ушли из жизни или по разным причинам перешли в другие вузы переехавшие в Ростов–на-Дону из Варшавы основатели ростовской математической школы, в том числе Д.Д. Мордухай-Болтовской и В.П. Вельмин, но успешно и активно работали их ученики, пережившие тяжёлые военные годы и вставшие у руля факультета (М.Г. Хапланов, С.Я. Альпер, Е.Л. Литвер, К.К. Мокрищев, Н.М. Несторович), дополнили ряды преподавателей фронтовики (А.А. Сукало, Н.Н. Рожанская). В 1953 году из Казани вместе с группой талантливых учеников приехал профессор Ф.Д. Гахов, вскоре организовавший знаменитый «большой гаховский семинар» по математическому анализу и механике. Кроме того, в конце 40-х – начале 50-х гг. в состав кафедры теоретической механики влились приехавшие из Москвы будущие академики, а тогда молодые кандидаты наук И.И. Ворович, проработавший в Ростове до последних дней своей жизни (его имя носит теперь Институт математики, механики и компьютерных наук), и Н.Н. Моисеев – в 1956 он вернется в Москву, но в своих воспоминаниях [1] очень тепло будет вспоминать этот период своей жизни: «Неожиданно оказалась очень приятной и деловой атмосфера на нашем физико-математическом факультете. Там собралась весьма квалифицированная компания доцентов, подобранная еще профессором Мордухай-Болтовским... Может быть, они и не были первоклассными учеными, но все были знающими, интеллигентными преподавателями вполне университетского уровня. Теперь я уже имею право сказать, что все доценты факультета были профессионалами высокого класса. Именно они определяли погоду на факультете, который тогда был заметным явлением на фоне других провинциальных университетов».

В такой обстановке не мог не раскрыться талант увлеченного и яркого студента. Адольф Фуксман успешно учился, активно занимался в студенческом научном обществе, увлекался музыкой и спортом, не чуждался общественной деятельности (был членом комитета комсомола), а в 1957 году вместе с другими физматовцами работал на целинных землях в Казахстане, о чём в сборнике [2] очень эмоционально вспоминал его однокурсник, ныне профессор В.П. Захарюта. Физматовские педагоги в те годы учили студентов не только математике – без всякого преувеличения можно сказать, что они учили вчерашних мальчишек и девчонок быть людьми. Учили личным примером, профессионализмом, самоотверженностью. А заодно вводили ребят в удивительный мир искусства, как, например, один из ведущих филофонистов

СССР, Г.С. Бархин, регулярно проводивший для студентов прослушивание записей классической музыки из своей уникальной коллекции.

При всём разнообразии интересов главным делом в жизни юного математика становится Наука. Он увлекся вопросами приближения функций. По воспоминаниям В.П. Захарюты задачу А.Л. Фуксману о приближении с соблюдением нулевых граничных условий (обобщение результатов И.Ю. Харрик) поставил Иосиф Израилевич Ворovich. Она возникла в связи с применением вариационных методов решения краевых задач для эллиптических уравнений. Непосредственное руководство этой работой осуществлял Семен Яковлевич Альпер, один из ведущих лекторов и учёных факультета, однако в аспирантуре (1959–1962 гг.) официальным руководителем Адольфа Львовича был Михаил Григорьевич Хапланов.

Влиял на научные интересы Фуксмана и его друзей и Михаил Михайлович Драгилев. Фронтоник, выпускник 1951 года, в те годы он работал в Новочеркасском инженерно-мелиоративном институте и в Ростовском институте инженеров сельхозмашиностроения, но кандидатскую диссертацию «Некоторые вопросы теории базиса пространства аналитических функций» защищал в РГУ. Его блестящий результат о квазиэквивалентности базисов в пространстве аналитических функций и применение тонких методов функционального анализа к решению проблемы, которая ставилась в терминах классического анализа произвели на молодых учёных очень сильное впечатление и привело их к увлечению функциональным анализом.

В 1960 – 1962 гг. в Докладах Академии наук СССР по представлению академика В.И.Смирнова были опубликованы три статьи А.Л.Фуксмана. Результаты работ [3] и [4] существенно опирались на новый метод продолжения функции с сохранением дифференциальных свойств из области, граница которой содержит особые точки определенного вида, в [5] обсуждался вопрос о том, в какой мере быстрота сходимости данной последовательности аппроксимирующих функций в некоторой точке определяется свойствами приближаемой функции в некоторой окрестности этой точки.

Кандидатскую диссертацию «Приближение функций многих действительных переменных с сохранением однородных условий на границе области» А.Л.Фуксман защитил в 1962 году в Днепропетровском государственном университете. Новоиспеченный кандидат наук успешно работает старшим преподавателем в Ростовском государственном пединституте и ещё не подозревает, что вскоре бурные события, разворачивающиеся в РГУ в связи с развитием вычислительного центра, полностью изменят его жизнь.

Ещё в начале учебного 1958/59 года Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР сообщило ректорату, что РГУ выделена одна из первых в СССР серийных ЭВМ «Урал-1». Во главе формируемого коллектива оказались учителя А.Л.Фуксмана – Ф.Д.Гахов, Е.Л.Литвер, М.М.Чепинога, Л.А.Чикин. Вычислительный центр набирал свою силу (историю его становления можно найти на сайте <http://50.uginfo.sfedu.ru/history.htm>), но уже в начале 60-х годов возникли некоторые проблемы, а в конце 1963 года руководство мехмата (факультет разделится на физический и физико-математический в 1961 г.) всерьез задумалась о смене руководства.

В начале 1964 года А.Л.Фуксман становится старшим научным сотрудником ВЦ, а вскоре возглавляет Вычислительный центр (официально, судя по архивным данным, он по конкурсу избирается на должность заведующего ВЦ в ноябре 1965 года). И это не просто изменение места работы – это еще и полное изменение тематики научных исследований. Его математические работы будут появляться в научных журналах вплоть до 1968 года см [6-8]; причем в [6] сформулирован и обоснован важнейший результат о продолжении функций с сохранением гладкости, существенно усиливающий предшествующие результаты В.К.Дзядыка и С.М.Никольского, а в [7] доказаны обращения известных теорем А.Ф.Тимана и В.К. Дзядыка – эти публикации сделали их автора признанным авторитетом в конструктивной теории функций), однако новым и основным увлечением учёного становятся вопросы, связанные с развитием вычислительной техники – трансляторы, языки программирования, системное программирование.

И всё же сначала предстояло решать насущные проблемы Вычислительного центра – прежде всего, стремительно растущие потребности в современной технике и профессиональных кадрах. Справились с этим А.Л.Фуксман и его команда просто отлично. Среди важнейших достижений – запуск в 1966 г. первой ЭВМ второго поколения «Урал-11М», строительство нового здания ВЦ в 1972 году, запуск «БЭСМ-6» в 1975 году и установка ЕС-1022 – одной из первых ЭВМ серии ЕС в РГУ – в 1976. С каждой новой машиной штат пополнялся молодыми инженерами и математиками. В немалой степени ради их развития с 1973 года стали проводиться ежегодные всесоюзные школы-семинары по системному и теоретическому программированию. Школы, которые будут собирать цвет советской программистской науки, которые очень быстро войдут в историю и обрстут легендами (тема эта требует своего исследования, первые попытки хоть как-то систематизировать информацию предприняты в сборнике [2], куда включены воспоминания постоянных участников школ, стоявших у истоков современного программирования – С.М.Абрамовича, В.Ш. Кауфмана, А.С.Клещёва, Л.В.Тёмова, А.Н.Терехова). Школы, основателем, вдохновителем и научным руководителем которых был именно Адольф Львович Фуксман, чей острый ум, человеческое обаяние, широта научных интересов и постоянная готовность к научному контакту ценились подавляющим большинством учёных.

Развитие вычислительного центра во многом предопределило изменения и в структуре мехмата. В 1971 году на факультете открылось отделение прикладной математики. Созданная кафедра вычислительной математики, которую возглавил И.Б. Симоненко, уже в 1972 году делится на три – кафедра алгебры и дискретной математики (заведующий – профессор И.Б. Симоненко), кафедра вычислительной математики (заведующий – профессор В.И. Юдович), кафедра математического обеспечения ЭВМ и АСУ (заведующий – доцент Г.В. Аржанов). В основном, именно на кафедре Г.В. Аржанова, на полставки, регулярно и увлеченно работал Адольф Львович. Как заметил в размещенных в [2] воспоминаниях И.И. Голянд, «сам он учился на «пятерки» и, преподавая, требовал такой же учёбы у студентов». А.Л. Фуксман вёл курсы на мехмате, читал вычислительную математику на других факультетах (в частности, по воспоминаниям И.И. Голянда, на геофаке), руководил вычислительной практикой – и очаровывал всех слушателей профессионализмом и энтузиазмом.

Все, кто оценивает организационную деятельность А.Л. Фуксмана, в один голос подчёркивают главное – именно с ним связано научное направление в деятельности Вычислительного центра (и до него, и после преобладало инженерное). Впрочем, это не удивительно. Ведь, переключившись на новую для себя тематику, Адольф Львович и в этой области получил незаурядные результаты. Г.В. Муратова в [9, с.15] подчеркивала, что Фуксман «впервые в Ростове стал заниматься актуальными в то время проблемами системного и теоретического программирования. Он открыл и исследовал класс так называемых слаборазделённых грамматик, которые были положены в основу всех созданных в РГУ трансляторов и систем автоматизации их построения. Эти работы вывели Фуксмана в ряды лидеров теоретического и системного программирования СССР. Важными практическими результатами его научной школы стали трансляторы с языков Алгол-60, Фортран и Симула-67».

Как уже было отмечено, анализ научных работ А.Л. Фуксмана показывает, что после 1968 года он полностью изменил тематику научных исследований. В основном, это работы, связанные с построением трансляторов и грамматиками языков программирования. Ряд работ [10-12] написан по результатам выступления на конференциях по системному и теоретическому программированию, проводившихся в Новосибирске.

Последняя книга А.Л. Фуксмана «Технологические аспекты создания программных систем» [13] была выпущена в издательстве «Статистика» уже после его смерти. В предисловии к [13] академик А.П. Ершов напишет: «Каждый из знающих автора перевернет последнюю страницу этой книги со смешанным чувством удовлетворения и горечи. Почти завершив работу над рукописью, Адольф Львович Фуксман погиб в результате несчастного случая. Рукопись была подготовлена к печати его сотрудниками. Адольфу Львовичу, однако, удалось подвести первый итог его успешной научной и конструкторской работы, выдвинувшей его в ряды ведущих системных программистов. Память о нем навсегда сохранится в сердцах его друзей и товарищей по профессии, и его книга — одна из первых книг в СССР по системному программированию — долго послужит развитию предмета..»

В отличие от более теоретических работ, в [13] А.Л. Фуксман обобщал практический опыт программистов ВЦ РГУ по созданию высокотехнологичных программных систем. По-существу, в его последней книге содержались ответы на вопросы, как следует писать и развивать большой программный комплекс.

Следует отметить, что практические технологии и парадигмы стремительно меняются в ИТ-мире. Используемые 5–10 лет назад технологии либо умирают, либо претерпевают стремительные изменения. Технологии же, предлагавшиеся почти полвека назад, как правило, имеют лишь историческую ценность. В свете этого особый интерес представляет исследование о том, какое влияние оказала работа [13] на современные технологии разработки программного обеспечения и какие её идеи актуальны до сих пор.

Сердцевиной книги «Технологические аспекты создания программных систем» является технология вертикального слоения программ, которая по существу представляет собой широко известную сегодня парадигму аспектно-ориентированного программирования, появившуюся примерно на 20 лет позже. Рассмотрим данный вопрос подробнее.

Основы технологии вертикального слоения описываются в [13] в главе 3. Согласно этой технологии, все функции программной системы подразделяются на реализующие и расширяющие. Реализующие функции образуют то, что А.Л. Фуксман называл основой программной системы. Это те функции, которые нельзя изъять без потери работоспособности системы. Напротив, расширяющие функции обладают тем свойством, что их изъятие не лишает систему работоспособности. Код, реализующий расширяющую функцию, и называется вертикальным слоем. Вертикальный слой состоит из фрагментов кода, входящих в модули разных горизонтальных уровней. Именно представление программы в виде основы и последовательности расширяющих функций А.Л. Фуксман называл процессом вертикального слоения программы.

Далее в [13] исследовано понятие программного слоя более детально. В частности, отмечается, что вертикальный слой является **рассредоточенным действием, для которого необходимо сосредоточенное описание**. Его текст – это набор вставок в основу, к которой возможно добавлены некоторые другие слои. Сосредоточенное описание вертикального слоя включает в себя: ссылку на основу, указание на то, какие слои должны быть подключены перед добавлением этого слоя, список программных фрагментов с

указанием координат мест вставки, неформальное описание расширяющей функции, реализуемой слоем, а также понятия и термины, связанные с расширяющей функцией. Для получения выполнимой программы необходимо осуществить процесс интеграции. Текст интегрированной программы должен быть послойно размеченным: пометки позволяют отнести любую часть текста к определенному слою.

Хорошо известная современная технология Аспектно-ориентированного программирования (АОП) также основана на идее разделения функциональности для улучшения разбиения программы на модули. Методология АОП была предложена группой инженеров исследовательского центра Xerox PARC под руководством Грегора Кичалеса [14]. Ими же было разработано аспектно-ориентированное расширение для языка Java, получившее название AspectJ. Основные понятия АОП [14] удивительным образом повторяют соответствующие понятия технологии вертикального слоения программ:

аспект (у Фуксмана – **слой**) — модуль или класс, реализующий сквозную функциональность. Аспект изменяет поведение остального кода, применяя совет в точках соединения, определённых срезом;

совет (у Фуксмана – **фрагмент слоя**) — средство оформления кода, которое должно быть вызвано из точки соединения;

точка соединения (у Фуксмана – **координаты места вставки**) — точка в выполняемой программе, где следует применить совет;

срез — набор точек соединения;

внедрение (у Фуксмана – **процесс интеграции**) — добавление функциональности аспекта в целевой код.

Отметим, что первая статья по АОП [15] вышла в 1996 г. – на 17 лет позже книги [13], а система AspectJ появилась в 2001 г. Отметим также, что названия терминов в книге А.Л.Фуксмана более просты и естественны для восприятия.

Кроме определения вертикального слоя, А.Л. Фуксман вводит важное понятие зависимости слоёв, слабо представленное в современном АОП. В частности, в [13] введены три вида зависимостей: зависимость включения слоя В от слоя А (без слоя А слой В лишен смысла), зависимость расположения слоев А и В (некоторые фрагменты А и В являются соседними в интегрированной программе и могут быть расположены только в определенном порядке) и зависимость по составу слоев А и В (фрагмент входит в целевую программу если присутствуют оба слоя А и В, один из этих слоёв или присутствует один и обязательно не присутствует другой). Попытки формализации такой зависимости предпринимались спустя более 25 лет на ряде конференций по АОП, однако существенного прогресса здесь достигнуто не было.

В заключение главы 3 А.Л. Фуксман приводит достоинства технологии вертикального слоения. Это прежде всего создание на ранней стадии развития программы некоторого полностью работоспособного варианта и увеличение полноты этого варианта с каждым добавлением нового вертикального слоя в систему. Кроме того, так как создание слоя включает создание документации, система в каждый момент полностью документирована. Важным свойством подобной системы является ее облегченная модернизация, которая сводится фактически к процессу добавления новых вертикальных слоёв в систему. Процесс познания системы, написанной методом вертикального слоения, отличается от такового при изучении системы сверху вниз (до окончания изучения не ясны подробности функционирования) и снизу вверх (до окончания изучения не ясны стыковки частей в целое). Наконец, отладка системы по слоям позволяет использовать реальные данные в полностью работающей системе.

Фактически высказанные идеи в совокупности существенно превосходят идею АОП. Здесь удивительным образом можно встретить другие современные идеи и технологии: технологию быстрой разработки программ, технологию порождающего программирования, метапрограммирование, семантическую (послойную) систему контроля версий: процесс коррекции послойной программы представляется как отдельный корректирующий слой. Кроме того, здесь явно сформулирована идея разработки через тестирование: слой по Фуксману обязан содержать все тесты, иллюстрирующие его правильность, а после коррекции слоёв запускаются все тесты, принадлежащие этим слоям.

Наконец, высказана важнейшая идея, что расслоённое программирование обязательно должно быть поддержано инструментальным комплексом (сегодня используется термин «Интегрированная среда разработки»). Следует отметить, что современные среды разработки имеют лишь ограниченную поддержку слоёв (аспектов) и вовсе не потому, что эта технология не прижилась. Причиной здесь является возможно некоторая сложность реализации и сложность совокупного использования идей расслоённого программирования для рядового программиста. Однако, использование данных идей для разработки корпоративных программных комплексов, видимо, недооценено сегодня.

Итак, удивительным образом книга А.Л. Фуксмана «Технологические аспекты создания программных систем» актуальна и в настоящее время. В частности, идеи в области расслоённого программирования, содержащиеся в ней, более глубоки, чем те идеи, которые используются в распространённой технологии АОП. И если некоторые идеи оказались полностью раскрыты в современных системах (системы контроля версий, CASE-системы для порождения программ из спецификаций, средства метапрограммирования в языках программирования), то другие, такие как взаимодействие слоёв и поддержка интегрированной среды для работы с послойно разбитой программой, до конца не реализованы и сегодня.

В завершение данной статьи хотелось бы отметить вклад, который А.Л. Фуксман внёс в развитие языков программирования. В главе 5 книги [13] им приведено более 10 критериев ценности языка программирования. Некоторые из этих критериев могут послужить программным документом для современных разработчиков языков программирования. Среди них – мнемоничность обозначений языка, произносимость и лаконичность конструкций языка, возможность простой машинной реализации языковых средств, ясное ощущение программистом стоимости (по времени и по памяти) языковых конструкций, а также ортогональность конструкций языка, позволяющая модифицировать одни конструкции, не затрагивая другие. Следует отметить, что авторам настоящей статьи неизвестен другой столь подробный обзор критериев ценности языка программирования.

Завершая настоящую статью об известном российском ученом А.Л.Фуксмане, хотелось бы отметить, что его дело живёт. В апреле 2017 г. в Институте математики, механики и компьютерных наук Южного федерального университета была проведена Всероссийская научная конференция «Языки программирования и компиляторы», посвященная памяти А.Л. Фуксмана. В конференции приняли участие ученые из многих городов России: Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Красноярск, Иннополис, Казань, Ростов-на-Дону и др. Это – первая в России конференция по указанной тематике, продолжающая лучшие научные традиции прошлого, в планах у организаторов которой – создание ежегодного научного форума российских ученых в области языков программирования.

Литература

1. Моисеев Н.Н. Как далеко до завтрашнего дня... Свободные размышления, 1917—1993. – М.: Аспект Пресс, 1994. – 304 с.
2. Как получаются программисты? Воспоминания об А.Л.Фуксмане. Сост. С.М.Абрамович, Ю.С.Налбандян, Б.Я.Штейнберг. – Ростов-на-Дону, 2017.
3. Фуксман А.Л. Приближение функций с сохранением однородных граничных условий // Доклады АН СССР. – 1960, т.134, № 2. – С.289-291.
4. Фуксман А.Л. О приближении функций многих переменных с сохранением граничных условий // Доклады АН СССР. – 1961, т.141, № 5. – С.1050-1053.
5. Фуксман А.Л. Локальные свойства некоторых аппроксимационных операторов // Доклады АН СССР. – 1962, т.142, № 3. – С.556-559
6. Фуксман А.Л. О продолжении функций с сохранением дифференциальных свойств // Сибирский математический журнал. – 1964, т.5, № 6. – С.1370-1381.
7. Фуксман А.Л. Структурная характеристика функций, у которых $E^n(f, -1, 1) \leq Mn^{-(k+\alpha)}$ // Успехи математических наук. – 1965, Т.20, вып.4. . – С.187-190.
8. Фуксман А.Л. Приближение функций действительных переменных алгебраическими полиномами в замкнутой области // Доклады АН ССР. – 1968, т.178, № 6. – С.1263-1266.
9. Муратова Г.В. А.Л.Фуксман и его роль в развитии Вычислительного центра Ростовского государственного университета / Языки программирования и компиляторы – 2017. Труды конференции (3-5 апреля 2017 г.) под ред. Д.В.Дуброва. Ростов-на-Дону, 2017. С.14-17.
10. Фуксман А.Л. О некоторых свойствах формальных грамматик / Труды Всесоюзной конференции по программированию. Заседание К. Новосибирск, 1970, 3-6 февраля. С.21-31.
11. Фуксман А.Л. Расслоенное программирование / Системное и теоретическое программирование, Новосибирск, 1974.
12. Фуксман А.Л. Некоторые принципы построения трансляторов / Труды всесоюзного симпозиума по методам реализации новых алгоритмических языков. Новосибирск, 1975.
13. Фуксман А.Л. Технологические аспекты создания программных систем – М.: Статистика, 1979. – 183 с.
14. Аспектно-ориентированное программирование // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Аспектно-ориентированное_программирование (дата обращения: 05.05.2017).
15. Gregor Kiczales: Aspect-Oriented Programming. ACM Comput. Surv. 28(4es), 1996. 154 p.

История создания сети интернет новосибирского академгородка

Мушер Семен Львович, проф., д.ф.-м.н.

АО «Гипрогазоочистка», Москва
musher1917@gmail.com

Бредихин Сергей Всеволодович, к.т.н.

Институт вычислительной математики
и математической геофизики СО РАН, Новосибирск
bred@nsc.ru

Ключевые слова: открытый доступ в Интернет, коллективистский проект, Академгородок, сетевые ресурсы

Пять предпосылок создания Сети

- *Первая: Академгородок есть, а сети Интернет в нем нет*

В Новосибирском научном центре к началу 90-х образовалась «критическая масса» научной и образовательной общественности, которая осознала необходимость повседневного использования интернет-технологий.

- *Вторая: возрождение в Академгородке духа свободного научного сообщества*

Создание сети Интернет Новосибирского научного центра стало возможным благодаря особой атмосфере, возникшей в начале 90-х годов в Академгородке: вдруг стало понятно, что возможна новая жизнь, что в научном сообществе могут возникать и успешно работать неформальные объединения и группы, что мир шире и богаче, чем думали еще пять-десять лет назад. Эта атмосфера раннего Академгородка стала воссоздаваться во многом благодаря двум славным именам – Татьяны Ивановны Заславской¹ и Теодора Шанина². Все началось в самый, пожалуй, тяжелый для сибирской науки год – 1993-й. Коротко его можно охарактеризовать так: ошеломляюще малое финансирование науки и отсутствие всякого внимания и интереса со стороны властей. Осознав реальную опасность исчезновения Академгородка как особого социального образования, Заславская и Шанин обратились к известному меценату Джорджу Соросу с просьбой об экстренной помощи ученым Академгородка. Эта помощь была сразу оказана: был выделен целевой грант 500 тысяч долларов через российский благотворительный фонд «Культурная инициатива». Большую помощь в получении целевого гранта оказала Наталья Баранова, руководитель Новосибирского отделения Фонда Сороса. Она помогла преодолеть непростые бюрократические процедуры Фонда. Для справедливого распределения этих средств быстро была создана общественная организация – «Сибирское общество содействия науке и образованию» во главе с академиком Юрием Григорьевичем Решетняком³, пользующимся бесспорным авторитетом в Академгородке. В рамках Общества сформировали комиссии по основным направлениям науки, которые составили списки тех, кто без сомнения заслуживал поддержки. В результате средства были распределены так, что не появилось никаких жалоб и сплетен. Средства были не большими, но направленными точно по адресу, они были выплачены быстро и без проволочек и стали хорошей материальной и моральной поддержкой. В ходе их распределения был снова обретен успешный опыт деятельности сообщества Академгородка, утраченный в 70-80 е годы. Возникновение проекта сети Интернет Новосибирского научного центра стало возможным во многом благодаря возрождению атмосферы Академгородка как сообщества. Авторы доклада – организаторы и руководители инициативной группы, созданной для формирования и реализации проекта.

- *Третья: наличие одновременно нескольких источников финансирования проекта создания сети Интернет Академгородка (Academgorodok Internet Project – AIP)*

Во-первых, это средства Международного научного фонда (МНФ), созданного Джорджем Соросом для поддержки российских ученых, занятых фундаментальными исследованиями. Во-вторых, это гранты INTAS (Европейского фонда содействия сотрудничеству с учеными из стран бывшего СССР) и Российского фонда фундаментальных исследований (руководитель - академик Владимир Евгеньевич Фортов, ныне президент РАН). В-третьих, это софинансирование со стороны администрации Новосибирской области и мэрии Новосибирска при распространении проекта на организации культуры, образования и здравоохранения

¹ Заславская Т.И. (1927–2013) – академик РАН, зав. отделом Института экономики и организации промышленного производства СО РАН.

² Шанин Т. - профессор, заведующий кафедрой социологии Манчестерского университета, академик ВАСХНИЛ (РАСХН), ректор-организатор (ныне президент) Московской высшей школы социальных и экономических наук.

³ Решетняк Ю.Г. – академик РАН, зав. отделом Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН.

Новосибирска («города» на языке жителей Академгородка). В-четвертых, это средства Министерства науки и высшего образования РФ на оплату спутникового канала Новосибирского университета.

- *Четвертая: наличие разветвленной кабельной инфраструктуры* (прекрасные толстые медные кабели) в Академгородке, созданной в ходе более раннего, амбициозного, но не реализованного проекта Вычислительного центра коллективного пользования (ВЦКП).

- *Пятая: поддержка Президиума СО РАН и руководителей академических институтов СО РАН*

Президиум СО РАН поддержал проект и предоставил возможность использования имевшейся кабельной инфраструктурой. Руководители институтов Новосибирского научного центра заключили соглашение об участии с Техническим комитетом проекта и выделили своих специалистов.

Цель, основной принцип, коллективистский характер проекта «Сеть Интернет Академгородка» (AIP).

Цель проекта – создание сети Интернет Новосибирского научного центра и обеспечение равноправного доступа к ресурсам глобальной сети для пользователей из исследовательских, образовательных и культурных сообществ.

Основной принцип – сеть не принадлежит ни одной организации, она – общая. Технически это означает, что в сеть AIP были интегрированы локальные сети институтов СО РАН и других организаций. Локальные сети потенциальных абонентов рассматривались как базовые элементы проекта, который предусматривал их объединение посредством подключения к центральному узлу. Для участия в проекте организация должна была иметь действующую локальную сеть, использующую протоколы TCP/IP, и выделенную линию связи с центральным узлом. Внутреннее устройство и дальнейшее развитие этих локальных сетей в рамках проекта AIP не рассматривалось.

Внешняя коннективность (связь с российским и глобальным Интернетом) в первое время осуществлялась посредством канала спутниковой связи. Наземная станция космической связи была подключена к сети таким образом, чтобы наряду с обеспечением эффективной передачи данных гарантировать равноправный доступ всех пользователей к общему каналу внешней связи. Затем проект AIP получил также наземные каналы.

Сеть обеспечивала абонентам доступ к полному спектру услуг Интернета без каких-либо ограничений. С ее помощью пользователи получили доступ в режиме реального времени к файловым серверам, базам данных и другим высокоуровневым сетевым службам. Для непрерывного бесперебойного функционирования сети были созданы службы: оперативной диагностики, контроля работы телекоммуникационного оборудования и учета использования общих ресурсов, технической поддержки абонентов, обучения пользователей и администраторов локальных сетей.

Проект был коллективистским. Во-первых, он выполнялся при участии СО РАН, РФФИ, МНФ и INTAS; ресурсы этих организаций были объединены для осуществления проекта. Во-вторых, в создании сети участвовали специалисты из различных организаций Академгородка. В-третьих, все учреждения ННЦ, поддержавшие этот проект, имели и имеют равные возможности для интеграции своих локальных сетей. Наконец, сеть служила интересам всех пользователей и не принадлежала ни одной организации, ни одному физическому лицу.

Предназначение сети AIP

содействовать в установлении международных связей с пользователями всех исследовательских и академических вычислительных сетей

способствовать росту местных сетевых инфраструктур и информационному обмену

помогать в управлении сетями для организаций науки, образования, культуры, медицины

обучать современным телекоммуникационным технологиям.

Инициативная группа проекта AIP. Кто и почему?

Сергей Белов (ИЯФ) – опыт администрирования локальной сети крупного академического института – Института ядерной физики СО РАН, сетевые протоколы.

Сергей Бредихин (ВЦ) – сети передачи данных, маршрутизаторы, серверы, модемы, практический опыт сопряжения software/hardware.

Семен Мушер (ИАиЭ, НГУ) – опыт междисциплинарных проектов (пример – полная перестройка преподавания на кафедре автоматизации физико-технических исследований (АФТИ) НГУ с участием базовых институтов СО РАН, с созданием отдельного учебного центра); опыт работы по международным и российским грантам.

Георгий Пискунов (ИЯФ) – широкие связи в мировом сетевом сообществе, сетевые протоколы, опыт сопряжения software/hardware.

Участники группы уже имели опыт совместной работы: по инициативе академика Спартак Тимофеевича Беляева, ректора НГУ, с их активным участием были созданы аппаратно-программные комплексы для обучения студентов физического и естественного факультетов НГУ с помощью интерактивного компьютерного моделирования.

Распределение областей ответственности

С самого начала реализации проекта было определено распределение ответственности организаций–участников:

Сибирское отделение РАН – предоставление существующей кабельной инфраструктуры, ее ремонт и расширение; предоставление помещений для узла управления сетью; оплата спутникового канала связи

Международный научный фонд (МНФ) – выделение средств для приобретения современного телекоммуникационного и серверного оборудования, программного обеспечения и для оплаты рабочей группы проекта

Институт ядерной физики СО РАН (ИЯФ) – установка станции космической связи для организации спутникового канала и обеспечение коннективности проекта АИР с российским и глобальным Интернетом

Институты СО РАН – подключение к сети АИР локальных сетей на «входе» в каждый Институт. Добавочный позитивный эффект такого решения о распределении ответственности: те институты, где локальной сети не было, быстро их создали.

Хроника основных событий

Осень 1993 г. Международный научный фонд объявил в Академгородке конкурс грантов на поддержку фундаментальных исследований (**Long Term Grants**). Эти гранты получили многие научные коллективы, в частности, совместная заявка Семена **Мушера** и Сергея **Турицына** на исследование плазменной турбулентности успешно прошла российский и интернациональный конкурсы, и был выделен грант на 1,5 года. Для выполнения этой работы нам было необходимо тесно взаимодействовать с западными коллегами, с нашими бывшими коллегами, уехавшими надолго или навсегда в другие страны. В ту пору даже внутри Академгородка не было общей сети. Электронное письмо в Германию – Францию, или даже в соседний институт шло через США. Мы написали письмо в МНФ с простой идеей: больших грантов научные сотрудники СО РАН получили много, а сети нет. Нам ответили, что идея правильная, только нужен не плач или просьба, а современный технический проект создания сетевой инфраструктуры.

Апрель-май 1994 г. Создана инициативная группа (см. раздел 4), она разработала проект сети Интернет Академгородка (по-английски АИР). Руководитель авторитетной европейской ассоциации пользователей из исследовательских организаций RIPE Rob Blokzijl оказал активное содействие в приведении технических решений проекта к международным стандартам, приехав на Первой в Академгородок. Проект успешно прошел международную экспертизу на 18-й конференции RIPE (**16-18 мая 1994 г.**, Амстердам).

Июнь 1994 г. Проект АИР был представлен С.Л.Мушером на заседании международного правления МНФ, которое возглавлял нобелевский лауреат, один из двух авторов расшифровки структуры ДНК Джеймс Уотсон. Правление МНФ приняло решение о выделении гранта в размере 500 тыс. долларов на реализацию проекта АИР и назначении С. Мушера руководителем проекта.

Август 1994 г. Получение финансирования от РФФИ по гранту «Развитие и поддержка информационно-вычислительной среды СО РАН», которое было также использовано для реализации проекта сети Интернет Академгородка

Сентябрь 1994 г. Председатель Президиума СО РАН академик Валентин Афанасьевич **Коптюг** принимает решение о поддержке проекта АИР и об использовании существующей кабельной инфраструктуры СОРАН для построения сети. А.А.Коптюгу особенно импонировал коллективистский характер проекта, направленного на развитие всего Академгородка.

Ноябрь 1994 г. Подписан Договор о совместной деятельности по осуществлению Проекта между Сибирским отделением РАН, ИЯФ СО РАН, МНФ, который определил распределение областей ответственности и вклады Сторон. Для управления работами по реализации проекта и координации совместных действий были созданы Совет по управлению и Технический комитет. Совет по управлению решал административные вопросы и включал представителей организаций-участников. В состав Технического комитета вошли специалисты в области сетевых технологий из ведущих институтов СО РАН. Руководителями Совета стали: от СО РАН – академик Юрий Иванович Шокин, от Международного научного фонда проф. С.Мушер; С.Бредихин стал председателем технического комитета.

Декабрь 1994 г. Открытие финансирования проекта, начало работы по его реализации.

На старте было потрачено много времени и сил на непривычную организационную работу, которая состояла в проведении переговоров и оформлении контрактов на поставку зарубежного оборудования для проекта. Согласно Постановлению Правительства РФ № 532 от 25 мая 1994 г., подписанному В.С. Черномырдиным, Международный научный фонд получил льготы, освобождающие его от уплаты всех таможенных сборов и налога на добавленную стоимость при ввозе оборудования. Использование этих льгот позволило нам сэкономить порядка четверти средств, предусмотренных на приобретение оборудования, и направить их на развитие сети.

В феврале-марте 1995 г. была получена первая партия сетевого оборудования (маршрутизаторы Cisco 4000, модемы RAD ASM-40 и сервер Sun 1). На ее основе было смонтировано и протестировано пилотное звено сети ВЦ - ИЯФ - НГУ. Этот шаг подтвердил правильность выбранных технических решений. Одновременно обустроивалось помещения для главного узла и центра управления сетью.

По регламенту проекта каждый институт СО РАН мог иметь выход в Интернет только через свою локальную сеть (ЛС), а в то время далеко не у каждого института она была. Чтобы ликвидировать это отставание, был объявлен конкурс на разработку типового варианта ЛС и сформулированы технические условия на подключение ЛС к центральному узлу. В сжатые сроки была проведена ревизия имеющейся кабельной инфраструктуры и необходимые восстановительные работы, организованы каналы внешней связи, создан главный узел, центр управления сетью. Весной 1995 г. началось массовое подключение ЛС институтов ННЦ к главному узлу проекта. Сеть заработала, начала обрастать абонентами и по праву стала называться «Сеть Интернет ННЦ».

Все работы выполняла команда высококвалифицированных инженеров и программистов, которую удалось собрать из разных институтов на время реализации и развития проекта. Это была хорошо сбалансированная команда специалистов, энтузиастов и единомышленников, радевших за успех общего дела.

В период с декабря 1994 г. по май 1996 г. была полностью создана сеть интернет новосибирского научного центра - международное название NSCnet, к ней были подключены все институты и организации СО РАН (в том числе, расположенные в центре Новосибирска) и оба соседних Академгородка – Кольцово (НПО «Вектор») и институты СО РАН.

Работы этого периода и ключевые события подробно описаны ниже в разделе «Основные компоненты проекта». Детальное описание технических и организационных вопросов можно найти на сайтах СО РАН, например, <http://socionet.ru>, где в разделе «История» размещен электронный архив проекта АИР.

Июнь 1996 г. Силами команды проекта АИР при поддержке коллектива под руководством Юрия **Зыбарева** (НГУ) был создан Центр Интернет НГУ, который одновременно с центром в ЯрГУ открывал совместный проект Правительства РФ, Фонда Сороса и региональных администраций страны «Университетские центры Интернет». Цель нового широкомасштабного проекта – обеспечение открытого доступа к ресурсам Интернет студентов и преподавателей 33-х ведущих классических университетов РФ. Один из авторов доклада (СЛМ) в феврале 1997 г. стал его руководителем; мегапроект был завершён весной 2000 г.

1997-1999 гг. Подключение организаций культуры, образования и здравоохранения. В конце 1996 г. были созданы узлы NSCnet в Новосибирском краеведческом музее (НГКМ) и Новосибирской областной научной библиотеке (НГОНБ). НГКМ основан в 1920 г., его фонды насчитывают 170 тыс. экспонатов, содержащих историю сибирского края с древнейших времен. Особую ценность представляют документы о колонизации Сибири, о переселенцах и старожилах, промыслах, промышленности и сельском хозяйстве. Экспозиции рассказывают о каторге и ссылке, строительстве Транссибирской железной дороги, зарождении и росте Новониколаевска, истории Новосибирска. Узел сети Интернет в НГКМ был оснащен современным телекоммуникационным оборудованием, веб-сервером и рабочими станциями. Коннективность узла обеспечивалась по технологии FR. Уникальные коллекции материалов по истории и этнографии Сибири стали доступны абонентам глобального Интернета.

НГОНБ основана в 1929 г., фонд 1,5 млн. экземпляров книг, журналов, аудиовизуальных материалов, компакт-дисков. Читателей более 40 тыс., ежедневно она обслуживает 700-800 читателей. В НГОНБ был создан электронный читальный зал. Инженерам, врачам, журналистам, адвокатам, студентам и другим социально активным группам был предоставлен набор основных услуг Интернет: telnet, ftp и доступ к гипертекстовым веб-серверам. Посетителям стали доступны российские и зарубежные информационные базы данных, услуги электронной почты, информация центра CD-ROM библиотеки (базы данных по искусству, справочники, энциклопедии) и интерактивный доступ к электронному каталогу. В свою очередь, российские и зарубежные читатели получили доступ к информационным ресурсам НГОНБ. Подключение к главному узлу NSCnet было выполнено по технологии FR.

Успешный пионерский опыт команды проекта по подключению организаций культуры был поддержан специальным дополнительным грантом Института «Открытое общество-Россия» - «гуманитарного» фонда Сороса. Размер гранта составил 225 тыс. долларов.

Развитием инициативы стало создание интернет-клубов, объединяющих вокруг себя профессиональные сообщества. Первый был открыт в октябре 1997 г. в популярном театре «Глобус». В нем появился театральный веб-сервер, на котором можно было ознакомиться с текущим репертуаром, посетить страницы любимых театров и актеров. Используя техническую базу клуба, театр провел Всероссийский семинар «Театральный менеджмент — технологии будущего», где обсуждалось значение мультимедийных технологий в театральной жизни. В феврале 1998 г. в Новосибирской картинной галерее была открыта Интернет-галерея. У искусствоведов и художников появились партнеры из Великобритании, Германии и Японии, с их участием прошла международная выставка художественной компьютерной графики, создавались новые мультимедийные ресурсы.

Первый опыт NSCnet в среднем образовании – создание интернет-класса в школе № 130 Академгородка (август 1997 г.). Управление образования Новосибирска для дальнейшего участия в этой программе выбрало гимназию № 3, гимназию № 4 и центр творчества учащихся «Юниор». С Управлением был оформлен регламент совместной деятельности, определявший план работ, смету расходов, а также перечень оборудования и типовой способ подключения школ к сети NSCnet. Интернет-классы были открыты в конце 1998 г. - это был один из первых вкладов в общероссийскую программу компьютеризации школьного образования.

В 1997 г. компьютеризация учреждений медицины в Новосибирской области только зарождалась. Немногие врачи обладали опытом использования вычислительной техники, единицы имели выход в Интернет. Информационный голод значительно снижал качество оказания медицинских услуг и эффективность проведения профилактических мероприятий. Роль команды проекта заключалась в подключении к сети медицинских организаций и организации обучения; среди медиков координацию работ осуществлял Новосибирский медицинский институт, при котором была открыта кафедра медицинской информатики. Мэр Новосибирска Виктор **Толоконский** (ныне губернатор Красноярского края) и департамент здравоохранения поддержали это направление развития проекта. Основные организации медицинского профиля Новосибирска – абоненты NSCnet: МНТК «Микрохирургия глаза» (май 1997), медсанчасть № 168 (сентябрь 1997), медицинский институт (октябрь 1997), областной кардиологический центр (август 1998), клиническая больница № 1 (апрель 1999), областная клиническая больница (май 1999), городская клиническая больница скорой помощи № 1 (август 1999), муниципальная клиническая больница скорой и неотложной помощи № 2 (сентябрь 1999).

Основные результаты реализации проекта

- Все технические решения проекта AIP соответствовали самому высокому уровню телекоммуникационных и информационных технологий на момент их принятия. Современному слушателю они, возможно, покажутся отсталыми.
- Подавляющее большинство организационных решений оказались безошибочными, хотя принимались в атмосфере «бури и натиска» и сверхбыстрого темпа реализации проекта.
- Цель проекта была достигнута - создана сеть Новосибирского научного центра, все его институты и организации получили свободный и бесплатный доступ к Интернет-ресурсам. В 1998-1999 гг., на втором этапе развития и расширения NSCnet, был подключен ряд организаций культуры, здравоохранения и образования, для которых это был первый опыт широкого использования информационно-сетевых технологий.
- Коллектив участников и сетевое сообщество Академгородка получили ценный опыт создания и сопровождения крупного инфраструктурного и информационного проекта. Организационные/управленческие решения, опробованные в ходе реализации проекта AIP, были использованы при реализации всероссийского проекта «Университетские центры Интернет»; в первую очередь, типовой подход к подключению к Сети организаций и распределение областей ответственности сторон-участников (вместо «складывания всех средств в один кошелек»).
- Сеть живет и развивается. На следующих этапах к ней были подключены институты Иркутского и Красноярского центров СО РАН. Приятно отметить, что Правительство РФ в феврале 2013 г. присудило Премию в области науки и техники за работу, основу которого заложил проект «Сеть Интернет Академгородка», и что оба автора настоящего доклада вошли в команду лауреатов.

Основные компоненты проекта

Кабельная сеть. Вначале была использована инфраструктура незавершенного ВЦКП: сеть медных кабелей различного типа, проложенных в специальных канализационных колодцах по звездообразной схеме. В главный узел сети сходились все каналы внешней связи и практически все кабели от институтов Академгородка. В первую очередь была проведена их инвентаризация, восстановлены кабельные каналы и проложены дополнительные линии. К осени 1995 г. все кабели были смонтированы в стойки и протестированы, что позволило подключать локальные сети клиентов к главному узлу сети по линиям связи с пропускной способностью 2 Мбит/с.

Главный узел сети и главные серверы. Коммутационное оборудование главного узла NSCnet состояло из маршрутизаторов Cisco Systems (C7206, C4500, C2511), объединенных опорной локальной сетью. Каналообразующее оборудование было построено на модемах, предназначенных для выделенных линий передачи данных, работающих на скорости 2 Мбит/с в синхронном режиме. Для построения физических соединений использовались интерфейсы V.35, RS232 и Ethernet. Для подключения коллективных абонентов к оборудованию главного узла были разработаны три типовые схемы в зависимости от характеристик ЛС и способа решения проблемы «последней мили». Проект AIP имел стандартный набор технологических и информационных служб. В качестве серверных платформ использовались рабочие станции Sun SparcStation с различными версиями операционных систем SunOS и Solaris. На Sun SparcStation-1 работали службы dns — первичный сервер домена второго уровня nsc.ru, вторичные серверы сетей клиентов; sendmail — обеспечение приема/передачи электронной почты по протоколу smtp; mx/relay для сетей клиентов. На Sun SparcStation-5 был размещен ftp-сервер - архив общего доступа, содержащий различные пакеты свободно распространяемого программного обеспечения и служба uscr — обеспечение транспорта электронной почты для dial-up клиентов. На Sun Netra работал веб-сервер со страницей Проекта и проху-сервер - кэширование информации для сетей клиентов.

Каналы внешней связи. Для подключения к глобальному Интернету в ноябре 1995 г. в рамках программы INTAS был создан канал передачи данных Новосибирск - Гамбург. На территории ИЯФ СО РАН была установлена станция, работающая в С-диапазоне со спутником «Радуга-35», антенной диаметром 4,8 м и передатчиком мощностью 40 Вт. В качестве интернет-провайдера выступало Radio-MSU (Москва). В

начальный период скорость передачи данных составляла 128 Кбит/с. По мере эксплуатации канала неоднократно проводились работы по его апгрейду для повышения общей пропускной способности и подбора оптимальных параметров скорости приема и передачи данных. В ноябре 1997 г. канал стал работать со скоростью 704 бит/с. Несмотря на регулярное расширение емкости канала, его загрузка практически всегда была близка к максимальной, достигая 98 % полной емкости в рабочее время. Средний трафик в то время составлял порядка 2,6 Гбайт/сут. Поскольку часть академических институтов исторически расположена в центре Новосибирска (30 км от Академгородка), для их подключения весной 1996 г. была построена радиорелейная линия. Она связала главный узел NSCnet и здание ГПНТБ СО РАН, пропускная способность - 2 Мбит/с. В сентябре 1996 г. был запущен в эксплуатацию канал передачи данных с пропускной способностью 2 Мбит/с на основе технологии Frame Relay (FR), соединивший главный узел NSCnet с городской телефонной станцией АТС-23. Канал FR использовался для подключения новых «городских» абонентов. Для абонентов, не имеющих возможности подключения к кабельной сети ННЦ и доступа к FR, были арендованы коммутируемые линии городской телефонной сети и организована служба dial-up. Техническая база службы состояла из сервера доступа, модемного пула и УАТС CORAL II. В качестве сервера доступа использовался маршрутизатор C2511 с применением протокола TACACS+. Модемный пул состоял из 16 устройств Motorola-3267, поддерживающих протокол модуляции V.34 и протокол коррекции ошибок V.42. Регистрацию абонентов (выделение IP-адреса и ведение учетных записей) проводил центр управления NSCnet. Доступ к сети осуществлялся по протоколам PPP и SLIP. Подключение по такой технологии обеспечивало абоненту скорость передачи данных до 28,8 Кбит/с. В 1996 г. была протестирована возможность развития NSCnet на основе технологии АТМ - чтобы создать широкополосную инфраструктуру и предоставить интегрированный комплекс мультимедийных услуг. Для пилотного звена сети были построены две волоконно-оптические линии передачи данных, связавшие главный узел с АТС32 и Учебным центром в здании ИАиЭ СО РАН. Работу этого звена обслуживали два коммутатора LS1010 фирмы Cisco Systems и ASX200BX фирмы Fore Systems. Рабочие станции (PC, Sun) были подключены к звену с помощью специальных адаптеров. На этом сетевом фрагменте были успешно проведены исследовательские работы по организации мультимедийных интернет-служб на каналах с пропускной способностью до Е1.

Центр управления сетью. Рядом с главным узлом был организован центр управления. Здесь производилось администрирование сети, настройка сетевых параметров и поддержка работоспособности на основе постоянного мониторинга. Адресное пространство сети формировалось из адресных блоков, выделявшихся отдельным организациям ННЦ при построении их локальных сетей до начала проекта, и единого блока адресов, полученного уже в рамках проекта для подключения новых организаций. Эти адреса были объединены в автономную систему AS5387, зарегистрированную в июне 1995 г. Два месяцами позже был зарегистрирован сетевой домен nsc.ru. Организации-участники получили возможность регистрировать сетевые имена в рамках этого домена.

Для администрирования сети, во-первых, была создана база актуальных данных сетевого оборудования, по ней генерировалась условная карта сети, доступ к изображенным на ней объектам был возможен посредством telnet. Это позволяло организовать оперативную поддержку сетевых устройств, управлять конфигурациями, осуществлять автоматическую загрузку системных образов и выполнять групповые операции. Во-вторых, проводился анализ функционирования сети путем регулярного опроса сетевых устройств по протоколу snmp. Эти данные являлись основой для «диагноза» текущего состояния сети. В-третьих, обнаруживать неисправности помогал mrtg-мониторинг трафика, который осуществлялся в режиме 24 x 7 x 52 на всех каналах. Метод незаменим при проверке качества связи между сетевыми объектами, а также при выявлении и протоколировании аномальных событий. Для администрирования сети использовались несколько рабочих станций, подключенных к опорной сети главного узла; основная рабочая станция - Sun SparcStation-5 с двумя дополнительными X-терминалами. В рамках операционной системы SunOS использовались прикладные пакеты SunNetManager и CiscoWorks с базой данных Sybase.

Веб-ателье. В 1996 г. было создано веб-ателье в составе четырех рабочих мест для разработки макетов страниц, подготовки информационных ресурсов, проведения консультаций и обучения веб-технологиям. Благодаря высококачественной графике и специализированному программному обеспечению основная рабочая станция - Indy фирмы Silicon Graphics с ОС IRIX успешно использовалась для обработки аудио- и видеoinформации, а также для проведения первых телеконференций. Рабочие места были оснащены двумя компьютерами Dell OptiPlex GXMT 5133 под ОС W95 и двумя сканерами HP ScanJet. Примеры работ веб-ателье: во-первых, был создан веб-сайт, который содержал актуальную информацию о проекте. Он состоял из разделов «Содержание проекта», «Хроника реализации», «Локальные сети», «Информационные ресурсы» и «Кто есть кто». Поддерживалась работа русской и английской версии сайта. Сайт играл весьма важную роль на первых стадиях создания сети. Во-вторых, для сотрудников подключаемых организаций культуры были проведены курсы по веб-технологиям. На практических занятиях слушатели курсов самостоятельно разработали макеты «домашних страниц» своих организаций. В третьих, для популяризации современного изобразительного искусства Новосибирска были созданы виртуальные галереи известных художников: И. Власова, М. Казаковцева, Ю. Кононенко, С. Мосиенко, В. Фатеева, В. Шаповалова, А. Шурица.

Учебный центр проекта. Новые организации подключались к Интернет, им были нужны системные администраторы, специалисты по сетевому менеджменту, базам данных и мультимедийным технологиям,

сетевые инженеры. Для подготовки таких специалистов в 1996 г. в сотрудничестве с кафедрой автоматизации физико-технических исследований физического факультета НГУ и при содействии ИАиЭ СО РАН был создан учебный Центр на 12 рабочих мест. Телекоммуникационное оборудование центра состояло из двух маршрутизаторов C4500 и ATM-коммутатора ASX200BX фирмы Fore Systems. В качестве серверов использовались SUN SparcStation-5 и Silicon Graphics Indy Web Force. Связь учебного центра с центральным узлом сети в первое время обеспечивалась выделенным каналом по медному кабелю со скоростью 2 Мбит/с, а после прокладки ВОЛС - со скоростью 100 Мбит/с. что приемлемо для мультимедийных технологий. В учебном центре был установлен большой отражающий экран, мультимедийный проектор, звуковая аппаратура класса Hi-Fi и видеоаппаратура для проведения телеконференций и дистанционного обучения. В этом центре 10 июня 1996 г. в рамках программы «Университетские центры Интернет» состоялась телеконференция, во время которой были одновременно открыты два первых центра – НГУ и Ярославского государственного университета. В учебном центре применялись две базовых формы обучения: семестровый блок лекционных курсов и практикумов на уровне магистра при двухступенчатой университетской системе и интенсивное обучение в форме одно-двухнедельных рабочих групп и/или семинаров. В осеннем семестре 1996 г. были апробированы учебные курсы: компьютерные сети, их аппаратное обеспечение и протоколы; проектирование и разработка гипертекстовых систем; администрирование IP-сетей; информационные интернет-ресурсы; программирование в среде tcp/ip. Частично использовалось обучение «в реальном времени» с использованием мультимедийных технологий, а также проведение распределенных событий с участием известных специалистов в области телекоммуникационных и информационных технологий.

Забывтое 40 лет назад новое и как оно может изменить нашу жизнь

Недоря Алексей Евгеньевич, к.ф.-м.н.

Синергетик Лаб, ООО
Санкт-Петербург, Россия
aleksei.nedoria@synergetic-lab.ru

Ключевые слова: бытовое программирование, лексикон программирования, обучение программированию, self-describing components

Постановка задачи

За последние десять лет вычислительная техника глубоко вошла в быт. Достаточно вспомнить мобильную связь, облачные технологии и IoT.

Вот краткий и совсем не полный перечень технологических прорывов, которые изменили повседневную жизнь и работу:

- 2006 Amazon Elastic Computing Cloud
- 2007 iPhone
- 2008 DropBox
- 2009 Яндекс почта для домена
- 2010 iPad
- 2012 Яндекс.Диск
- 2014 Виртуальное приватное облако – Selectel

Замечу, что многие технологии и устройства так прочно вошли в нашу жизнь, что трудно представить себе, что совсем недавно их не было.

Как мы все понимаем, внедрение новых технологий потребовало существенного объема программирования. Любопытно (и грустно), что при этом технологии программирования использовались старые. По сути, технологии программирования существенно не менялись на протяжении двадцати лет. В конце прошлого века надежда на развитие еще была, достаточно вспомнить бурное развитие OOP, идеи COP (Component-oriented Programming), Generative Programming, DSL (Domain Specific Languages), продвижение в верификации программ. Все эти технологии и идеи по-прежнему как-то развиваются, но надежды на существенное улучшение благодаря им уже нет. Мы по-прежнему программируем долго, дорого и не надежно, а разработка программного обеспечения по-прежнему далека от нормального производства, настолько она плохо планируема и слабоуправляема.

Отсутствие существенного прогресса может быть объяснено принципиальной сложностью программирования (см. например [1]) или тем, что мы подошли настолько близко к совершенству, что развитие может идти только медленно.

По поводу принципиальной сложности, замечу, что сложность обязательно будет, если не ставить себе задачу упрощения, вспомним “Make it simple as possible”. Увы, но задача упрощения вышла из моды. Полагаю, что одна из причин этого – это трудность упрощения.

Что же касается аргумента о «медленности развития...», приведу еще одну аналогию. Мы можем двигаться медленно к цели, потому что идем не прямо к ней, а, под углом (например, 80 градусов). Поэтому КПД очень мал.

Используем прием, предложенный Раймондом Джоунсом в фантастическом рассказе "Уровень шума"¹. Предположим, что принципиально лучшие технологии программирования (быстрее, дешевле, надежнее) существуют, и попробуем хотя бы одну воспроизвести.

Возникает вопрос – с чего начать?

Предлагаю начать со сравнения с другими (устоявшимися) производствами. Для таких производств характерно наличие разных уровней инструментов – на крупносерийном производстве используются другие инструменты и процессы, чем на мелкосерийном, ремесленном и бытовом. В программировании отсутствует

¹ Группе лучших физиков и математиков показали видео, в котором неизвестный изобретатель демонстрировал действие антигравитационного аппарата. В ходе эксперимента изобретатель погиб. Никаких записей после себя он не оставил и перед учеными была поставлена задача повторить его достижение. Через некоторое время решение было найдено, принцип антигравитации был открыт. После этого ученым сообщили, что видео с экспериментом было фальшивкой. Уверенность в том, что решение существует, помогла решить проблему

«глубина», мы используем практически одни и те же инструменты для студенческих работ и для больших производственных систем².

Попробуем разделить области программирования на слои, надеясь выделить разные уровни программирования и упростить задачу за счет внесения структуры.

Очевидно выделенным является b2c сектор, назовем его программированием приложений (см. например, Google Play Market). Для того чтобы приложения могли работать, необходимы обеспечивающие уровни (например, облака) и инфраструктура. Тем самым явно выделяются еще два слоя – производственный или корпоративный (b2b) и государственный (инфраструктурный).

Мы получаем следующие слои, что интересно, с разными приоритетами³ требований к программам:

- Государственное программирование: защищенность (безопасность), бесперебойность, надежность, производительность (инфраструктура)
- Производственное программирование: надежность, гибкость, предсказуемость, производительность, инновации (OS, SDK, web, облака, ...)
- Программирование приложений: time-to-market, конкурентные преимущества, инновации

Другой (сходный) взгляд на разделение программирования был предложен Русланом Богатыревым в обсуждении. Он предложил ввести в программирование понятие аналогичное сопрятому. Очевидно, что требования к надежности программы управления АЭС и игрушке на смартфоне принципиально разные. По сути, «материал», из которого изготовлены эти программы, должен быть разным, так как он подвергается принципиально разным «нагрузкам». Следовательно, и средства разработки должны быть разными. Сейчас этого нет.

Для простоты начнем с самого верхнего слоя. Является ли слой приложений самым верхним? Безусловно, что он был верхним слоем до последнего времени, но развитие гаджетов и IoT привело к появлению еще одного слоя, который пока не выделен понятийно.

Например, хозяин умного дома настраивает совокупность датчиков, исполнительных и управляющих устройств, в том числе взаимодействие со своим смартфоном. Можно ли назвать эту настройку программированием? Возможно, что сейчас это еще не программирование, так как у адекватных инструментов для него нет, но это близко к программированию.

Назову такое программирование бытовым программированием.

Бытовое программирование

Бытовое программирование – программирование человеком своих устройств для решения бытовых задач. Бытовое программирование очевидно распространяется на решения семейных задач и (частично) задач индивидуальных предпринимателей и малых предприятий. К «своим» устройствам я отношу не только гаджеты и компьютеры, а также сервисы и ресурсы (например, Яндекс.Диск), которые могут использоваться для решения своих задач.

Главной особенностью бытового программирования является то, что **программы делает не профессиональный программист.**

Зачем я выделяю уровень бытового программирования?

Во-первых, на этом уровне нет привычных образцов, мешающих думать. Во-вторых, если мы поймем, как программировать на бытовом уровне, мы сможем увидеть, что надо изменить в слоях, обеспечивающих бытовую, в первую очередь, в слое приложений и производственном слое.

Замечу, что требования к инструментам разработки для бытового программирования явно отличаются от требований к инструментам для других уровней. Для **бытового программирования** важны: легкость программирования, наглядность, унифицированный способ работы с разными устройствами, отсутствие необходимости в длительном обучении и чтении руководств.

Несколько опережая логику рассуждения, скажу, что бытовое программирование, на мой взгляд, — это не синтезирующее программирование в классификации А.П. Ершова [2]. Это, скорее, сборка некоего «супер-приложения» из сервисов и компонентов разных производителей, работающих на разных устройствах.

Рассмотрим бытовое программирование на жизненном примере.

Ребенок идет домой из школы. Хочу:

Получить сигнал, когда он вышел из школы

Получить тревожный сигнал, если он вышел не вовремя

Посмотреть маршрут движения на карте – онлайн или позже

Получить сигнал, что он дошел до дома

² Корпоративные версии средств разработки не отличаются принципиально от личных. Корпоративные всего лишь добавляют инструменты, не изменяя основу.

³ Почему я говорю о приоритетах, а не о требованиях? Большинство (общих) требований к программам одинаковы, а вот важность (приоритеты) требований различается для программ разных уровней.

Очевидное условие: у ребенка должно быть устройство с GSM/GPS (часы, браслет или телефон)

Что мне, как бытовому программисту, нужно для решения этой задачи:

- Расписание уроков (доступное по сети)
- Гео-локатор в устройстве (доступный по сети)
- Карта с возможностью изображать маршрут на моем устройстве (смартфон, планшет, десктоп)
- Сервис для сохранения маршрута (облако, желательно приватное)
- Сервис, связывающий все компоненты – некий управляющий «диспетчер»

Если все это у меня есть, я могу написать скрипты и расставить триггеры для запуска этих скриптов.

Скрипты и триггеры в совокупности и составляют «супер-приложение», решающее задачу.

Наброшу часть решения (то, что нужно запрограммировать):

- Диспетчер отслеживает время завершения урока (сервис времени) и подает сигнал тревоги, если через N минут после завершения урока ребенок не вышел из школы;
- Устройство ребенка посылает сообщение диспетчеру при пересечении границы школы;
- Получив сигнал от устройства (о пересечении границы), диспетчер проверяет время по расписанию уроков – подает сигнал тревоги (на мое устройство), если не вовремя, или сигнал выхода, если вовремя;
- Диспетчер подключает поток координат к карте на моем устройстве для показа маршрута;
- Диспетчер сохраняет маршрут в облаке;

Очевидна похожесть супер-приложения на программу на визуальном языке Scratch ([https://en.wikipedia.org/wiki/Scratch_\(programming_language\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Scratch_(programming_language))). Программа на Scratch также есть совокупность скриптов, срабатывающих по триггерам, например, триггер начала работы, триггер касания объектов на экране и т.д. Разница в том, что супер-приложение является распределенным и меж-платформенным.

Рассмотрим теперь, что нужно бытовому программисту (родителю в данном случае), чтобы собрать супер-приложение:

- Среда разработки: визуальная (a la Scratch) или скриптовая или любая другая. Очевидные требования: наглядность и независимость от платформы, на которой будет исполняться конкретный скрипт (часть супер-приложения).
- Возможность узнать, есть ли нужные сервисы или компоненты на каждом устройстве
- Возможность установить нужные сервисы/компоненты, если их нет.
- Возможность получить интерфейс (способ взаимодействия) необходимых сервисов и компонентов и возможность их использования
- Возможность задать назначение скриптов на устройства
- Возможность задать триггеры: подключить скрипты к событиям (от календаря, от устройства, от часов ...)

Самое важное здесь, на мой взгляд, это возможность использование сервисов и компонентов (разных разработчиков, на разных устройствах). По сути, мы говорим здесь о создании объединяющей экосистемы, которая дает возможность доступа к существующим экосистемам (iOS, Android, Java, C++, Linux, Windows...). Замечу сразу, чтобы задача не выглядела слишком большой – дает возможность доступа в рамках нужных для бытового программирования.

Рассмотрим теперь принципиальный вопрос – **нужно ли вообще бытовое программирование?**

Задачу с отслеживанием ребенка я могу решить, купив детские GPS/GSM часы, в комплекте которых я получу программу отслеживания для смартфона. Но что если мне надо еще включить мультитварку, чтобы подогреть обед, когда ребенок вышел из школы. Предусмотрит ли разработчик приложения всевозможные настройки для своей программы? В том числе и взаимодействие с устройствами, которые еще не появились на рынке?

Мы можем идти традиционным путем и иметь непрерывное обновление всех приложений (а для этого непрерывную работу разработчиков) или перейти к разработке отдельных компонент и сервисов, которые соединятся скриптовым «клеем». Если мы идем вторым путем, задача разбивается на отдельные (в идеале ортогональные) части, а это должно существенно сократить общие затраты на разработку. Результатом работы профессионального программиста должны быть, в первую очередь, компоненты и сервисы.

Если задуматься, то я не предлагаю ничего нового, например, мы можем вспомнить SLR (Single Responsibility Principle), а так же Unix Way:

- Пишите программы, каждая из которых делает что-то одно и делает это хорошо.
- Пишите программы, которые бы работали вместе.
- Пишите программы, которые поддерживают текстовые потоки, поскольку это универсальный интерфейс

Это нам и нужно, только на новом уровне:

- Пишите компоненты (сервисы), каждая из которых делает что-то одно и делает это хорошо

- Пишите компоненты (сервисы), которые бы работали вместе (которые можно соединить)
- Пишите self-describing компоненты (сервисы)

О самоописываемых компонентах надо поговорить подробнее. В них также нет ничего принципиально нового, вот, например, рекомендации Microsoft для .NET: [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/xcd8txaw\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/xcd8txaw(v=vs.110).aspx)

Каждая самоописываемая компонента (сервис) должна (по запросу) выдавать информацию двух видов:

1. Документацию для человека – назначение компоненты, способы использования, шаблоны использования.
2. Формальное описание для обращения к компоненте из скрипта: список функций, сообщений, сигналов, уведомление. Для функций: сигнатура функции (ABI⁴, например, LLVM-type). Для потоков данных: название стандартного протокола или формальное описание протокола (для специфических протоколов).

Принципиально тут то, что эта информация «привязана» к компоненте. Документацию не надо брать (искать) извне. Тогда документация точно соответствует версии компоненты/сервиса.

В этом явные отличия бытового программирования от программирования приложений. Приложение должно работать на специфицированном подмножестве всех устройств (например, Android версии 5.0 и выше). А скрипт (составная часть бытовой программы) работает на конкретном устройстве, в конкретном окружении.

Распространение бытовой программы возможно, но, скорее всего, должно делаться уже профессиональным разработчиком, которые делает более универсальными части востребованного супер-приложения.

Кроме запроса к компоненте/сервису, должна быть возможность сделать запросы к устройству, позволяющие:

- Получить каталог всех сервисов и компонентов
- Искать компоненты/сервисы по ключевым словам
- Установить на устройство необходимую компоненту или сервис
- Нужна система защиты, которая позволяет получить информацию только владельцу устройства или доверенным лицам. Сразу же замечу, что это не root access (как бы он не назывался), это другое измерение доступа.

Если снова прибегнуть к аналогии, нам нужен стандарт на то, что я назвал бы «Software USB», позволяющий получить информацию о том, как использовать устройство, компоненту или сервис в бытовом скрипте. Все мы еще помним, как появление USB упростило использование компьютеров. И в этом факте есть немного надежды.

Чтобы завершить разговор о собственно бытовом программировании и перейти к тому, как должны измениться остальные уровни, приведу еще несколько примеров задач, которые сейчас решить очень трудно, и которые должны легко решаться на уровне бытового программирования.

Пример 1. Яндекс навигатор на карте Гугл.

Для бытового программиста Яндекс.Навигатор и Google Maps должны быть компонентами (как и Яндекс.Карты и многое другое). Так как Яндекс.Карты и Google Maps имеют аналогичное назначение, то естественно предположить что один из интерфейсов (разъемов) у них должен совпадать. И тогда, подключение навигатора к другой карте – это несколько строчек кода (или несколько визуальных блоков) в бытовом скрипте.

Замечание: «интерфейс» - это не интерфейс класса на некотором языке. Все интерфейсы бытового программирования должны быть языково-независимы, а типизация должна быть утиной (duck typing).

Пример 2. Объединенный календарь

Я хочу выбрать время для какого-то семейного действия. У меня есть:

- Мой корпоративный календарь
- Корпоративный календарь жены
- Расписание уроков детей
- Расписание дополнительных занятий детей
- Производственный календарь (расписание праздничных и выходных дней)

А если, я хочу позвать друзей, то хорошо бы еще согласовать время с друзьями.

Почему бы мне не сделать объединенный календарь, который показывает все пересечения?

Естественно, что говоря «объединенный календарь», я в действительности, говорю о двух разных сущностях:

1. GUI часть календаря, позволяющая показать пересечения событий.

⁴ Application Binary Interface

2. Календарь-данные - это компонента (сервис), у которой можно запросить множество событий за определенное время.

Календарь GUI я устанавливаю на свое устройство, а потом подключаю к нему календари-данные, возможно, делая при получении данных какую-то дополнительную обработку.

На этом примере, мы видим еще одно важное следствие – бытовое программирование вынуждает нас определить Лексикон бытового программирования, по крайней мере, набор стандартных интерфейсов, таких, как «Календарь-данные» и «Календарь-отображение».

Лексикон стандартизует интерфейсы и упорядочивает усилия разработчиков. Стандартам становится выгодно соответствовать, хотя бы потому, что если у конкретной программы Календаря нет интерфейса календарь-данные, то это уменьшает его полезность, а, следовательно, и рыночную стоимость.

Предпосылки бытового программирования

Проверяя на коллегах идею бытового программирования, я убедился в том, что идея воспринимается и принимается без сопротивления. На мой взгляд, это говорит о том, что бытовое программирование готово к реализации, так как почва уже подготовлена.

Основными предпосылками являются уже упоминаемые мной гаджеты, облачные сервисы, IoT. Предпосылки другого рода это:

- Электронные конструкторы (Arduino) и конструкторы роботов
- Визуальные языки программирования (Scratch)
- Программирование на смеси скриптовых и компилируемых языков
- Утиная типизация (например, GoLang)

Предпосылки второго рода я бы назвал «психологическими», так как они упрощают понимание бытового программирования, хотя и не могут быть непосредственно использованы в бытовом программировании.

Но есть и непосредственные предпосылки, среди которых принципиальным для бытового программирования является технология разработки мульти-платформенных программ. Я использую термин «мульти-платформенный», а не «кроссплатформенный», так как речь идет не о «переносе» программы с одной платформы на другую, а об одновременной работе частей распределенной программы на разных платформах. Увы, на рынке нет ни одной (работающей) технологии и среды разработки мульти-платформенных программ.

Замечание, системы кроссплатформенной разработки существуют, достаточно упомянуть Xamarin, Unity, Marmalade, Lazarus, но они малопригодны для разработки мульти-платформенных программ по нескольким причинам, которые надо обсуждать отдельно.

В то же время, работа над частями, которые должны бы входить в нужную нам среду разработки ведется на уровне продвинутых и успешных проектов (LLVM – многоцелевая генерация кода) и экспериментальных проектов (NaCl Pepper – мульти-платформенная среда исполнения).

Компилирующая система LLVM (<http://llvm.org>) является существенным и принципиальным заделом для реализации бытового программирования. На мой взгляд, если бы LLVM не было, разговор о реализации бытового программирования был бы невозможен.

Альтернативой могло бы быть использование виртуальных машин (а la Java и .Net), но я считаю этот путь принципиально неверным. Виртуальная машина добавляет еще один уровень сложности, причем взаимодействие кода, исполняемого в виртуальной машине и кода исполняемого за её пределами, как показывает практика, неизбежно. Таким образом, использование виртуальной машины увеличивает сложность разработки и уменьшает производительность, при этом, не приносит никаких существенных преимуществ.

Для того чтобы пояснить мысль о принципиальности LLVM, рассмотрим историю развития многоцелевых компиляторов, разложив такие компиляторы на несколько поколений (основываясь на своем опыте и не претендуя на полноту изложения).

Поколение 1. Исторически первым известным мне способом сделать компилятор, способный строить рабочую программу для нескольких процессоров (платформ) была генерация кода для абстрактной машины и перенос этой машины на разные платформы. Известный пример – P-code для Паскаля (1973 г.). Использование P-code было не первым использованием этого способа, достаточно вспомнить O-code для BCPL (1966 г.) и SIL для Snobol-4 (1967 г.). Недостатки использования абстрактной машины хорошо известны на примере Java, а часть недостатков уже упомянуты выше.

Поколение 2. Начиная с 1980-х, компиляторы с языка Си стали доступны для всех платформ и появлялись на новых платформах в первую очередь. Это привело к идее использовать Си в качестве выходного языка (переносимого ассемблера) для компилятора. Такой способ мы использовали в компиляторе Extasy (<http://www.kronos.ru/literature/extasy>, 1991 г.). Extasy позволял строить Модула-2 и Oberon-2 программы для нескольких десятков различных платформ. Перенос на другую платформу не требовал реализации виртуальной машины, и, как правило, сводился к достаточно простым правкам в исполняемой среде (Run-Time System), написанной на Си. В отличие от способа с использованием виртуальной машины, потери производительности не было. Основные недостатки этого способа прямо вытекают из использования Си:

- чем больше семантический разрыв между исходным языком программирования и Си, тем труднее трансляция

- чем больше разница в модели исполнения программ в сравнение с Си, тем труднее реализация исполняемой среды (RTS).

В Extasy на уровне языков Модула-2 и Оберон существенного семантического разрыва с Си не было. А вот среда исполнения Си существенно отличалась от среды исполнения в Excelsior IV (<http://www.kronos.ru/documentation/sys>), в которой принципиальным была динамическая загрузка модулей и расширяемость системы, и мы даже не пытались эмулировать её через Си на других платформах.

Поколение 3. Один язык, сменная генерация кода. Идея сменной генерации очевидна: делим компилятор на две части. Первая часть (front-end) строит синтаксическое дерево, выполняя необходимый анализ, вторая (back-end) порождает код для конкретной платформы. Вторую часть делаем сменной.

Достоинства: генерация кода для конкретной платформы позволяет учитывать все особенности, строить любую среду исполнения программы.

Недостатки: трудоемкость перехода на новую платформу. Условно половину компилятора надо написать заново.

Я не смог достоверно определить, в каком первом компиляторе в истории использовалась идея сменных генераторов кода, поэтому приведу в качестве примера компилятор OP2 (Oberon Portable Compiler) [3], с которым я познакомился в 1991 году в ETH Zurich. Знакомство с этим компилятором подтолкнуло меня к разработке XDS [4].

Поколение 4. Многоязыковые, многоцелевые компилирующие системы.

Очевидная мысль, которая привела к разработке компилирующих систем: «заменить трансляцию с *n* входных языков в *m* машинных языков трансляцией “из *m* в один” и “из одного в *n*”» [5].

Компилирующие системы строятся по схеме:

- front-end – перевод языка программирования в промежуточное представление
- middle-end – машинно-независимая оптимизация
- back-end – машинно-зависимая оптимизация и генерация кода

Любопытно, что компилирующие системы, в каком-то смысле, являются обратными по отношению к компиляторам 3-го поколения, так как оптимизаторы и генераторы кода является постоянными частями, а анализаторы языков программирования – сменными.

Не претендуя на полноту изложения, вкратце опишу две компилирующие системы: XDS и LLVM.

Первая версия XDS вышла в 1994 году, она поддерживала компиляцию языков Modula-2 и Oberon-2 в код x86 процессоров и трансляцию в Си. Тогда же была начата работа над машинно-независимым оптимизатором, с появлением которого XDS стала классической компилирующей системой, которая включала не менее 5 языков и примерно столько же генераторов кода.

Разработка LLVM была начата в 2000 г., и сейчас LLVM включает поддержку множества языков и, наверно, всех процессоров, которые есть на рынке.

На первый взгляд XDS и LLVM похожи, как близнецы братья: та же архитектура (front-ends, middle-end, back-ends), схожая оптимизация на основе SSA формы.

Существенным преимуществом LLVM является удачный выбор промежуточного языка. В XDS, как и в OP2 в качестве промежуточного языка (выхода front-end) использовалось синтаксическое дерево. Далее синтаксическое дерево переводилось в форму удобную для оптимизации и далее в форму, подходящую для генерации кода.

Использование синтаксического дерева накладывает ограничение на компилируемые языки программирования из-за возможного семантического разрыва. Для XDS это не имело большого значения, так как все компилируемые языки (Модула-2, Оберон-2, Java, диалект Паскаля (Mitel Networks), SL1 – proprietary Nortel Networks language) были достаточно близкими, но в общем случае, это существенное ограничение.

Промежуточный язык LLVM (LLVM IR) существенно ниже уровнем, это типизованный абстрактный ассемблером. При этом задача преодоления семантического разрыва ложится на разработчика front-end.

Еще одной принципиальной особенностью, является то, что для оптимизатора LLVM IR является и входным и выходным языком. А это позволяет компилировать части кода (компоненты, скрипты) в IR и хранить их в виде IR, а потом переводить в код нужной платформы в любой удобный момент, включая JIT.

И наконец, LLVM – это не монолитное приложение, а набор приложений и библиотек, что-то вроде конструктора «Сделай себе компилятор сам».

Все это делает LLVM уникальным инструментом, как для решения производственных задач, так и для экспериментов в области технологий программирования, в том числе для реализации бытового программирования.

Реализация бытового программирования

Исходя из краткого описания бытового программирования, любой архитектор или грамотный разработчик с опытом легко выстроит шаги, необходимые для того, чтобы сделать возможным бытовое программирование.

Изложу кратко свое видение:

1. Среда разработки с возможностями
 - Подключения устройств

- Получения каталога компонентов и сервисов устройства
 - Поиск среди компонентов и сервисов устройства
 - Поиск в общем репозитории (Лексиконе бытового программирования)
 - Установка компоненты или сервиса из репозитория на устройство
 - Визуальная или текстовая разработка скрипта
 - Привязка скриптов к устройствам
 - Задание триггеров
2. Среда выполнения скриптов (на каждом устройстве)⁵
 - Загрузка, обновление и удаление скриптов с устройства
 - Реализация триггеров
 - Реализация переходников к ОС, позволяющих использовать средства ОС стандартизированным образом
 3. Стандарт на компоненты, сервисы и способы подключения и взаимодействие
 4. Репозиторий – Лексикон бытового программирования, содержащий
 - Стандартные интерфейсы
 - Стандартизированные компоненты разного уровня и сервисы
 - «Обертки» для не стандартизированных компонентов и сервисов, которые реализуют стандартные интерфейсы
 1. Для того чтобы программисты готовили компоненты и сервисы в соответствии со стандартами нужны инструменты, позволяющие добавить нужные обертки к существующим компонентам или код.
 2. Создание курсов бытового программирования и внедрение обучения.

Заключение

Любопытно, что поиск лучшей технологии программирования привел нас к Лексикону, о котором А.П. Ершов написал в 1983 г. в провидческой статье «Предварительные соображения о лексиконе программирования» [2]:

«Чем лексикон отличается от языка программирования? Он выражает не только и не столько программы, сколько их свойства и наши суждения о них. Язык программирования кодирует объекты предметной области задачи, а наше знание об этих объектах остается за пределами программного текста. Лексикон же является средством описания объектов предметных областей и содержит нотацию для построения баз знаний о предметных областях».

Естественно, что бытовому программированию и использованию Лексикона надо учить, что приводит нас к статье А.П. Ершова 1981 г.: "Программирование — вторая грамотность" [6], к новому воплощению идеи о всеобщем обучении программированию. Прошло чуть больше 40 лет, и мы пришли к реальной потребности в воплощении идей А.П. Ершова.

Бытовое программирование придает практический смысл всеобщему обучению программированию, так как в нем есть польза для обучаемых. Сейчас же обучение информатике скорее дает повышение общего уровня грамотности.

Предполагаю, что когда появится Лексикон бытового программирования, начнет наполняться и более общий Лексикон (программирования приложений и производственного программирования) - репозиторий стандартных языково-независимых и кросс-платформенных компонентов.

В настоящее время часть изложенных идей проверена для одной платформы, идет работа над мультиплатформенной средой разработки Вир-2 (<http://алексейнедоря.рф/?p=186>), основанной на LLVM.

⁵ Скрипт должен переводиться во внутреннее (платформенно-независимое) представление (например, LLVM IR), и после этого переводится в код нужной платформы. Тем самым на каждой платформе будет исполняться нативный код скрипта и такой же код используемых компонент.

⁶ Стандартизация компонентов – это большая тема. Частично эта тема раскрыта в моем блоге (<http://алексейнедоря.рф>). Упомяну лишь о том, что компоненты могут быть простые, например, каждая тригонометрическая функции – это маленькая компонента, так и составные компоненты – например, текстовый редактор.

Список литературы

1. Booch, Grady (1997). Object-Oriented Analysis and Design with Applications. Addison-Wesley. ISBN 0-8053-5340-2.
2. Ершов, А. П. Предварительные соображения о лексиконе программирования// Избранные труды. Новосибирск, 1994.
3. Régis Crelier. OP2: A Portable Oberon-2 Compiler Presented at the 2nd International Modula-2 Conference, Loughborough, Sept 91
4. Недоря, А. Е., Расширяемая переносимая система программирования, основанная на бязыковом подходе : диссертация кандидата физико-математических наук : 05.13.11. - Новосибирск, 1993. - 139 с.
5. Любимский Э. З., Поттосин И. В., Шура-Бура М. Р., От программирующих программ к системам программирования // Становление Новосибирской школы программирования. Мозаика воспоминаний. - Новосибирск: Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН. - 2001. - С. 18-27.
6. Ершов, А. П. Программирование — вторая грамотность// Избранные труды. Новосибирск, 1994.

Вклад кафедры «Вычислительная техника» Ереванского политехнического института в становление и развитие отрасли

Гаспарян Тигран Гаспарович, к.т.н.

Москва, Россия.
tiggasparyan@yandex.ru

Оганджян Сергей Беникович, к.т.н.

Московский авиационный институт.
Москва, Россия.
sbenog@yandex.ru

Ключевые слова: Ереванский политехнический институт, кафедра вычислительной техники, хозяйственная работа, государственная работа

Краткая история создания кафедры. В 1955 г. в Ереванском политехническом институте (ЕрПИ) на кафедре «Электрические машины и автоматизация» электротехнического факультета была открыта специализация – «Математические счётно-решающие приборы и устройства» (МСРПУ), которая в 1957 г. отделилась в самостоятельную кафедру «Автоматика и вычислительная техника» (АВТ). В 1964 г. на базе кафедр АВТ (зав. кафедрой д.т.н. профессор Г.Л. Арешян – проректор по научной работе) и «Электронная техника» (зав. кафедрой к.т.н. доцент В.Р. Варданян) электротехнического факультета создаётся новый факультет – «Автоматика и вычислительная техника» (первый декан к.т.н. доцент К.Г. Абрамян), на котором по трём специальностям – МСРПУ, автоматика и телемеханика (АиТ) и промышленная электроника (ПЭ), в шести группах обучалось 150 студентов. В особенности высока была потребность в специалистах МСРПУ. Для увеличения числа выпускников необходимо было увеличивать профессорско-преподавательский и учебно-вспомогательный состав кафедры. С этой целью из Ереванского научно-исследовательского института математических машин (ЕрНИИММ, образован в 1956 г.) на кафедру были приглашены разработчики и создатели первых ЭВМ – д.т.н. Л.А. Григорян, д.т.н. А.Т. Кучукян, д.т.н. П.А. Матевосян, к.т.н., доцент А.Н. Сагоян, к.т.н., доцент Б.Б. Мелик-Шахназаров, Л.С. Абрамян, А.Н. Гутов, а также выпускники кафедры – отличники А.К. Авакян, Л.К. Нерсисян, В.Г. Ягджян, С.И. Шагинян.

В 1967 году факультет АВТ был преобразован в факультет «Техническая кибернетика» (ТК). С целью дальнейшего усовершенствования и повышения качества выпускников, благодаря активной деятельности декана факультета ТК К.Г. Абрамяна, на базе кафедры АВТ в 1967 г. были созданы две кафедры – «Автоматика и телемеханика» (АиТ) зав. кафедрой д.т.н. Г.Л. Арешян и «Вычислительная техника» (ВТ) зав. кафедрой К.Г. Абрамян. Учитывая возрастающий спрос в специалистах, план приёма уже в 1967 – 68 учебных годах по кафедре ВТ составил 250 студентов. Кафедра пополнилась новыми выпускниками как среди преподавательского состава, так и учебно-вспомогательного персонала и совместно с опытными преподавателями возник мощный коллектив единомышленников, работающих на две основные цели – подготовку высоко квалифицированных специалистов и развитие ВТ как в Армении так и в СССР.

В связи с интенсивным развитием информатики, вычислительной техники и радиоэлектроники в Армянской ССР в 1979 г. факультет «Техническая кибернетика» разделился на факультеты «Вычислительная техника» (ВТ) и «Техническая кибернетика». Целью создания факультета ВТ являлась подготовка инженерных кадров в области проектирования, производства и эксплуатации ЭВМ для удовлетворения растущих нужд в соответствующих специалистах в Республике и за её пределами, обусловленного бурным ростом вычислительной техники и радиоэлектронной промышленности.

Учитывая возросший объём учебной нагрузки и численность преподавательского состава (около 100 человек) часть кафедры ВТ отделили в общеинститутскую кафедру «Алгоритмические языки и программирование» (зав. кафедрой – к.т.н., доцент Ю.А. Айвазян). В 1986 г. численность студентов обучающихся на кафедре ВТ (вместе с вечерними группами) возросла до 2000. В этот же год на факультете ВТ была введена новая специализация «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» (зав. кафедрой – к.т.н., доцент В.Г. Ягджян).

В 1995 году на базе факультета «Вычислительная техника» образован департамент «Компьютерные системы и информатика», по своей значимости и роли являющийся одним из ведущих департаментов Государственного инженерного университета Армении (ГИУА, новое название ЕрПИ).

Разработки кафедры. В рамках одной статьи практически невозможно подробно описать все научно-исследовательские разработки выполненные на кафедре ВТ. В этой связи авторы вкратце перечислят основные крупные работы, выполненные на кафедре, и остановится на работе, которая имела всесоюзное значение и курировалась Госпланом СССР.

Первым значимым результатом коллектива кафедры ВТ было выполнение проекта «Разработка и создание многоканального регистратора быстропеременных процессов» по заказу одного из ведущих НИИ военно-промышленного комплекса страны, поступившего в 1967 из Москвы. Разработанный регистратор (хронограф) был реализован в двух вариантах на различной элементной базе. Цель – проведение исследований по производительности и быстродействию. Оба были изготовлены на материально-технической базе кафедры силами её сотрудников. Тема в рамках хозяйственного договора велась до 1971 года (научный руководитель зав. кафедрой ВТ к.т.н. доц. К.Г. Абрамян) и была выполнена на высоком уровне. С этого времени на кафедре ВТ параллельно с педагогической и методологической деятельностью силами сотрудников кафедры проводились научные исследования в рамках хозяйственных и госбюджетных работ как республиканского, так и общесоюзного масштаба.

В 1970-е годы в стране стали разрабатываться автоматизированные системы управления на различных уровнях – предприятий, отрасли, региона. Одним из первых широкомасштабных проектов был проект создания АСУ Аэрофлота. В проекте принимали участие профильные НИИ страны, каждый из которых разрабатывал отдельную систему. Так, в 1971–1976 сотрудники кафедры ВТ выполнили хозяйственную работу «Разработка регионального АСУ Аэрофлот» (научный руководитель К.Г. Абрамян), которая была выполнена в срок на высоком уровне и сдана заказчику, МГА СССР.

В 1977–1981 выполнялась госбюджетная работа «Разработка и создание Универсальной Многоуровневой Системы Автоматизированного Поиска» – УМСАП, и в дальнейшем создание «Системы Управления Базами Данных» – СУБД (ответственный исполнитель – В.Г. Ягджян). Следует отметить, что разработанное СУБД не копировало уже имевшееся на западе СУБД, и по многим характеристикам превосходило его. В 1982 – 1984 на базе апробированной СУБД была внедрена система «Разработка и создание АСУ Высшая школа» и уже в 1984 г. успешно были запущены подсистемы «Расписание» и «Приём и проведение вступительных экзаменов абитуриентов» (ответственный исполнитель В.Г. Ягджян).

В 1977 – 1980 годах авторы, а также часть сотрудников кафедры занялась проблемами моделирования сложных непрерывных технологических процессов, таких как переработка (обогащение) минеральных ресурсов и задачами их оптимизации. При проведении исследовательских работ были установлены тесные контакты, а в последствии творческий союз с ИПКОН АН СССР и ВИБР при ГОСНАБЕ СССР. В этот же период группа выполнила хозяйственную работу «Разработка и внедрение системы оптимизации технологических процессов Зодского золоторудного комбината» (ЗЗК), (ответственный исполнитель – к.т.н. доц. Т.Г. Гаспарян); в 1980 – 1983 выполнялась хозяйственная работа «Разработка и внедрение системы оптимизации технологических процессов Зангезурского медно-молибденового комбината» (ЗММК, ответственный исполнитель Т.Г. Гаспарян), что позволило создать единый комплекс решения задач оптимизации технологических процессов, который был внедрён более чем в 10 добывающих регионах СССР, в том числе на Тырныаузском и Зырянском горно-обогатительном комбинатах (ГОК). Заказчиками работ были соответственно ЗЗК и ЗММК по рекомендации НИИ «ВНИПРОЗОЛОТО».

В 1985 г. от Госнаба СССР поступил заказ на создание «Автоматизированной системы учёта и рационального использования вторичных минеральных ресурсов». Чтобы оценить масштабность поставленной задачи необходимо отметить, что подобные задачи имеют большую размерность (огромные размеры информационных потоков), которые необходимо оперативно обработать и выдать оптимальное решение. Для решения поставленной задачи в 1986 г. был разработан и создан АСсоциативный Многоуровневый Информационный Комплекс – АСМИК (ответственный исполнитель Т.Г. Гаспарян), в котором использована разработанная на кафедре СУБД УМСАП-4. Всё это позволило создать информационную управляющую систему (ИУС) для проектирования технологических процессов малоотходного производства. Создание ИУС позволило динамически решать вопросы перераспределения вторичных ресурсов (ВР) и вторичных материальных ресурсов (ВМР) за счёт ускорения этапов проектирования технологических процессов. Это тем более необходимо, так как технологические процессы на отраслевом, региональном уровнях существуют в течении ограниченного времени (в зависимости от изменения конъюнктуры рынка, объёмов накопленных ресурсов, потребностей регионов и т.д.). Использование природных ресурсов создаёт условия образования отходов, которые, очевидно, с усовершенствованием технологий переработки ресурсов будут всё более обеднёнными и образуют источник экологического загрязнения. Решение проблемы охраны окружающей среды приводит к не менее важной задаче полной утилизации отходов путём использования их в смежных отраслях материального производства. Особое значение при этом имеет априорная оценка «обогащаемости» минерального сырья, учёт и использование всех возможных методов извлечения ценных компонентов. В этой связи быстрая и априорная оценка «обогащаемости» руд позволит хотя бы ориентировочно прогнозировать возможные схемы технологических процессов переработки и их технологические показатели, а также определить направления использования отходов переработки минерального сырья – ВМР. Решение проблемы использования вторичных ресурсов непосредственно связано с решением задачи охраны окружающей среды. В

1987 г. за разработку «Системы рационального природопользования» коллектив из представителей ИПКОН-а и кафедры ВТ ЕрПИ стал лауреатом Премии Ленинского комсомола.

Анализируя деятельность многих предприятий в этом направлении, разработчики пришли к выводу, что решение экологических проблем не всегда экономически выгодно предприятиям или даже целым отраслям. Последнее связано с тем, что отрасли заинтересованы в выполнении производственной программы по выпуску запланированных объёмов продукции с минимальными издержками. При этом экологический фактор является второстепенным, т.к. требует дополнительных затрат. Помимо этого, ресурсосберегающие технологии более дорогие по сравнению с обычными технологиями. Критерием оценки малоотходного производства должен быть не сам по себе экономический эффект, рассчитанный по традиционной методике, а хозяйственные результаты, учитывающие широкий круг последствий связанных со снижением эколого-экономического ущерба в результате сокращения потребления природных ресурсов и загрязнения окружающей среды, комплексного использования сырья и повышения ресурсообеспеченности общества.

Для разработки ИУС был определён круг основных задач из которых можно выделить: создание подсистем учёта минерально-сырьевого ресурса (МСР) и ВМП; единого классификатора ВМП, включающего весь перечень номенклатуры образуемых отходов; создание подсистем управления МСР и ВМП, способных решать задачи планирования и оптимального использования МСР и ВМП путём сокращения объёмов образования отходов за счёт проектирования технологических процессов малоотходного производства, которые можно рассматривать на шести уровнях (технологической линии, обогатительной фабрики, горноперерабатывающего комбината, горноперерабатывающей отрасли, межотраслевого и регионального уровней). Такой подход обеспечил гибкую структуру разрабатываемой системы малоотходного производства, основанный на постулатах многомерных функций полезности, что позволило рассматривать первичный минеральный ресурс (ПМР) и ВМП как единое целое в проектируемой системе рационального природопользования. Т. е. система отходаобразования рассматривалась как одна из подсистем управления, в которой образование отхода является одним из управляемых (регулируемых) параметров, влияющим на другой управляемый параметр – производство продукции. А сама система была представлена как многокритериальная многоуровневая иерархическая система, требующая построения иерархической модели проектирования технологических процессов на различных уровнях принятия управляющих решений.

Именно многофакторность проблемы и наличие большого количества альтернативных решений выдвинули на первый план задачу формализации всех подсистем (естественно, после проведения декомпозиции) и системы в целом, т.е. представления всей системы в виде математической модели, посредством которой можно было бы найти и принять оптимальное решение. Таким образом, решение глобальной задачи создания ИУС безотходного производства было связано как с моделированием технологических процессов переработки сырья и утилизации отходов, так и с моделированием экономических связей, как внутриотраслевых, так и межотраслевых. При этом построение иерархической структуры моделей принятия управляющих решений по созданию безотходного производства было увязано с организационной структурой исследуемой сложной экономической системы. Иерархический подход к построению моделей предполагал последовательную детализацию управляющих решений, а это, в свою очередь, связано с агрегированием информации по уровню иерархии и её дезагрегированием при движении «сверху – вниз». Однако, известно, что децентрализация управления приводит к появлению неопределённости, связанной с автономными действиями подсистем, исходящих из собственных интересов. Для преодоления этого противоречия была выбрана оптимальная мера децентрализации, в силу чего рассмотрение приведённой иерархической системы, как правило, начиналось с описания интересов отдельных подсистем и определения их согласованности. Процедура принятия решений в иерархической системе рассматривалась как процесс взаимодействия ряда активных участников, действующих в соответствии со своими собственными интересами, и определялась способом управления верхнего уровня, состоящим в выборе вида управления и передаваемой подсистемами информации. Согласованность интересов в системе зависела не только от вида критериев эффективности, но и от пространства управлений элементов. В частности, использование на верхнем уровне управления обратной связи может привести к идеальной согласованности интересов. При этом может увеличиваться и максимальный гарантированный результат верхнего уровня.

Формирование и выбор технологических процессов (ТП) представляли последовательность алгоритмов, разработанных методов и реализованных в виде пакетов управляющих и прикладных программ. В ИУС пакеты программ объединялись по функциональному назначению в операционные модули. Результаты проектирования каждого из модулей передаются на последующие этапы проектирования через интегрированную базу данных. Данная последовательность достаточно сложная, причём в зависимости от параметров проектирования может выбираться соответствующая последовательность модулей. Это связано с тем, что технологический процесс переработки МСР и ВМП представляет сложный стохастический процесс, зависящий от множества возмущающих факторов. Для решения этой проблемы в составе ИУС была разработана управляющая программа – интеллектуальный планировщик, включающая входную модель, описывающую исходные данные и параметры проектирования, определяющие последовательность модулей, необходимых для реализации конкретного проекта. Разработка интеллектуального планировщика и включение его в состав ИУС позволила существенно упростить использование ИУС с точки зрения пользователя. Разработанный планировщик ИУС ТП был обеспечен интерактивным интерфейсом, реализующим диалоговый режим подготовки всей входной

информации, описание алгоритма функционирования ТП, графа переходов управляющей программы. При автоматизации проектирования таких трудноформализуемых объектов, как ТП переработки МСР и ВМР, ИУС может служить, как экспертная система, включающая в себя модель знаний, модель принятия решений и средства ведения профессионального диалога. Система была реализована в начале работ на ЭВМ ЕС-1033, затем на ЭВМ ЕС-1046 разработанной в ЕрНИИММ, большинство специалистов которого составляли выпускники кафедры ВТ. По инициативе Госнаба СССР и Всесоюзного НИИ вторичных ресурсов (ВИВР) система с 1986 по 1989 г. была внедрена в 18 регионах СССР, в том числе Мурманской, Пермской областях, Верхневолжском управлении Госнаба СССР, Ивановской области, Татглавнабе и др.

В 1989 г. (через несколько месяцев после землетрясения в Армении) силами группы разработчиков АСМИК был создан Экологический информационный центр при ЕрПи (руководители Т.Г. Гаспарян, С.Б. Оганджян), получивший бюджетное финансирование от правительства Армении. В этот период в Армении сложилась крайне тяжелая обстановка, связанная с блокадой республики¹. Была остановлена Армянская АЭС. Заблокирован основной газопровод, что грозило полной остановкой Разданской и Ереванской ГРЭС. Необходимо было решать проблему энергоснабжения республики. В связи с этим, по заказу Государственного Комитета по газификации Арм. ССР при поддержке Совета Министров Арм. ССР и Госплана Арм. ССР сотрудниками кафедры (10 человек) была проведена масштабная работа: «Разработка концепции топливно-энергетического комплекса Армянской ССР» (руководители Т.Г. Гаспарян, С.Б. Оганджян). Работа получила высокую оценку и поддержку руководства СМ Арм. ССР. Однако наступивший развал Советского Союза, экономическая блокада и смена власти привели к приостановлению этой и других работ.

¹ См. подробнее Э. Аянян. Темные годы Армении <https://imyerevan.com/ru/blog/view/5527> (Дата обращения 19.04.2017)

Сергей Никитович Мергелян: победы и поражения

Оганджянн Сергей Беникович, к.т.н.

Московский авиационный институт
Москва, Россия.
sbenog@yandex.ru

Ключевые слова: Сергей Никитович Мергелян, теорема Мергеляна, множества Мергеляна, ЕрНИИММ, Математический институт им. В.А. Стеклова АН СССР.

*Упущенных побед немало,
Одержанных побед немного,
Но если можно бы сначала
Жизнь эту вымолить у Бога,
Хотелось бы, чтоб было снова
Упущенных побед немало,
Одержанных побед немного
Д. С. Самойлов*

Статья посвящена Сергею Никитовичу Мергеляну (1928–2008) – учёному, вошедшему в историю современной математики, прожившему большую и насыщенную жизнь, в которой было много блестящих побед, но были и горькие минуты разочарований и потерь. Он стал самым молодым доктором наук в истории СССР (степень присуждена на защите кандидатской диссертации в возрасте 20 лет), самым молодым членом-корреспондентом АН СССР, с 1991 г. РАН (1953 г., звание присвоено в возрасте 24 лет), действительным членом АН Армянской ССР (1956 г.), с 1993 г. – НАН РА. Доказанная им теорема о возможности равномерной полиномиальной аппроксимации функций комплексного переменного признана классической (см. Мергеляна теорема) [1].

Сергей Мергелян (Мергелов) родился 19 мая 1928 г. в Симферополе. Его родители – Никита Иванович Мергелов, – бывший частный предприниматель (нэпман), и Людмила Ивановна Выродова (дочь управляющего Азово-Черноморским банком, расстрелянного в 1918 г. в Бердянске во время Гражданской войны). В 1936-м г. отец Сергея строил бумажную фабрику в городе Елец, но попал в волну репрессий и вместе с семьёй был выслан товарным поездом в сибирский посёлок Нарым (в переводе с хантыйского означает «болото») Томской области. В Сибири мальчик перенёс тяжёлую болезнь и выжил чудом. К счастью, ссылка оказалась недолгой (никакой вины Мергеловых не было) и в 1937-м г. мать с сыном по решению суда были оправданы, и вернулись в Керчь, а в 1938 г. Людмила Ивановна добилась (у генерального прокурора СССР А.Я. Вышинского) реабилитации мужа. В 1941 г., с началом Великой Отечественной войны, в связи с наступлением гитлеровских армий на Юг семья Мергеловых покинула Керчь и обосновалась в Ереване благодаря чистой случайности. Накануне войны Никита Мергелов встретился на отдыхе с заместителем наркома промкооперации Армении Христофором Михайловичем Туманяном, и тот, оценив энергию и знания своего нового знакомого, пригласил его в Ереван строить картонную фабрику.

До начала войны Сергей жил в России и Украине учился в керченской средней школе и имел весьма слабое представление о своей исторической родине. По-армянски он не говорил, с армянской литературой, музыкой знаком не был (через несколько лет он декламировал стихи и пел песни на армянском языке), и, когда в конце 1941 г. его семья эвакуировалась из Керчи в Ереван, он попал в совершенно незнакомую, можно сказать, чуждую для себя среду [2]. Семью из четырех человек (родители, Сергей и его бабушка по матери) поселили в комнате 18–20 квадратных метров, но и это жилище было во время войны для них благодатью. Никита Иванович приютил брата Людмилы Мергеловой и его жену, которые буквально погибали в голодном Урюпинске (Волгоградская обл.). Сергею была доступна половина письменного стола, за которым он готовил уроки, в то время как на другой половине готовился на примусе обед [2]. Сергей ещё в юном возрасте выделялся привлекательной внешностью и незаурядным голосом, а главное –

замечательными математическими способностями. Школьный учитель математики – Грант Ростомян сразу обратил внимание на способности Сергея, предсказал ему блестящее будущее, и приложил немало усилий, чтобы это предсказание оправдалось. Помимо любви к математике, Ростомян всячески культивировал в ученике сосредоточенность и трудолюбие. В школе Сергей всегда был первым учеником, не только приводя в восхищение педагогов, но и вызывая уважение одноклассников. В 1943 г. в Ереване проходила республиканская физико-математическая олимпиада, на которой Сергей-восьмиклассник занял первое место. В 1944 г. (в 16 лет), сдав экстерном экзамены за 9–10 классы, закончил школьный курс и поступил на физико-математический факультет Ереванского государственного университета (ЕГУ). В университете талантливым студентом заинтересовался академик АН АрмССР профессор Арташес Липаритович Шагинян – его педагог, наставник и впоследствии старший товарищ. Он привлёк Мергеляна к участию в своём семинаре. Этот замечательный педагог не только вводил своего подопечного в увлекательный мир математики, но и приобщал его к армянской культуре, во время совместных походов учил восхищаться скупой, но такой пронзительной армянской природой, обращал внимание на то, как точно вписаны изысканным вкусом авторов архитектурные шедевры в окружающий ландшафт, учил знать и ценить двухтысячелетнюю историю армянского театра, наслаждаться неповторимым искусством мастеров армянской оперы и балета, изучать богатейшую армянскую историю и преклоняться перед созидательным гением негибавшего своего народа [2]. Помимо учёбы и работы в семинаре, Сергей преподавал в математическом кружке при ереванском Дворце пионеров. Там он давал полную волю фантазии, сочиняя для ребят задачи «с подвохом», проводя соревнования по решению особо трудных задач, устраивая математические игры и т. д. Пятилетний курс университета он прошёл за три года, на первом курсе он проучился всего несколько дней, затем экстерном сдал экзамены и сразу перешёл на второй, и в 1946 г. получил диплом. Тогда же он восстановил изначальную фамилию по отцовской линии и получил диплом уже как Сергей Никитович Мергелян.

Сразу же после окончания ЕГУ Мергеляна направили в Москву (в 1946 г.) в очную аспирантуру Математического института им. В.А. Стеклова при АН СССР к выдающемуся учёному, в последующем президенту Академии наук СССР, Мстиславу Всеволодовичу Келдышу. При всей своей колоссальной занятости Келдыш уделял особое внимание своему новому аспиранту – он не мог не заметить его исключительного дара. Встречались они преимущественно у Келдыша дома, в 8–9 часов вечера, и вели долгие беседы о математических проблемах [2]. За полтора года Мергелян сдал кандидатские экзамены и написал диссертацию на соискание степени кандидата физико-математических наук. В основу диссертации была положена его статья, опубликованная ещё в университете, и две другие, написанные уже в Москве. Защита состоялась в 1949 г. и прошла блестяще. И вот члены Учёного совета уходят на голосование. Проходит более полутора часов (хотя, как правило, уже через 20–30 минут объявляются результаты тайного голосования), и председатель Учёного совета объявил о присвоении С.Н. Мергеляну степени доктора физико-математических наук. Хотя сам Мергелян представил на защиту кандидатскую диссертацию, все три официальных оппонента – академики Михаил Алексеевич Лаврентьев, Сергей Михайлович Никольский и член-корреспондент Александр Осипович Гельфанд – ходатайствовали перед Учёным советом о присвоении ему докторской степени. Ходатайство оппонентов удовлетворили (для этого нужно было обзвонить членов докторского совета, на что и ушло время), поскольку работа была посвящена исследованию совершенно неизвестной области, и уровень её был очень высок. Члены совета практически единогласно поддержали это решение и... Сергей Мергелян в 20 лет стал самым молодым доктором физико-математических наук в нашей стране. В этом он опередил даже Нобелевского лауреата, математика и кибернетика академика Л.В. Канторовича, получившего докторскую степень в 23 года.

В 1949-м, в год защиты, он начал участвовать в постоянном семинаре академика М.А. Лаврентьева при Математическом институте им. В.А. Стеклова. Ритм жизни Мергеляна в этот период был напряжённым. Его работа в Москве вовсе не означала намерения расстаться с родным Ереваном. Мало того, отдавая дань уважения молодому земляку, ереванские городские власти в 1950 г. выделили 22-летнему учёному новую двухкомнатную квартиру; событие по тем временам почти чрезвычайное. Область его научных интересов охватывала приближенные представления данных функций через более простые. Эту проблему впервые сформулировал ещё П.Л. Чебышев применительно к теории механизмов, а далее её развивали А.А. Марков (старший) и в наше время С.Н. Бернштейн, М.А. Лаврентьев и М.В. Келдыш. Тем не менее, в области комплексных чисел теория приближений оставалась ещё мало разработанной. Мергелян занялся её исследованием, получив впоследствии ряд блестящих результатов. В 1951–53 гг. он опубликовал несколько значимых работ: «Некоторые вопросы конструктивной теории функций» (Труды Математического института АН СССР, т. 3, 1951), «Равномерные приближения функций комплексного переменного» (Успехи математических наук, т.8, вып. 2, 1952), «О полноте систем аналитических функций» (Успехи математических наук, т. 7, вып. 4, 1953) и предложил решение задачи о приближении непрерывных функций полиномами (1951). Об уровне и степени важности его диссертации и упомянутых работ можно судить ещё и по тому факту, что в 1952 г. Сергей Мергелян был удостоен Сталинской (Государственной) премии СССР второй степени (и звания лауреата), с прилагавшимся к ней единовременным денежным пособием в 100000 рублей. Сумма по тем временам астрономическая (можно было купить 6 автомобилей «Победа»). Комментируя награждение Мергеляна, президент АН СССР академик А.Н. Несмеянов отметил, что его

работы имеют: «Особое значение с точки зрения использования их методов в работе больших автоматических вычислительных машин». 23 октября 1953 г. Мергеляна выбрали членом-корреспондентом АН СССР по Отделению физико-математических наук (математика). С 1954 Мергелян преподавал в должности профессора в МГУ на механико-математическом факультете, руководил аспирантами и научной работой студентов, являлся профессором двух университетов – МГУ и ЕГУ, создал свою собственную научную школу. Когда профессор Мергелян с ватагой молодых людей сбегал по лестницам ЕГУ, торопясь на очередную лекцию, его трудно было отличить от студентов, которым он преподавал (фото 1).



Фото 1. С.Н. Мергелян, 1950-е годы

Идя на первое занятие своего семинара в МГУ, он более всего боялся, что ни один студент не заинтересуется предлагаемой им тематикой. Подойдя к аудитории и увидев, что она битком набита студентами, он решил, что ошибся дверью и прошёл мимо. Затем, все-таки вернулся, и осторожно спросил, чей здесь ожидается семинар. Услышав в ответ свою фамилию, он всё ещё не очень смело ступил в переполненную аудиторию [2]. В Москве ему предоставили квартиру в жилом корпусе нового комплекса МГУ на Ленинских горах (рядом с факультетом), в 1955 г. он вступил в ряды КПСС. Как представитель советской науки, вместе с другими учёными С. Н. Мергелян побывал в Индии, Италии и Австралии. В Индии учёных встречал президент Джавахарлал Неру, обративший особое внимание на молодого математика. В Индии в живописном парке Османовского университета, Мергелян встретился с американским учёным Норбертом Винером, который сказал, что он знаком с работами Мергеляна и восхищён ими (фото 2).



Фото 2. Н. Винер и С.Н. Мергелян (фото из архива С.Н. Мергеляна)

Диапазон одарённости Мергеляна очень широк: он обаятелен, дружил с поэтами, с композиторами. Мергелян с детства любил музыку и пение. Один старый профессор музыки, певший некогда в Италии, рекомендовал ему учиться вокальному искусству, чтобы стать оперным певцом и в 1956 Мергелян в очередной раз удивил всех – он закончил консерваторию по классу вокала [2].

1955 – 56 г. принесли Мергеляну много горя и, вместе с тем, были насыщены многими значимыми положительными событиями, сыгравшими важную роль в его жизни. В 1955 г. умер отец, в 1956 – мать. В 1955 г. Сергей Никитович встретил свою будущую жену – Лидию Васильевну Кулакову, актрису, которая окончив Театральный институт в Харькове, была приглашена в московский Малый театр Михаилом Ивановичем Царёвым, очарованным её игрой на провинциальной сцене. При всём том она без колебаний оставила театр в самом начале многообещающей карьеры, чтобы составить счастье своему избраннику и ни разу в течение совместной жизни не попрекнула мужа, не пожалела о своей жертве. Свадьбу они сыграли в 1956 г. в Москве, на даче у академика АН АрмССР Андроника Гевондовича Иосифяна – легендарного директора московского Всесоюзного НИИ электромеханики [ныне «Научно-производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифяна (Корпорация «ВНИИЭМ»)], как говорил Сергей Павлович Королев: «главного электрика» всех космических аппаратов, или, с армянской интонацией Иосифяна «главного электрикоса».

В 1955 г. Мергелян подписал «Письмо трёхсот» [письмо большой группы советских учёных, направленное 11 октября 1955 г. в Президиум ЦК КПСС, в котором содержалась критика научных взглядов и практической деятельности президента ВАСХНИЛ Т.Д. Лысенко, что привело, в конечном счёте, к его отставке]. В 1956 г. его избрали академиком АН АрмССР.

В середине 1950-х гг. известные учёные – президент АН АрмССР академик АН СССР В.А. Амбарцумян, академики АН АрмССР А.Л. Шагиняна и А.Г. Иосифяна выступили с предложением в адрес ЦК КП Армении об освоении и развёртывании нового научно-технического направления для республики – электроники и вычислительной техники (ВТ), и, что крайне важно, с ориентиром на внедрение результатов исследований в народное хозяйство и выпуск изделий электронной и вычислительной техники. Одоблив инициативу учёных, ЦК КП Армении подготовил и представил материалы в ЦК КПСС о создании в составе Министерства приборостроения и средств автоматизации СССР Ереванского научно-исследовательского института математических машин (ЕрНИИММ). Инициативу поддержал первый секретарь ЦК КПСС Н.С. Хрущев, которых до этого находясь в США, отметил уровень развития науки и техники в американской «глубинке» и решил поднять на должный уровень советские окраины. Лучшей кандидатуры на пост директора, чем С.Н. Мергелян, трудно было найти. 14 июля 1956 г. был основан ЕрНИИММ, который сразу стал весьма популярен как «институт Мергеляна». Примечательно, что это неофициальное название родилось в научных кругах Армении безо всякой инициативы сверху и оказалось настолько популярным, что сохраняется и по сию пору [4,5]. Академики Шагиняна и Иосифян сыграли важную роль в становлении нового предприятия: первый принимал в свой Институт математики в Ереване отобранных Мергеляном специалистов и оплачивал их труд, пока шёл процесс формирования самого ЕрНИИММ, а второй в этот же период организовал обучение кадров в руководимом им Институте электромеханики в Москве. Конечно, Мергелян не имел опыта научно-производственной деятельности, и ему очень пригодились советы Иосифяна. Именно благодаря им была выработана стратегия развития института.

Исходя из профиля института, в нём были созданы все структуры для разработки и внедрения ВТ, начиная с подготовки технического задания и кончая внедрением в производство и эксплуатацию: конструкторские отделы, отделения систем автоматического проектирования, отделения математического обеспечения и тестирования, подразделения системного анализа и проектирования, электронного проектирования, лаборатория типовых испытаний узлов и устройств ВТ и подразделения разработки документации. С целью отработки устройств и ЭВМ был создан опытный завод при ЕрНИИММ, который обеспечивал изготовление опытных образцов, отработку документации и технологических решений до передачи изделия в серийное производство (т.е. создание замкнутого цикла – «разработка – внедрение»: школа Иосифяна). Подобная организация цикла позволила добиться высокой эффективности при взаимодействии со многими НИИ и заводами в рамках установленной кооперации [4,5]. И здесь в полной мере проявились организаторские способности Мергеляна, желание сделать что-то конкретно полезное для людей. Именно этот душевный запал позволил Сергею Никитовичу создать практически на пустом месте солидный научно-исследовательский и проектный институт всесоюзного значения, который со временем стал основой и стержнем целой отрасли народного хозяйства Армении.

Первым проектом вновь созданного института стала модернизация (совместно со специалистами из Москвы – руководителем разработки Н.Я. Матюхиным и другими) ламповой ЭВМ М-3 (технический проект М-3 разработан в 1953 г. по личной инициативе члена-корреспондента АН СССР И.С. Брука), привезённой в 1956 г. в Ереван, которую в качестве усовершенствованного образца в 1958 г. передали в Институт энергетики им. Кржижановского АН СССР для решения задач в области энергетики. Именно на базе ЭВМ М-3 в 1958–60 гг. в ЕрНИИММ были созданы ЭВМ первого поколения (на электронных лампах) «Арагац», «Раздан-1» и «Ереван». В 1958–61 гг. в институте спроектировали универсальную ЭВМ «Раздан-2» – первую в СССР ЭВМ полностью собранную на полупроводниковых приборах. На её базе был создан первый в СССР подвижный вычислительный центр военного назначения (1963–68 гг.) Уже в 1957 г.

Мергелян организовал и возглавил Вычислительный центр Академии наук и ЕГУ. 30-летнему учёному, успевшему привыкнуть к московским масштабам научной (и административной) жизни, пришлось, в каком-то смысле начинать заново, приняв руководство институтом, бывшим в ту пору первенцем республики – единственным в своей области [4,5].

Стремительно нараставший объём работ не позволял делить время между двумя городами, и в 1958 г. Мергелян оставил свою должность в МГУ. Тем не менее связей с московским научным миром он не прервал и в 1959 г. вошёл в состав первого Научного совета по комплексной проблеме «Кибернетика», созданного и возглавленного академиком адмиралом Акселем Ивановичем Бергом. Тогда же опубликовал и ещё одну новую работу: «Приближения функций комплексного переменного», в юбилейном сборнике Математика в СССР за сорок лет. 1917–1957 (т. 1, М., с. 383-98). В апреле 1959 г. состоялась его командировка в составе советской делегации в США (фото 3).



*Фото 3. Посещение делегацией советских специалистов фирмы IBM (США) в 1959 году.
Слева направо: В.С. Полин, С.Н. Мергелян, С.А. Лебедев, В.М. Глушков, Ю.Я. Базилевский и В.С. Петров.*

Хотя след, оставленный Мергеляном в Ереване, необычайно ярок, тем не менее, в 1960-м г. он ушёл с поста директора ЕрНИИММ (вернулся в «родную область» чистой математики). С 1961-го возобновил работу в московском Математическом институте им. В.А. Стеклова АН СССР. Он занялся решением задачи о приближении непрерывных функций, удовлетворяющих свойствам гладкости, для произвольного множества (1962 г.) и решением аппроксимационной проблемы Бернштейна (1963 г.). В том же 1963 г. его избрали заместителем академика-секретаря Отделения математики АН СССР Н.Н. Боголюбова. В 1964-м он стал заведующим отделом комплексного анализа в Математическом институте – должность, которую он занимал до 2002 г., в том же году был восстановлен на должности профессора механико-математического факультета МГУ (фото 4). В 1968-м вновь оставил должность профессора факультета и занялся только научной работой. Мергелян – «выездной», бывал в зарубежных командировках, много и плодотворно работал. В 1970 г. выступил в качестве приглашённого докладчика на Международном конгрессе математиков в Ницце.

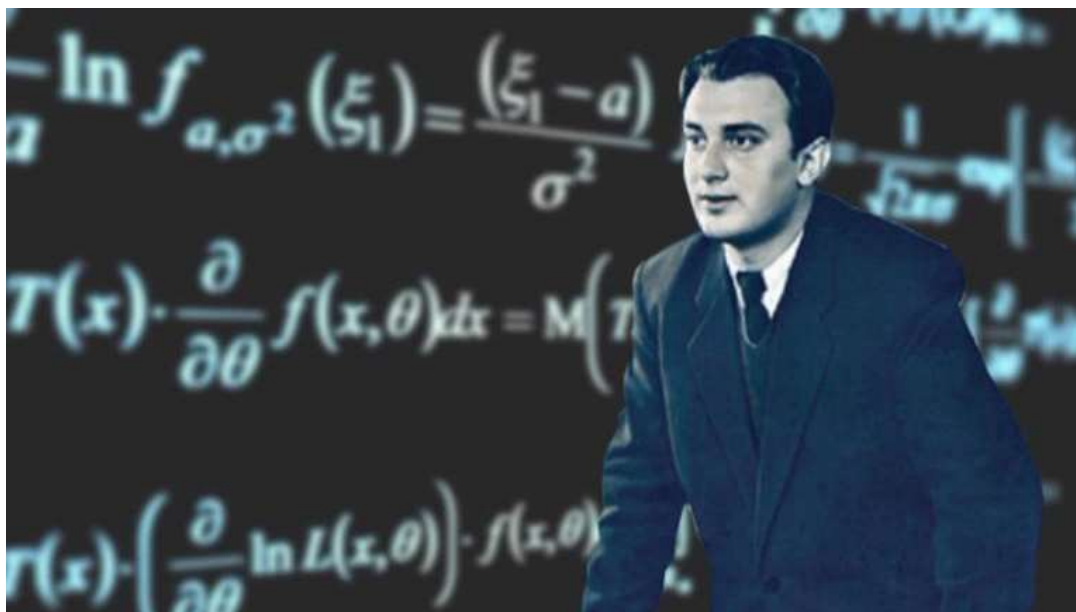


Фото 4. С.Н. Мергелян (1970-е годы).

В 1971 г. президент АН АрмССР В.А. Амбарцумян уговорил Мергеляна вернуться в Армению вице-президентом АН АрмССР. Ему поручена ответственная, а на самом деле совершенно не свойственная ему «кляузная» работа по выбиванию денег в Москве и их распределению в Армянской академии. Не было лучшего способа заработать себе множество врагов в рекордные сроки, чем этот. Выделенными деньгами были недовольны практически все, манипуляций простодушный Мергелян не признавал и к полной неожиданности большинства близких коллег в 1974 г. не прошёл следующих перевыборов в президиум АН АрмССР. Он был вынужден покинуть Академию. Было много небеспочвенных разговоров, что Амбарцумян стал видеть в Мергеляне своего конкурента на должность президента АН АрмССР, и сам придумал эту хитрую комбинацию, чтобы навсегда избавиться от конкурента. Шок от провала Мергеляна был столь велик, что некоторые академики даже предлагали «переголосовать» выборы, но воспротивился Амбарцумян – порядок есть порядок [2]. Мергелян вернулся в созданный им ВЦ Армянской АН, где проработал директором пять лет. Потом пришлось оставить и его. Упрёком в адрес Мергеляна было «чрезмерное увлечение зарубежными (научными) поездками». Возможно, он действительно увлекался встречами с зарубежными коллегами, от чего страдали административные дела ВЦ, но участие в конгрессах было источником новейшей научной информации и компенсацией отсутствия привычного научного размаха. Сергей Никитович потерял и эту должность, и стал заведующим отделом в Институте математики АН Армении. При этом он никогда не прерывал связи с АН СССР (например, в 1981 г. вместе с Н.Н. Боголюбовым опубликовал специальную статью к 70-летию своего научного руководителя М.В. Келдыша: «О математических работах М.В. Келдыша»). В 1982 ему предложили стать ректором Кироваканского педагогического института (ныне Ванадзорский государственный университет имени О. Туманяна). Поначалу он даже загорелся идеей превратить его в передовое учебное заведение, но оказалось, что большую часть времени и сил приходилось тратить не на научное развитие, а на рутинную административную работу. Почему Мергелян согласился на это унижительное предложение – неизвестно. Может быть, ему хотелось создать из этого отсталого института нечто выдающееся, как в свое время ЕрНИИММ?

В 1986 г. Мергелян переехал в Москву в Математический институт имени Стеклова. В том же году его старший сын – Никита переехал в США. В 1990 г. Сергея Никитовича пригласили читать лекции в США в Брауновском университете (Brown University), а в 1991–93 г. в Корнельском университете (Cornell University). В 1993 г. вместе с женой вернулся обратно в Москву. К сожалению, ситуация и в стране, и в Академии не радовала. В 1996-м чета Мергелян снова едет в Америку и поселяется в городе Сакраменто, в Калифорнии, где проживала семья Никиты. В 2002-м Сергей Никитович овдовел. Его жена – Лидия Васильевна скончалась и была похоронена в Москве на Новодевичьем кладбище. Это стало особенно тяжёлым ударом для сына Никиты, иллюзии которого относительно жизни в «свободном мире» и так уже сильно развеялись к тому времени. После смерти матери он окончательно вернулся в Москву, а потерявший здоровье Сергей Мергелян остался в Лос-Анджелесе, прожив последние 5 лет в квартире по соседству с младшим сыном Сергеем, его женой Еленой и внуком. У него болели ноги, и он почти не ходил, но самое страшное – у него пропала та несокрушимая сила духа, тот оптимизм, которые всегда были характерны для него. В Лос-Анджелесе его навещал главный конструктор и разработчик малых ЭВМ «Наири» Грачья

Есаевич Овсепян, другие бывшие ЕрНИИММовцы. К 80-летию Мергеляна 9 июля 2008 г. генеральный консул Армении в США Армен Лилюян зачитал послание президента Армении Сержа Саргсяна и вручил учёному Орден Святого Месропа Маштоца (высший гражданский орден Армении). 20 августа 2008 г. Сергея Никитовича Мергеляна не стало. Церемония прощания с ним состоялась 23 августа 2008 г. на кладбище в Глендейле, в Калифорнии. По желанию покойного его прах был перевезён в Москву и захоронен на Новодевичьем кладбище рядом с матерью и женой.

В 2018 г. исполняется 90 лет со дня рождения этого выдающегося учёного. Хотелось бы, чтобы эта дата была отмечена как в Москве (в Математическом институте им. Стеклова, в МГУ), так и в Ереване (в ЕрНИИММе, ЕГУ). Может быть настало время присвоить ЕрНИИММу имя его основателя – С.Н. Мергеляна, которое народом присвоено с 1956 года? Когда Сергея Никитовича награждали Орденом Святого Месропа Маштоца, он сказал, что благодарен всем, кто ещё помнит его... А как мы ему благодарны! За то, что он явил нам лучшее сочетание человеческих качеств – благородства и таланта.

Литература:

1. Математическая энциклопедия. Издательство «Советская энциклопедия», т. 3, М., 1982. С.646–647.
2. *Апоян Г.Г.* Эссе о математике и не только о нем. Независимый альманах «Лебедь». Бостон, 2005.
3. *Нитусов А.Ю.* Мергелян Сергей Никитович. Большая Российская энциклопедия. М., 2012.Т. 20. С. 10–11.
1. *Оганджян С. Б.* История развития вычислительной техники в Армянской ССР. Труды SORUCOM-2011. Великий Новгород, 2011. С. 240–244.
4. *Оганджян С. Б.* Развитие вычислительной техники и электроники в Армянской ССР// История отечественной электронной вычислительной техники. Издательский дом Столичная энциклопедия. М., 2017. С. 600–613.

ЭВМ семейства «Наири» – предвестники персонального компьютера

Гаспарян Тигран Гаспарович, к.т.н., доцент

Москва, Россия.
tiggasparyan@yandex.ru

Оганджян Сергей Беникович, к.т.н., доцент

Московский авиационный институт.
Москва, Россия.
sbenog@yandex.ru

Ключевые слова: ЭВМ «Наири», микропрограммный принцип управления, программная эмуляция.

Высокий уровень математической школы, наличие высококвалифицированных конструкторов и технологов, развитая производственная база предопределили решение правительства СССР о создании в 1956 г. в Ереване научно-исследовательского института математических машин (ЕрНИИММ). Наверное, самые популярные в СССР малые универсальные ЭВМ были разработаны в ЕрНИИММ – ЭВМ семейства «Наири» (одно из названий территории древней Армении, которую ассирийцы во втором тысячелетии до нашей эры называли «страной Наири» – страной рек) [2, 3]. Мало кто знает, что *«отцом» семейства ЭВМ «Наири-1,2,3»* и их модификаций был *Грачья Есаевич Овсепян* (родился в 1933 г.), который в 1946 г. вместе с семьей репатриировался в Армению из Ливана, окончил физический факультет Ереванского государственного университета и с большим трудом пробился в ЕрНИИММ – недавно организованное режимное предприятие (считалось, что приезжие из-за рубежа люди не могут быть носителями секретов), на должность лаборанта. Руководил институтом математик, член-корреспондент Академии наук СССР и действительный член Академии наук Армянской ССР Сергей Никитович Мергелян. Овсепян (см. фото) попал в отдел Е. Л. Брусиловского, которому была поручена разработка первой в СССР ЭВМ полностью реализованной на полупроводниках – «Раздан-2» (1958–61). По окончании работы авторитет Овсепяна возрос настолько, что ему предложили возглавить новое направление в проектировании ЭВМ – так называемые «малые машины».



Г. Овсепян. Ереван 1957 г.

Все началось с того, что в 1962 г. на Международной выставке вычислительной техники в Москве советские руководители ознакомились с французской машиной САВ-500, которая относилась к категории «малых ЭВМ» и возжелали иметь «точно такую же». К сожалению, научно-техническое развитие СССР в области вычислительной техники, при всех впечатляющих достижениях советской науки, носило догоняющий характер. Этому «способствовали» гонения на «буржуазную лженауку» – кибернетику, технологическое отставание в производственной сфере, а также то, что «в угоду выполнения амбициозных программ политической элиты – партийно-государственного аппарата, осуществляющего репрессивное управление государством и плановой экономикой мобилизационного типа, во второй половине 1950-х гг. в Советском Союзе, при решении вопроса о принципиальных путях развития вычислительной техники преимущество получили не универсальные вычислительные машины, на чем настаивало большинство специалистов, а узкоспециализированные ЭВМ, что затормозило использование новой вычислительной техники в народном хозяйстве» [4]. Когда Овсепяну было предложено заняться т.н. «малыми машинами», заказчику (Министерству машиностроения и приборостроения) первоначально они представлялись всего лишь в качестве электронного

арифмометра, чем-то вроде современного калькулятора, и не более того. Почему Овсепян не мог принять требования заказчика «сделать точно, как у французов»? САВ-500 – это машина последовательного действия, эффективная работа которой возможна лишь при использовании памяти большого объема, что и было реализовано в данной мини-ЭВМ посредством суперсовременных (на то время) магнитных барабанов. Создание в СССР аналогичных устройств при его низком технологическом уровне представлялось Овсепяну совершенно невыполнимым (что, кстати, подтвердилось в ходе последующих работ), и он предложил компенсировать технологический недостаток оригинальностью технических решений: машина должна быть параллельного действия с микропрограммным принципом управления; программы и микропрограммы хранятся в единой постоянной памяти большого объема, реализованной на съемных кассетах; предусмотрена микропрограммная эмуляция математического обеспечения существующих ЭВМ и др. [2, 3].

«Наири-1» (разработана в 1962–64 гг.) – двухадресная программно-управляемая ЭВМ с естественным порядком выполнения команд, двоичной системой счисления, выполнена целиком на полупроводниковых приборах и стала первой советской малой ЭВМ «широкого потребления» (в современной терминологии персональной). Первые же испытания созданной машины показали, что в СССР появилась принципиально новая разработка. Особенностью «Наири-1» являлась организация управления и автоматизированного программирования по микропрограммному принципу, что дало возможность существенно упростить обслуживание машины, уменьшить габариты, увеличить надежность и сделать ее доступной для специалиста любой области науки и техники (что свойственно современным ПК). В целом, реализация данного метода носила полностью самостоятельный характер, что подтверждается, в первую очередь, оригинальностью самой разработки. Возможно, недостаток информации сыграл определенную положительную роль, заставив разработчиков «Наири-1» пойти своим, непроторенным путем. Принципиально новые схмотехнические решения, развитое программное обеспечение, ориентированное на решение возникающих в инженерной практике технических задач позволили, с одной стороны, сформировать базовую архитектуру всего семейства малых ЭВМ «Наири» (запатентована во многих странах), а с другой – создать одну из самых распространенных в СССР малых ЭВМ, нашедшую широкое применение в научно-исследовательских институтах, промышленности и высших учебных заведениях страны [2, 3]. Разработанная в 1966 ЭВМ «Наири-2» (увеличен объем оперативной памяти и др.) по внешнему виду и архитектуре не отличалась от «Наири-1». ЭВМ «Наири-1,2» состояли из главного шкафа, который был выполнен в виде письменного стола, что позволяло оператору сидя перед пультом машины производить все необходимые операции, а также делать соответствующие отметки в журнале, и шкафа питания в виде отдельной тумбы (включал блоки стабилизированных источников питания, блок защиты и сигнализации, блок управления), соединенной с главным шкафом при помощи разъемного жгута (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид ЭВМ «Наири-1,2»

В состав главного шкафа входили арифметическое устройство, устройство управления, память машины (оперативное запоминающее устройство, долговременное запоминающее устройство), внешнее устройство, пульт управления. На рис.2 представлена блок-схема ЭВМ «Наири-1,2».

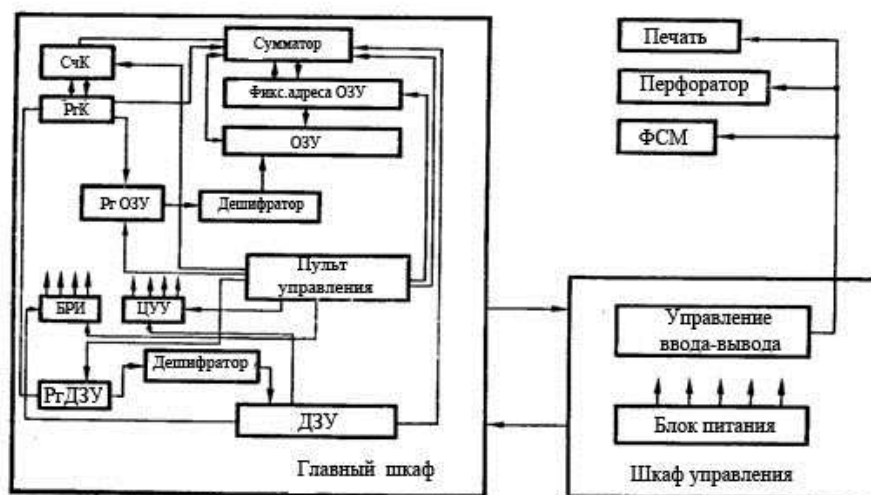


Рис. 2. Блок-схема ЭВМ «Наури»

Арифметическое устройство (АУ), параллельного типа со сквозным переносом, выполняло арифметические и логические операции над числами и командами, состояло из одного 36-разрядного универсального регистра-сумматора (Сумматор). В качестве остальных регистров использовались группы фиксированных ячеек оперативного запоминающего устройства машины (Фикс. адреса ОЗУ). Для каждой фиксированной ячейки были определены микрооперации чтения и запоминания, что обеспечивало независимость от цикла всей оперативной памяти и резкое увеличение быстродействия. Устройство управления (УУ), построено по микропрограммному принципу, включало 14-ти разрядный счетчик команд (СчК), указывающий адрес ячейки оперативного или долговременного запоминающего устройства, из которой необходимо выбрать очередную команду, 36-ти разрядный регистр команд (РгК), принимающий и сохраняющий команду во время ее выполнения, центральное устройство управления машины (ЦУУ), работающее по принципу микропрограммного управления и блок распределения импульсов (БРИ). Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), для записи, хранения и выдачи команд и чисел, промежуточных и конечных результатов вычислений (объем – 1024 слова – 8 кассет по 128 ячеек, плюс 5 регистров, время обращения 20 мкс), выполнено на ферритовых сердечниках. Выбор адреса ячеек ОЗУ проводится дешифратором. Долговременное запоминающее устройство (ДЗУ) кассетного типа (на оксиферах емкостью 16384 адреса) для организации памяти микропрограмм стало принципиально новой особенностью архитектуры ЭВМ и использовалось в двух целях: для организации памяти микропрограмм; для хранения встроенного прикладного программного обеспечения ЭВМ. Выбор адреса для чтения необходимой информацией проводится дешифратором. Объем каждой кассеты составлял 2048 36-разрядных слов. Необходимая разрядность микрокоманд (72 разряда) обеспечивалась путём одновременного считывания информации с двух кассет. Остальной объём ДЗУ (14 тысяч 36-разрядных слов) был выделен для хранения компиляторов с языков типа «Ассемблер» и «Бейсик», пакетов программ решения дифференциальных уравнений, всего спектра задач линейной алгебры, программ непосредственного счёта разнообразных арифметических выражений в диалоговом режиме, программ управления пишущей машинки и перфоленточного ввода/вывода, построения графиков и диаграмм, а также комплекса технологических программ проверки всех узлов как на этапах производства, так и при эксплуатации ЭВМ, или же поставлялся «пустой», с возможностью прошивки пользователями своих наиболее часто используемых программ. Время обращения (12 мкс) позволило реализовать весь спектр задач с временными характеристиками лучше, чем в зарубежных малых ЭВМ, в которых в качестве накопителей программного обеспечения использовались запоминающие устройства типа «магнитный барабан». Среди особенностей программного обеспечения можно выделить возможность ввода задач на языке, близком к математическому, с использованием языка автоматического программирования (АП). В режиме АП алгоритм решения задачи задавался в виде операторов (указаний). Специальный транслятор, приняв операторную программу, составлял рабочую. В свою очередь, в случае необходимости, такую рабочую программу можно было вывести и использовать, как самостоятельную. Всего имелось 17 операторов, которые можно было вводить на русском языке: допустим, вычислим, вставим, введем, решим, печатаем, программа, если, идти к, интервал, спросим, храним, начертим, кончаем, останов, массив, исполним. Благодаря простоте этих операторов, машину мог обслуживать персонал, далекий от программирования. Внешнее устройство (ВУ), для ввода информации в машину и вывода результатов вычислений; включало печатающее устройство, перфоратор бумажной ленты и трансмиттер (ФСМ). Скорость работы аппаратов ВУ – 6 символов в секунду. Местное управление ВУ содержало устройство управления ввода-вывода, общее для всех аппаратов, в котором принимались и

хранились коды при вводе и выводе информации, и схему управления, которая в зависимости от набранного на пульте режима, обеспечивала работу соответствующего аппарата. Данные вводились с помощью клавиатуры печатной машины или с перфорированной бумажной ленты в буквенно-цифровом виде. Выводились – через печать в буквенно-цифровой форме или на перфорацию. Пульт управления состоял из панели сигнализации (использовалась при выборе нужного режима работы и световой сигнализации) и панели управления, для различных наладочных работ. Быстродействие ЭВМ «Наири-1» для операций типа сложения над числами с фиксированной запятой составляло 2–3 тыс. оп/сек, типа умножения – 100 оп/сек, операций над числами с плавающей запятой – 100 оп/сек. ЭВМ «Наири-1» имела тактовую частоту – 50 Гц, мощность 1,6 кВт, напряжение 220 В, занимала площадь около 20 кв. м (главный шкаф – 2014×1100×960 мм; шкаф питания 1100×657×1026 мм).

Гибкость микропрограммного метода управления позволяла быстро вносить соответствующие изменения в многочисленные модификации «Наири». Более того, часто даже сами пользователи могли вносить нужные изменения в ЭВМ, персонализируя машину под себя [2, 3]. С 1964 г. машина выпускалась на двух заводах: в Армении, а также на Казанском заводе ЭВМ (с 1964 по 1970 годы выпущено более 500 машин). Архитектурное решение, применённое в этой машине, было запатентовано в Англии, Японии, Франции и Италии. Наиболее ярко отличительные особенности «Наири-1» проявились на юбилейной Международной Лейпцигской ярмарке весной 1965 г., на которой демонстрировались малые ЭВМ различных фирм и стран (Англии – фирма ICL, Франции – фирма Bull, ФРГ – фирма Zuse и др.). ЭВМ «Наири-1» была единственной микропрограммной машиной с расширенной разрядной сеткой (36 разрядов), обеспечивающей высокую производительность, повышенную точность вычислений (остальные ЭВМ имели разрядные сетки 8, 16 разрядов). Быстродействие «Наири-1» было вне конкуренции, т.к. программное обеспечение было размещено в ДЗУ, а в остальных ЭВМ хранилось во внешних запоминающихся устройствах типа «магнитный барабан». Выход «Наири-1» в 1964 г. стал настоящей сенсацией в компьютеростроении СССР (была даже создана Ассоциация пользователей и разработчиков ЭВМ «Наири»). Существовали модификации машины: «Наири-М» (1965 г.), отличалась от базовой модели составом ВУ (устройство ввода с перфоленты FS-1500 производства ЧССР и устройство вывода на перфоленту ПЛ-80 Казанского завода пишущих устройств); «Наири-С» (1967 г.) – в состав ВУ введена электрофицированная пишущая машинка «Консул-254», для управления которой в СКБ Казанского завода разработан тиристорный блок и «Наири-К» (1967 г.) отличалась от «Наири-С» объём ОП (увеличен до 4096 слов).

«Наири-2» (1966 г.) отличалась увеличением объёма памяти (до 2048 36-разрядных слов) и быстродействия. К новой модели были применены более производительные устройства ввода-вывода. Разработчиками ЭВМ «Наири-2» было получено дополнительно пять авторских свидетельств, включая на изобретение, позволяющее проводить выполнение логических операций «И», «ИЛИ» непосредственно в оперативной памяти, ее фиксированных ячейках, без какого либо обращения к арифметическому устройству.

Сопоставляя ЭВМ «Наири-1» и «Наири-2» с современным уровнем вычислительной техники хотим отметить, что указанные ЭВМ в принципе сопоставимы по своим характеристикам (за исключением объёмных), включая «дружественный интерфейс пользователя», с персональными ЭВМ архитектуры IBM PC, построенными на микропроцессорах Intel серии 486, серийно выпущенных 20 лет спустя [2, 3]. И после такого успеха странно было слышать от людей, называющих себя специалистами в области вычислительной техники утверждение, что машина скопирована с французской САВ-500, хотя как можно сравнивать архитектуру ЭВМ параллельного и последовательного действия. Другая тенденция принижения места и роли ЭВМ «Наири-1, 2» и её конструктора Г.Е. Овсепяна в истории развития советского компьютеростроения – замалчивание. При этом, практически на всех тематических выставках за рубежом, в которых СССР принимал участие, машины «Наири» неизменно экспонировалась на самом почетном месте (представлялись в 19 странах, в том числе капиталистических).



Г. Овсепян (1971)

«Наири-3» (создана в начале 1970 года) была первая советская машина третьего поколения, реализованная на гибридных интегральных схемах (рис. 3).



Рис. 3. ЭВМ «Наири-3»

Заложенный еще в «Наири-1» микропрограммный принцип управления был максимально развит и доведен в «Наири-3» до качественно нового уровня, создана возможность уплотненного хранения больших (до 128 тысяч микрокоманд) массивов микропрограмм (для сравнения – предельное количество микрокоманд, хранимых в существующих до «Наири-3» ЭВМ, составляло всего 4 тысячи) при одновременном резком сокращении времени обращения и сохранения возможности применения всех приемов обычного программирования (например, условные и безусловные переходы, групповые операции и т.д.) [2, 3]. Эта новаторская компьютерная архитектура позволила обеспечить: многоязыковую структуру ЭВМ; режим разделения времен с одновременным доступом до 64 терминалов, каждый из которых мог выполнять функции одной ЭВМ «Наири-2»; развитую систему диагностики на микропрограммном уровне; двухмашинный режим работы; реализацию сложных алгоритмов специализированных задач на смешанном программно-микропрограммном уровне. **Соответствие «Наири-3» самым высоким техническим стандартам того времени признавали и американцы, приводя ее в качестве единственного примера советской машины третьего поколения, которая в состоянии сравниться с современными ей американскими моделями.** Этот потрясающий успех скромного по своим масштабам предприятия был достигнут ценой невероятных усилий Овсепяна и выпестованного им талантливого коллектива разработчиков. Следует отметить, что одним из замечательных качеств ЭВМ серии «Наири» являлась их высокая технологичность, что позволяло организовать их производство практически на любом предприятии подходящего профиля. Создание в начале 1970-х гг. серии семейства ЭВМ «Наири-3» («Наири 3-1», «Наири 3-2», «Наири 3-3») было продиктовано необходимостью системного использования ЭВМ в различных автоматизированных системах управления (многотерминальных системах коллективного пользования, системах автоматизированного управления производством радиоэлектронной аппаратуры и др.). Значительное расширение области применения «Наири-3» потребовало пересмотра определенных компонентов архитектуры ЭВМ. Например, переход от области решения инженерных задач в область систем управления потребовал: значительного расширения архитектуры ЭВМ и возможностей машинного языка; пересмотра системы ввода-вывода информации; перехода к многомашинным структурам; повышения достоверности обрабатываемой информации; реализации многотерминального доступа к источникам информации в режиме близком к реальному времени. При этом, максимально использовалось существующее в то время программное обеспечение, включая пакеты прикладных программ, разработанные для других ЭВМ и широко используемые в находящихся в эксплуатации автоматизированных системах управления производством. Успешная реализация поставленных задач была осуществлена благодаря использованию целого комплекса структурных и схемотехнических решений, апробированных в различных моделях серии «Наири-3» и защищенных многими авторскими свидетельствами. Принципиально новым явилась организация микропрограммного устройства управления, имеющего двухуровневую структуру. Первый (нижний) уровень представлял собой память минимальной емкости, в которой хранился набор всех необходимых микрокоманд, задающих все множество микроопераций, управляющих аппаратным контуром ЭВМ. Второй (верхний) уровень задавал последовательность адресов микрокоманд, реализующих микропрограммы, выполняемые в машинных командах. В качестве памяти адресов микрокоманд могли быть использованы любые типы запоминающих устройств ЭВМ. Предложенная двухуровневая структура микропрограммного устройства управления позволила формировать в моделях серии «Наири-3» хранилище практически неограниченного набора микропрограмм. Как показали исследования, в предлагаемой структуре микропрограммного устройства управления была достигнута предельная плотность упаковки микропрограмм, приближающаяся к теоретическому пределу минимального кодирования информации [2, 3]. Реализация в ЭВМ серии «Наири-3» практически неограниченного объема микропрограмм

позволила *впервые в СССР и одним из первых в мире* практически применить методы полной микропрограммной эмуляции не одного, а одновременно несколько машинных языков, функционирующих одновременно. Так, в моделях серии «Наири-3» были реализованы машинные языки ЭВМ «Наири-1», «Наири-2», «Минск-22». При этом эмуляции подверглись не только отдельные команды, но и идиомы, представляющие некоторые последовательности машинных команд, имеющие определенное назначение (например, команды управления внешней памятью – магнитные ленты). Микропрограммирование идиомы позволило в некоторых случаях повысить производительность эмулятора на один, два порядка. Введение аппаратных средств многотерминального доступа к источникам информации (в ЭВМ «Наири-3-2») позволило создать аппаратно-программную платформу автоматизированных систем управления производством. Коллектив разработчиков «Наири-3» в 1971 году был удостоен Государственной премии СССР (Г.Е. Овсепян – главный конструктор, Ф.Т. Саркисян, А.Н. Сагоян, М.А. Хачатрян, М.Р. Буниатян, Х.К. Эйлезян, В.Г. Ишин, С.А. Туманян, А.В. Закиров) и премии Ленинского комсомола СССР (Г.А. Оганян, А.Г. Геолецян, Э.Л. Джанджулян, И.М. Ермаков, В.Г. Гончоян, Л.А. Карапетян, В.Г. Азатян, Г.К. Асланян). Можно считать модели «Наири» советскими прародителями современных персональных компьютеров. Однако даже после этого триумфа у Г. Овсепяна проблем стало не меньше; чем крупнее были его достижения, тем сложнее становились его отношения (учитывая его «неуживчивый» характер, полное отсутствие умения угождать начальству) с его оппонентами.

«Наири-4» задумывалась Овсепяном, как персональный компьютер. У ЭВМ была оригинальная архитектура, состоящая из комплекса вычислительных средств, позволяющих создавать любую конфигурацию проблемно-ориентированных машин, среди которых базовым являлся усеченный процессор с оперативным хранением плотно упакованных микропрограмм. «Наири-4» стала очередным этапным достижением советской компьютерной техники. К сожалению, все новаторские начинания остались на бумаге. В самый разгар работ над «Наири-4» подали документы на выезд из СССР в США ближайшие родственники Г. Овсепяна – оба брата, сестра и мать. Это поставило ученого перед тяжелым выбором между карьерой и семьей. В расцвете творческих сил, на вершине своих достижений Овсепян в 1976 году объявил о своем уходе из института, после чего уехал в Москву, где занялся сбором документов для выезда за границу. Но, к сожалению, так быстро воссоединиться с семьей ему не удалось (у него была высшая форма допуска секретности: факт, который проигнорировали его родные). Овсепян смог покинуть СССР только в декабре 1988 г. и воссоединиться с семьей в США. К тому времени из его большой семьи осталась только старенькая мать и брат. Второго брата и сестры уже не было в живых. Личная драма усилилась тем, что в новой стране его талант остался невостребованным. Он поселился в Лос-Анджелесе (там он живет и по сей день) нашел работу в компании по ремонту компьютеров [1].



Два друга, бывшие ЕрНИИММовцы, в горах Лос-Анджелеса (слева Андраник Мкртчян, справа Грачя Овсепян).

На склоне лет, на чужбине, снова встретились Сергей Никитович Мергелян и Грачя Есаевич Овсепян, два великих человека, которых можно смело назвать одними из основоположников отечественной вычислительной техники, многие бывшие ЕрНИИММовцы (см. фото)

Дальнейшее развитие семейства малых ЭВМ «Наири» воплотилось в создании серии ЭВМ «Наири-4», предметно-ориентированной, в основном, для специального применения (была создана в 1974–81 гг. серия ЭВМ Наири 4 АРМ/Наири 4 и Наири 4/1, гл. конструктор – Г. Оганян; система была программно совместима с RDP-11 и серией СМ ЭВМ). Наивысшая производительность в моделях серии «Наири-4» была достигнута в 1977 году в ЭВМ «Наири-4/1» (2 млн. операций в секунду).

В 2014 г. исполнилось пятьдесят лет со времени создания первой ЭВМ серии «Наири» – семейства машин, которые, сыграли важную роль в истории развития отечественной вычислительной техники. И пусть достижения Овсеяна в далеком прошлом, его вклад в советское компьютеростроение останется важным этапом, как и наследие в виде машин семейства «Наири».

Литература:

1. *Акопян Г.Г.* «Наири»: триумф и драма //Независимый бостонский альманах «Лебедь», № 355, 2003 г.
2. *Оганян Г. А.* Семейство малых ЭВМ «Наири» <http://www.computer-museum.ru/histussr/nairi-2.htm>;
3. *Оганджаниян С. Б.* Развитие вычислительной техники и электроники в Армянской ССР. /В книге "История отечественной электронной вычислительной техники". М., издательский дом Столичная энциклопедия. С. 600–613.

История конвергенции телекоммуникаций и вычислений на примере Латвии

Рихардс Балодис, Dr.Sc. Comp

Инара Опмане, Mg. Math

Институт Математики и информатики Латвийского университета
Рига, Латвия
imcs@lumii.lv

Ключевые слова: телекоммуникационные услуги, ИКТ, конвергенция ИКТ и телекоммуникаций, история развития технологий

1. Введение

Конвергенция телекоммуникаций и вычислений рассматривается как длительный итеративный процесс с разных точек зрения:

- как интеграция технических решений в единую технологическую платформу;
- как интеграция услуг предоставляемых телекоммуникальными сетями, компьютерами и дигитализацией обработки информации в целом;
- как единство бизнес моделей компании.

Наиболее популярной точкой зрения является Triple Play — объединение телефонии (далее Telco как классическая инфраструктура телекоммуникаций), интернета и вычислений (Computing) и телевидения (TV) в единую индустриальную платформу.

Техническую основу конвергенции составляет переход от аналоговой к цифровой связи и обработке всей поступающей информации в цифровых устройствах- компьютерах. Цифровая связь используется также для передачи непрерывных аналоговых сигналов, например, речи, видео изображения, которые для передачи и обработки кодируются в дискретном - цифровом виде. Отметим, что такое преобразование информации всегда связано с потерями, т.е. аналоговый сигнал представляется в цифровом виде с некоторой неточностью (аппроксимацией).

В докладе указываются основные ключевые точки истории этого процесса, при этом авторы доклада коцентрируются на своеобразный технологический переворот- от базы Telco и передачи данных над ней к цифровой базе связи при передаче кодированного голоса и видео над новой базой.

Особо авторы статьи уделяют внимание трансформации подготовки специалистов в высшей школе (связисты- компьютерщики) и структурным изменениям состава сотрудников компании в процессе конвергенции. Анализ трансформации в программах обучения проводится на основе Association for Computing Machinery (ACM) Curricula Recommendations по разным годам и разным дисциплинам.

В докладе приводятся факты конвергенции телекоммуникаций и вычислений в Латвии для анализа сопоставимо с структурой глобальных перемен. История становления и развития индустрии связи в Латвии детально описано профессором Рижского Технического университета (РТУ) Я.Лочмелисом [1]. Он же был также инициатором создания музея связи в составе Латтелекома (основан 17.05.1995), участвовал в создании музея Рижской телефонной сети (1982), а также музея телекоммуникаций РТУ. Латтелеком сократил финансирование музея и часть экспонатов сейчас перенесено в музей РТУ.

Становление и развитие связи как другой близкой отрасли – информатики в Латвии обобщена в музее вычислительной техники и информатики Института математики и информатики Латвийского университета. Музей основан в 1984 году и действует по сей день под руководством и создателем музея, инженера А. Скуи.

Так как оба музея финансируются и принадлежат двум разным университетам, то их интеграция в единый технологический музей не намечается адекватно тенденции слияния отрасли связи и вычислений. Попытки создать единый технологический музей также не венчались успехом.

Основу для начала эпохи конвергенции связывают с переходом телекоммуникаций на цифровые методы, т.е., с 1960-тыми годами. Термин конвергенция широкий и расплывчатый. Мы укажем на две даты и документы, определяющие этот термин.

1) European Commission (1997) “Green paper on the convergence of the Telecommunications, Media and Information Technology sectors, and the implication for regulation” [2], в которой указано на четыре

уровня конвергенции: технологическая и сетевая платформа; альянсы и объединения в индустрии; сервисы и рынки; регулирование и отраслевая политика. В нашей статье мы будем придерживаться этим постановкам.

2) Статья Farber & Baran (1977) “The Convergence of Computing and Telecommunications Systems” [3].

2. Институциональная конвергенция Telco компаний

Институционально с развитием связи и ИТ отрасли исторически связаны одна или несколько компаний. В таблице ниже укажем исторические факты деятельности основных таких компаний в Латвии (выборочно).

Таблица 1. Историческая справка деятельности, факты относительно конвергенции.

Связь
<p>Латтелеком - Классическая национальная Telco организация</p> <ul style="list-style-type: none"> Автоматические телефонные станции (АТС): первая цифровая международная АТС (09.09.1992), международная АТС “Alcatel S-12” и база цифрового подключения городских АТС (11.08.1994), первая цифровая АТС Rīga-1 (12.1994), цифровая АТС в Цесисе (24.11.1995), цифровая АТС в Вентспилсе (16.12.1995), цифровая АТС АХЕ в Рижском районе, Kalngale (1996), и т.д. Технологии в транспортных сетях: интерфейсы PDH и SDH/SONET, такие как E1/T1, E3, T3, STM-1/OC-3, Carrier Ethernet, IP, MPLS Цифровое подключение клиентов: ISDN и LAN-to-LAN (15.04.1998) Интернет услуги Apollo (28.02.1997) DSL для подключения Интернет клиентов (05.06.2000, 04.2001) Информационный портал Apollo (30.08.2000) Создание центра данных (29.03.2001) Беспроводная WiMAX, CDMA (2006) Интернет ТВ через Apollo (01.2006) Alcatel-Lucent микроволновка (23.07.2007) Интерактивное ТВ (MPEG4) (17.04.2007) Цифровое эфирное ТВ (01 06 2010) VDSL для исторической телефонной инфраструктуры (2014) Услуги телеметрии для снятия показателей счетчиков в домах (употребление воды, электро) (2014) Бесплатный WiFi доступ к Интернету в школах и др. (2014) Факты отклонения от конвергенции: Свои вещательные ТВ каналы с собственным содержанием 360TV и STV Pirmā! (2015). Электроснабжение TET (2017).
<p>Латвэнерго - Специальная связь для энергетиков. С 1996 г. для этих целей отделена специфика в свою внутреннюю структуру. С 01.01.2003 разрешены публичные Telco услуги.</p> <ul style="list-style-type: none"> Специфическая деятельность полностью сохранена. Опволоконная транспортная сеть страны. Конвергенция для предоставления услуг по магистральным каналам связи, международные каналы связи. Оптика до дома. Конвергенция Telco услуг передачи данных. Использование энерго каналов для передачи данных. Конвергенция основана на специфическом технологическом применении каналов энергопередач. Конвергенция Triple Play услуг: Интернет, IP телевидение, IP телефония, видео наблюдение, международные транспортные сети данных (MPLS- Multiprotocol Label Switching + QoS (Quality of Service)).
<p>Железная дорога Латвии - Специальная связь для железной дороги. С 15.11.2005 лицензия на публичные Telco услуги. Объединений и разщелений Telco компании нет. С 19.06.2007 создана внутренняя единая институция по ИКТ</p> <ul style="list-style-type: none"> Специфическая деятельность полностью сохранена. Историческая телефония железной дороги совместно в публичной сети: аренда линий связи, услуги доступа к телекоммуникационным сетям. Услуги межсоединений сетей. Транспортная сеть, включая оптическую (10 Gps) и радио релейную. Конвергенция Telco услуг передачи данных.
<p>Радио и ТВ центр Латвии, VĪTA - Изначально радио и ТВ вещание. Открытие радиодина Латвии 01.11.1925 при департаменте Почты и телеграфа. ТВ (с 1954) вещание. Разные институционные формы. С 1974- цветное ТВ. Интеграция правительственной связи- VĪTA (2010). Цифровое радиовещание</p>

(DAB, DAB+) – конец 2016.
<ul style="list-style-type: none"> • Контролируемый государственный сектор связи. • Инвестиции в создании беспроводной связи. • Радио ретрансляционная сеть передачи данных, цифровые каналы связи. Интернет провайдер. • Вещание цифрового ТВ, 2017 год.
ОПТРОН - Основан в 1992. Построение городских оптических каналов связи (проектирование), 1997- свои оптические каналы связи, с 01.01.2003- лицензия на публичные Telco услуги.
Полный спектр Telco услуг: 2001- услуги по аренде оптических жил, 2005- Интернет услуги и телефония, 2006- IP телефония. Co-Location серверов. 2003- 1 Gbit/s., 2012- 10 Gbit/s, Создание центра данных, 2013- услуги облачных вычислений.
Мобильная связь
LMT - основан 1992.
<ul style="list-style-type: none"> • Технологии: аналоговая 1G (NMT- FDMA) (1992-2002), 2G (GSM,1995), 3G, 4G, и наконец 5G (в ожидании и подготовке). • Передача данных к мобильному телефону: 1G (NMT) низкая скорость, 2G (GSM) (1995)- 9600 bps, а GPRS с EDGE до 280kbps, 3G UMTS 380 kbps, а с HSDPA до 12Mbps, 4G LTE станция до 100 Mbps (down) 50 Mbps (up) • Домашнее смарт-телевидение (2017).
TELE2- Baltcom GSM 1995, 1997 в действии (GSM). С 07.10.2000 TELE2
Типичный оператор мобильной связи. 4G Интернет.
Bite - Основан в 2005.
Типичный оператор мобильной связи. 4G Интернет.
Baltcom - Основан в 29.05.1991.
<ul style="list-style-type: none"> • Оптическая кабельная связь для ТВ (1997). • Цифровое кабельное ТВ (2004). • Услуги сетевого межсоединений. Многоканальная абонентная ТВ. Телефония. Аренда линий связи. • Radio Baltkom (16.07.2006). • Интернет (2008). • Услуги ЕКО-энергия (2014).

В этой телекоммуникационной среде к настоящему времени выросло множество компаний. Структура телекоммуникационных компаний согласно данным Единого регулятора общественных услуг за 2017 год следующая.

Телефония.....	77	22%
Аренда линий связи.....	33	9%
Услуги доступа к телекоммуникационным сетям.....	32	9%
Интернет провайдеры.....	221	63%
Публичные услуги таксофонов.....	1	0%
Вещание публичных данных и электронных сообщений.....	46	13%
Услуги межсоединений сетей.....	56	16%
Радио и ТВ.....	45	13%
Не предоставляет регулируемые услуги связи.....	53	15%
Нет данных о предоставляемых услугах	9	3%
Телефония + радио + ТВ.....	106	30%
Телефония + радио + ТВ + интернет	263	75%
Всего различных компаний	351	100%

Начало Интернета в Латвии

Основные исторические факты становления Интернета в Латвии:

- Начало работы электронной Интернет почты посредством использования телефонной сети (08.1990)- Институт Математики и информатики Латвийского университета , затем другие- LvNet-Teleport (1991) Versija (1991).

- Подключение Интернета через выделенный канал Рига- Таллин (2400 bps) (2.10.1992), 64 Kbps (12.1993), начало работы национального DNS сервера (.lv) (1992)- Институт Математики и информатики Латвийского университета.

Опишем особую проблему развития Интернета, возникшую в Латвии в связи с приватизацией Латтелекома с начала 1990-тых годов. В 14.01.1994 была создана компания SIA Lattelekom с частным заграничным инвестором Tilts Communications. Одновременно была утверждена монополия Латтелекома в оказании телекоммуникационных услуг в Латвии на 20 лет. Латтелеком агрессивно пытался использовать монопольные права и существенно ограничивал рост конкурентов (например, протокол заседания ИМИ ЛУ и Латтелеком 24.02.1997) и, в том числе ограничение возможностей ИМИ ЛУ по внедрению Интернета в Латвии. Во вторых, длительное время Латтелеком не видел перспективы Интернета- как и другие телекомы развивали сеть передачи данных протокола X.25. Так сразу после получения монопольного права дирекотор Латтелеком М. Бартолемью 20.05.1994 организовал экспертизу специалистов академсети Англии JANET в Латвии и в ИМИ ЛУ по оценке перспектив внедрения Интернета азаман сети передачи данных X.25. Хотя экспертиза дала положительную оценку и Интернет активно внедрялся Скандинавскими странами и Англией, Латтелеком начал предоставлять услуги Интернета только в 1997 году и 22.10.1996 начал работы о подключении Интернета к точке обмена Латвийского Интернета трафика GIX и получении Латтелекомом имени домена. Эти условия с одной стороны затрудняли внедрение Интернета, но с другой стороны все конкуренты активизировались в поисках обходных решений монополии Латтелекома. В связи с этим в Латвии развивалась беспроводная точка-точка связь, включая развитие производства устройств беспроводной передачи данных и маршрутизаторов – возникла фирма Микротик также со значительным объемом международного рынка. ИМИ ЛУ 18.10.1994 получил лицензию на беспроводную связь, 26.03.1993 ИМИ ЛУ подключили к правительственным каналам связи и 08.12.1995 ИМИ ЛУ получил лицензию на международную сателит связь и 09.06.1997 начал работу сателит канал передачи данных между ИМИ ЛУ и Crawford Communications (США), который работал до 1999 года.

Вычислительные центры

Вычислительных центров множество, но их можно группировать.

В первую группу отнесем вычислительные центры с глубокими историческими корнями:

- научные вычислительные центры: Вычислительный центр Латвийского университета (1959) (ныне Институт Математики и информатики Латвийского университета), затем вычислительный центр РТУ, Института электроники и вычислительной техники АН Латвийской ССР;

- вычислительные центры Латвэнерго, железной дороги, статистического управления (даже с 1919 как расчетная институция), ИВЦ Госплана.

Во вторую группу вычислительных центров отнесем отраслевые (министерские) ИВЦ, возникшие с началом производства ЕС ЭВМ (1970 годы), например, ИВЦ министерства соцобеспечения, строительства, минавтошосдора, региональный центр обслуживания ЭВМ и др.

Облачное вычисление и ценры данных в Латвии начались создаваться с 2008 года.

Заводы электронной промышленности

В Латвии была хорошо развита радио электронная промышленность.

Завод ВЭФ (VEF)- предприятие выпускала радиоприемники, магнитофоны, телефонные аппараты, автоматические телефонными станции (АТС)и другое. АТС: координатные (1960), квазиэлектронные (1970-1980), электронная- аналоговая (SX-16), КВАНТ-Е (совместно и в последствии с "VEF TELEKOM",

"VEF-Interkom").

Завод Альфа- производство полупроводниковых компонентов для микроэлектронной промышленности для военных ЭВМ, в устройствах самолетов, радиовзрывателях, фильтровой технике, устройствах связи и обнаружения.

Завод Радиотехника (с 1933) – производство бытовой аудиотехники: радиоприёмные, усилительные и звуковоспроизводящие устройства. Микросхемы для баллистических и крылатых ракет.

Завод «Коммутатор» (с 1963) - производство средств связи (переносные и мобильные рации, полевые телефоны).

Промышленность Латвии значительный вклад в процессе конвергенции не оставила и даже можно сказать, не участвовала. Исключением является отдельные случаи- Вефовский Квант-Е- ООО "Квант-Интерком", который основан в 1991 г. с целью внедрения на сетях связи РФ семейства цифровой отечественной коммутационной техники, представляемой на рынке под брендом ЦСК Квант.

Со всего производственного развития с 90-тых следует отметить лишь ранее упомянутую компанию Микротик.

Неизбежный процесс конвергенции привел к распаду (преобразованию) компаний, созданию новых компаний, конвергенции и слиянию услуг. В итоге это привело к предоставлению компаниями новых ранее нетрадиционных услуг к услугам исторических соседей и обострению конкуренции в отрасли.

Историческая индустрия Латвии оказалась не кокурентно способной с товарами западного производства.

3. Конвергенция телекоммуникационных услуг и услуг передачи данных

В настоящее время в отраслях связи и ИТ используются свои конечные устройства- телефоны и компьютеры. Конвергенция явно видна при мобильной связи, где конечные устройства (мобильные телефоны, iPad) обеспечивают функции телефона, мини компьютера, фотоаппарата и видео камеры.

Следующими услугами конвергенции отметим VoIP (Voice over IP) (IP-телефонию, Интернет-телефонию) и телевидение с различными модификациями и технологическими платформами: интернет-телевидение - двусторонняя цифровая передача телевизионного сигнала через интернет-соединения посредством широкополосного подключения; IPTV (TV over Internet Protocol)- передача цифрового телевидения кабельными операторами по-протоколу IP; ТВ с предоплатой (PAY-PER-VIEW), ТВ по запросу (VIDEO-ON-DEMAND).

4. Технологическая конвергенция

Основой конвергенция телекоммуникационных услуг и услуг передачи данных является цифровая технологическая база.

В развитии сетевых технологий ИТ можно выделить два этапа развития сетей передачи данных- первоначально передача данных протоколом X.25, которую начали и старались длительно продерживать Telco организации, но вскоре бурное развитие Интернета превзошло эти старания и сейчас можно утверждать, что универсальные услуги передачи данных основаны на TCP/IP протоколах (Интернете) и транспортных сетях связи. Интернет имеет свою архитектуру адресации и маршрутизации передаваемой информации, а классическая связь свою. Конвергенция и по сей день означает, что единой является сама транспортная сеть передачи данных и для классической связи (телефонии) и для Интернета и для цифрового радио и ТВ, за исключением цифрового радио и ТВ вещания. Телефония использует цифровые АТС, а Интернетсети используют свои схемы маршрутизации.

Отметим также обособленные технологические платформы: цифровые кабельные сети (обычно ТВ+ Интернет) и вещательные сети. Цифровое вещание содержит системы наземного (эфирного), спутникового, кабельного, мобильного (сотового) ТВ и радио вещания.

В докладе в таблице 1. показано последовательность начальных дат в Латвии модернизации инфраструктуры телефонной сети на цифровую как базу для подмены принципа «передача данных в аналоговой телефонной сети» на принцип «голос (видео, данные) в цифровой среде коммуникаций и обработки информации».

5. Отражение конвергенции в законе об электронной связи

На рис. 1 показаны вопросы регулирования отрасли услуг связи, а также косвенно и ИТ отрасли.

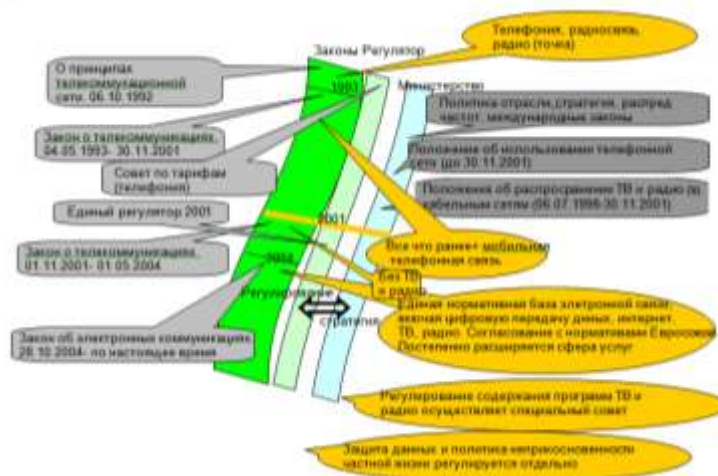


Рисунок 1. Законы, нормативные акты и регулируемые виды услуг

1. Сфера услуг телекоммуникаций подлежит регулированию (законом, нормативными актами), однако вычислительные услуги и обработка информации компьютерами (использование ИТ-информационных технологий) регулированию не подлежит.
2. Не намечается введение принципов регулирования в использовании ИТ и в будущем, однако по мере базирования связи на цифровых ИТ технологиях косвенно происходит ИТ регулирование, особенно сетевые ИТ услуги, например, Интернет, передача данных, интерактивное ТВ и др.
3. Весьма отдаленные от связи вопросы обработки информации (одновременно, вопросы, решаемые телекоммуникационными организациями) иногда регулируется специальными нормативными актами, например, защита данных и политика неприкосновенности частной жизни, регулирование содержания программ ТВ и радио.
4. До сих пор широко используемые услуги облочных вычислений в Латвии на уровне нормативов не регулируются.
5. Более характерно, что предоставление инновационных сетевых услуг с использованием ИТ опережали отражение требований к этим услугам в утвержденных нормативах. Факт нормативного регулирования подтверждает массовость использования таких услуг.

6. Отражение конвергенции в программах высшей школы

В статье мы рассматриваем развитие и взаимодействие двух исторических отраслей- отрасли связи и ИТ. Важным вопросом для этих отраслей является подготовка квалифицированных специалистов. Наблюдается два разных подхода в формировании программ обучения – обучение студентов практическим навыкам работы либо центральным является освоение научных основ отрасли. В нашем случае соответствующими науками являются электроника либо вычислительные науки (computing) соответственно. В первом подходе учебные программы как правило аккредитированы университетом, во втором подходе учебные программы (или общии требования к программам) обсуждены на международном уровне в академической среде и утверждены в международных профессиональных обществах. Мы укажем на три источника утверждения (лицензирования) учебных программ:

- ITU is the United Nations specialized agency for information and communication technologies – ICTs. ITU основан в Париже в 1865 году как International Telegraph Union, настоящее имя утверждено в 1932 году, а в 1971 году состоялся первый ITU Telecom World event как общий для ИКТ отрасли.
- ACM, the Association for Computing Machinery. Основано 15.09.1947.
- IEEE, the Institute of Electrical and Electronics Engineers. Организация выросла путем объединения разных профессиональных ассоциаций. Более значимые даты: 1884, 1895-1896, 1912, 1963. Созданы (под)общества (Community) Communications и Computing and Electronics.

История работы этих организаций подтверждает процес конвергенции отрасли связи и ИТ. С точки зрения выработки учебных программ высшей школы лидирующее место занимает более академически ориентированная организация ACM. ACM естественно вопрос обучения видит под нужды вычислительных наук (Computing), работая совместно с IEEE (под) обществом Computing (CS). В учебных программах ACM широко включены вопросы электроники. ACM, IEEE помимо стандартизированных требований курсов обучения (Curricula) производит аккредитацию конкретных программ университетов.

Программа обучения по дисциплине вычислительных наук зарождалась в 1960 – тых [4]. Многие университеты начали обучение по дисциплине вычислительных наук (Computing) и после длительных международных дискуссий был утвержден документ ACM Curricula 68. Рекомендации по курсам обучения в основном касается вычислительных наук и только 9 курсов в разделе Physical and Engineering Sciences. Для обучения студентов в ACM Curricula 68 указывается на необходимость вычислительных систем (Computing Facility), однако все это не дает основание утверждать о конвергенции и сближении учебных программ двух нами рассматриваемых отраслей.

История дальнейшего развития учебных программ ACM Curricula показана в таблице 2.

Таблица 2. История разработки ACM Curricula по вычислительным наукам

Год	Учебная программа	Поддисциплина вычислительных наук
2001	CC 2001: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Science	Computer Science
2002	IS 2002: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems	Information Systems
2004	CE 2004: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Engineering	Computer Engineering
	SE 2004: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering	Software Engineering
2005	CC 2005 The Overview Report	undergraduate curriculum guidelines for five defined subdisciplines of computing: -Computer Engineering -Computer Science -Information Systems -Information Technology -Software Engineering
2006	MSIS 2006: Model Curriculum and Guidelines for Graduate Degree Programs in Information Systems	Information Systems
2008	CS 2008 Curriculum Update: The Computing Curricula Computer Science Volume is complete and approved.	Computer Science
	IT 2008: The Computing Curricula Information Technology Volume is complete and approved	Information Technology
2009	GSwE 2009: Curriculum Guidelines for Graduate Degree Programs in Software Engineering	Software Engineering
2010	IS 2010 Curriculum Update: The Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Information Systems is complete and approved.	Information Systems
2013	Computer Science 2013: Curriculum Guidelines for Undergraduate Programs in Computer Science has been completed and approved.	Computer Science
2014	SE 2014: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering	Software Engineering
2016	CE 2016: Computer Engineering Curricula 2016	Computer Engineering

Некоторое представление о популярности этих учебных программ за предыдущие два года заимствовано из [6] (акредитованные программы в США).

	Overall		
	Number of Units	Number of Programs	% of Total
CS	112	130	67.4%
CE	7	7	3.6%
IS	26	26	13.5%
IT	18	21	10.9%
SE	8	9	4.7%
Totals	121	193	100%

Рисунок 2. Акредитованные в США ACM Curricula учебные программы за 2015-2016 год

Наиболее интересной с точки зрения конвергенции двух рассматриваемых отраслей является программа Computer Engineering (CE), как видно из рисунка (www.acm.org), самая не популярная в академической среде компьютерщиков. В ACM Curricula учебных программах, в том числе 2004 и 2016 года Computer Engineering (CE) программах нет прямой указки на телекоммуникации (если не считать сетевые (networking) вопросы). Акцент поставлен на освоение научных знаний, например, электронику, но нет привязки к конкретным практическим навыкам

связистов, например, сигнализации SS7. Одновременно можно утверждать, что специалисты, освоившие программы ACM Curricula, будут хорошими связистами, реализуя подход изучения с общих научных знаний к конкретным применениям. С такой постановки вопроса, учебные программы, например, CE 2004 и CE 2016, демонстрируют конвергенцию подготовки специалистов – связистов и компьютерщиков.

Какая ситуация по подготовке специалистов в Латвии;

- - ИТ программы реализуют многие высшие школы;
- - профессиональных связистов готовят только РТУ.

Факультет вычислительных наук (Computer Science) Латвийского Университета (ЛУ) (основан 16.03.2009, ранее с 01.01.1992 отдел, а с 1976 года кафедра в составе Физико-математического факультета) готовит специалистов по следующим специализациям:

- - вычислительные науки (Computer Science);
- - информационные технологии (Information Technology);
- - информационные системы (Information Systems);
- - программная инженерия (Software Engineering);
- - компьютерная инженерия (Computer Engineering).

Как видно, не учитывая некоторые модификации программ обучения, они соответствуют ACM Curricula. Хотя ACM Curricula CE открывает возможности сближения обучающих курсов связистов и ИТ, в ЛУ конвергенция программ не наблюдается адекватно реальному процессу интеграции услуг и технологий в Латвии. Программа ЛУ CE уклон делает на сенсорные сети, встроенные системы (Embedded Systems) и робототехнику. Индустрия услуг связи в Латвии хорошо развита как в использовании инновационных технологий, так в финансовом плане, и ЛУ окончившие специалисты находят работу в отрасли связи.

Другая ситуация с программами Рижского Технического университета. Факультет Вычислительных наук (Computer Science) и ИТ основан в 1961 году, а факультет Радиотехники и связи (ныне Факультет Электроники и телекоммуникаций) основан в 1966 году.

Факультет Вычислительных наук (Computer Science) и ИТ имеет следующие программы:

- - автоматика и вычислительная техника;
- - компьютерные системы;
- - ИТ;
- - инженерия финансов;
- - робототехника;
- - информатика для бизнеса;
- - логистика и поставки товара.

Таким образом здесь не видна взаимосвязь с обучением связистов, которые подготавливаются другим факультетом. Интеграция в РТУ производится только на уровне докторского обучения студентов в едином направлении вычислительных наук и ИКТ высшего образования.

7. Заключение

В статье изложенные факты подтверждают быстрый рост индустрии связи и ИТ в Латвии, широкий рост новых услуг и сближение отрасли связи и ИТ, однако эти факты не столь убедительны для подтверждения конвергенции как целеустремленной стратегии развития отраслей и как это предполагалось 10 – 20 лет назад [5]. По мнению авторов ситуация в Латвии и глобально относительно конвергенции существенно не отличается. Сближение отраслей произошло скорее всего за счет необходимости и пожеланий компаний расширять свои услуги и улучшать свой бизнес в конкурентной среде.

Литература

1. J.Ločmelis, Telekomunikāciju vēsture, Latvijas Universitātes žurnāla "Latvijas vēsture" fonds, 2000, 406 pages, (На латышском языке). ISBN10: 9984643190, ISBN13:9789984643199,
1. Green Paper on the "Convergence of the Telecommunications, Media and Information Technology Sectors, and the Implication for Regulation" [COM(97) 623]. UNICE Response
2. Farber D, Baran P, "The Convergence of Computing and Telecommunications Systems, Science. 1977 Mar 18;195(4283):1166-70.
3. G.K.Gupta, Computer Science Curriculum Developments in the 1960s, IEEE Annals of the History of Computing, Volume: 29, Issue: 2, April-June 2007
4. Jonas Lind, Convergence: history of term usage and lessons for firm strategists, Center for Information and Communications Research, at Stockholm School of Economics, 2004
5. Jodi L.Tims, Stuart Zweben, Yan Timanovsky, Jane C.Prey, ACM-NDC Study 2015–2016: Fourth Annual Study of Non-Doctoral-Granting Departments in Computing, ACM Inroads, Volume 7, Issue 3, September 2016, Pages 50-63

Промышленная автоматизация в СССР в 1960-х – середине 1980-х годов: застой или прорыв?

Парамонов Вячеслав Николаевич, д.и.н

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»
ул. Московское шоссе, 34, 443086 г. Самара, Российская Федерация
parvja@mail.ru

INDUSTRIAL AUTOMATION IN THE USSR IN THE 1960s - THE MIDDLE OF THE 1980s: THE CONTINUOUS OR THE BREAKTHROUGH?

Vyacheslav Paramonov Doctor of Historical Sciences, Professor,

Department of Philosophy
Samara National Research University. S.P. Korolev
Str. Moscow highway, 34, 443086, Samara, Russian Federation

Аннотация. В статье на основе архивных материалов (Российский государственный архив экономики, Российский государственный архив в городе Самаре, статистических данных и периодической печати анализируются особенности промышленной автоматизации в 1960—х – середине 1980-х гг., исследуются факторы, способствовавшие и препятствовавшие данному процессу, рассматривается конкурентоспособность промышленной автоматизации в сравнении с зарубежными странами, анализируется эволюция данного понятия в изучаемый период, оцениваются итоги промышленной автоматизации в Советском Союзе.

Ключевые слова: промышленная автоматизация, технологический уклад, научно-техническая революция научно-технический прогресс, роботизация, факторы

Annotation. In the article on the basis of archival materials (the Russian State Archive of Economics, the Russian State Archive in the city of Samara, statistical data and periodicals, the features of industrial automation in the 1960s - the mid-1980s are analyzed, factors that contributed to and impeded this process are examined. The competitiveness of industrial automation in comparison with foreign countries, the evolution of this concept is analyzed in the period under study, the results of an industrial automation in the Soviet Union

Keywords: industrial automation, technological structure, scientific and technological revolution, scientific and technological progress, robotization, factors

Об истории автоматизации промышленности в СССР написано немало — как статей и воспоминаний непосредственных участников событий [15; 29; 43; 46; 49; 52], так и историко-исследовательских работ [3; 4; 8; 11; 13; 26; 17; 18; 19; 40; 41;]. Положительную роль в формировании исторических работ по проблеме играли и играют конференции SORUCOM «Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР: история и перспективы» [37; 38; 44].

В работах анализируются подходы, которые применялись в свое время для скорейшего внедрения автоматизации в промышленной сфере. Одни авторы считают, что государственная политика научно-технического развития в СССР отвечала общим тенденциям в становлении и изменении хозяйственных отношений в стране в 1950–1980-е гг. [9. С. 559]. Другие ученые пришли к выводу, что КПСС в условиях разворачивавшейся научно-технической революции не смогла выработать политику, позволившую соединить достижения НТР с преимуществами социалистической системы хозяйствования [7; 10; 30; 48]. По мнению А.С.Сенявского, "несмотря на то, что в СССР вовремя были замечены принципиально новые тенденции развития, вскоре определенные как "научно-техническая революция", из этого не было сделано должных выводов и дело свелось по сути к ритуальным заклинаниям о необходимости соединения достижения НТР с преимуществами социализма! Советские руководители мыслили категориями раннеиндустриальной эпохи. Это было доктринальное препятствие для необходимых организационных,

институциональных и социальных трансформаций"[34]. По оценкам ряда авторов, экономическая система в СССР оказалась менее восприимчивой к требованиям времени, не стимулировала научно-технический прогресс [51. С. 200.].

Ряд зарубежных авторов пришел к выводу, что вклад технического прогресса в экономический рост в СССР постоянно сокращался из-за перенакопления капитала [53; 55]. Пол Кругман - один из известных американских экономистов - доказал, что рост экономики СССР был в основном экстенсивным, что вклад технического прогресса (совокупной факторной производительности) в общий результат был гораздо меньше, чем в развитых странах.[54].

Несмотря на многочисленную литературу по проблемам промышленной автоматизации, говорить об исследовании данной проблемы как завершенном преждевременно. Выявление новых исторических источников, использование различных методов и подходов создает возможность уточнить, пересмотреть, заново интерпретировать события истории промышленной автоматизации. Историографический анализ заявленной проблемы позволяет сделать вывод о наличии явного противоречия между ее актуальностью и недостаточной научной разработанностью.

Источниковая база исследования темы обширна и разнообразна. По истории промышленной автоматизации сейчас открыто немало материалов, однако в целом их столько, что значительная часть не обработана и не введена в оборот. Препятствием для создания комплексной базы данных истории промышленной автоматизации в СССР является ведомственная разобщенность.

Следует также отметить, что в источниках нередко даются объединенные данные по механизации и автоматизации, что затрудняет оценку уровня промышленной автоматизации. Это объяснимо, поскольку автоматизация производства вырастает из его механизации и на определенном этапе становится ее продолжением [2. С.144]. По сравнению с механизацией для автоматизации был характерен переход к четырехзвенной системе машинного производства (машина-двигатель, передаточный механизм, рабочая машина плюс автоматическая система регуляции и управления производственным процессом). Механизация отражала, по преимуществу, процесс эволюционного непрерывного совершенствования нововведений. Процесс революционных нововведений связывался, главным образом, с автоматизацией. Переход на новую технологию в перспективе приводил к повышению технологического уровня и смене технологического уклада.

Хронологические рамки исследования определяются тем, что 1960–1980-е гг. - это качественно новый этап научно-технического развития, связанный с соединением возможностей ЭВМ и техники, объединением ЭВМ и металлообрабатывающего станка в станок с числовым программным управлением (ЧПУ), В это же время начинается и конструирование роботов, что, в конечном счете, приводит к тому, что в дальнейшем промышленная автоматизация уже была неразрывно связана с роботизацией. Вместе с тем, этот период характеризовался многими исследователями и политиками как период застоя [23].

Понятие «промышленная автоматизация» сформировалось в 80—90-е годы XX века. До этого оно долгое время было тождественно автоматизации производства, автоматизации промышленности. Автоматизация производства — это этап машинного производства, характеризуемый освобождением человека от непосредственного выполнения функций управления производственными процессами и передачей этих функций автоматическим устройствам. На протяжении XX века понятие автоматизации эволюционировало в направлении расширения, о чем свидетельствуют словари и энциклопедии.

В технической энциклопедии 1920-х годов отмечалось, что автоматизация «применяется во всевозможных машинах-орудиях и аппаратах, в которых работа человека заменяется работой механизма» качестве примеров приводились станки, автоматические весы, автоматические телефонные станции. «Автомат механически воспроизводит рабочий процесс без участия в нем человека. Роль последнего сводится к простейшему обслуживанию автомата только при нарушении его нормального функционирования... Автоматизация вызывается, наряду со стремлением к удешевлению производства, также желанием эмансипировать некоторые особенно ответственные моменты машинного управления от физических и психических качеств человека. Наиболее благоприятные объекты для автоматизации представляют фабрики массового распространения в определенных стандартах» [42.Стб. 112].

В 1930- х годах под автоматизацией понималось « превращение человеческих действий (особенно трудовых процессов) из сознательных в автоматические. 2. Замена работы человека работой автомата» [35. Стб. 35].

«Автоматизация производства, констатировалось во втором издании «Большой советской энциклопедии», – это применение приборов, приспособлений, машин, позволяющих осуществлять производственные процессы без непосредственного участия человека и лишь под его контролем. Автоматизация производства является высшей, завершающей формой развития машинного производства. По мере усложнения и ускорения машинного производства, а также повышения роли химических процессов, автоматизация производства делается прямой технической необходимостью [5. С.207].

В исследуемый период сложилось качественно новое понимание. «Автоматизация – применение технических средств с целью полной или частичной замены участия человека в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов или информации. Различают автоматизацию частичную, при которой автоматизируются отдельные операции и процессы, комплексную,

при которой автоматизация охватывает весь цикл работ. [28. С.63]. Данное определение зафиксировало важный переход от контроля над работой за счет различных механических и электромагнитных эффектов до выделения функции управления в отдельный блок (программа), а также наделяния автоматической системы определенными сенсорными органами за счет теле-и других устройств. То есть налицо качественный переход от автоматизации прежнего электромеханического уровня к автоматизации, которая уже реально становится частью процесса самоуправления за счет электроники.

Автоматизация производства практически до начала 1960-х годов ограничивалась пуском, остановкой, защитой и регулированием агрегатов, станков и другого оборудования в зависимости от характера технологического процесса. Развитие ЭВМ и методов их применения коренным образом изменило возможности управления производством. На их основе была создана система оптимальных действий административно-технического персонала по данным быстрого и точного математического анализа хода не только технологических, но и всех других производственных процессов, а также результатов хозяйственной деятельности предприятия в целом. Вычислительные управляющие машины приняли на себя и функции непосредственного воздействия на работу оборудования.

К началу 1960-х годов в СССР произошел ряд событий, повлиявших на развитие промышленной автоматизации. Первое связано с окончательным превращением страны в преимущественно городскую и промышленную, что зафиксировалось в переписи населения 1959 г. Второе связано с качественным изменением в индустриальной сфере, связанными с переходом от четвертого к пятому технологическому укладу. В-третьих, к концу пятидесятых годов произошла окончательная реабилитация кибернетики в СССР. Более того, активно обсуждалось применение ее в отечественной экономике. Вышла специальная книга «Кибернетика на службе коммунизма», во введении к которой А. И. Берг утверждал, что ни одна другая страна не сможет использовать кибернетику так же эффективно, как Советский Союз, поскольку кибернетика, главным образом, сводится к выбору оптимальных методов выполнения операций и только социалистическая экономика может универсально использовать эти методы. [14.С.8].

На XXII съезде КПСС кибернетика была определена одним из основных средств созидания коммунистического общества [12. С.280]. В-четвертых, формируется понимание необходимости обеспечения взаимосвязи ЭВМ и техники, автоматизации производственных процессов.

Что подталкивало к промышленной автоматизации? Во-первых, рост масштабов промышленности, необходимость перехода к научному управлению производством. Проблема промышленной автоматизации стала особо актуальной в связи с обострением дефицита рабочей силы. Во-вторых, этот период стал временем реализации крупномасштабных индустриальных проектов, что привело к изменениям экономического, технического, организационного мышления, к возникновению и развитию системного подхода, системного анализа. В-третьих, рост наукоемкости производства потребовал новых технологических, технических решений, совершенствования организации, управления производством, применения математических методов. Еще в конце 1950-х годов, анализируя состояние и пути дальнейшего развития производства и применения ЭВМ в нашей стране, А.И. Шокин, тогда первый заместитель Государственного комитета СМ СССР по радиоэлектронике, обращал внимание на то, что электронная вычислительная техника, призванная совершить перелом в деле автоматизации производства, по своим конструктивным решениям оказалась непригодной для современного механизированного производства. Необходимо было в корне изменить принципы конструирования ЭВМ, создавая все их многообразие из стандартных унифицированных узлов, как это давно делалось в отечественной радиоэлектронике при создании самых сложных агрегатов. Он обращал внимание на отсутствие комплексного подхода: «Неправильно, что средства вычислительной техники создаются в отрыве от объектов автоматизации» [50].

Согласно Программе КПСС (1961), все более полная автоматизация производственных процессов рассматривалась как составная часть создания материально-технической базы коммунизма, как материальная основа «для постепенного перерастания социалистического руда в труд коммунистический. Предполагалось, что в течение 20 лет «осуществится в массовом масштабе комплексная автоматизация производства со все большим переходом к цехам и предприятиям-автоматам, обеспечивающим высокую технико-экономическую эффективность. Ускорится внедрение высокосоввершенных систем автоматического управления. Получат широкое применение кибернетика, электронные счетно-решающие и управляющие устройства в производственных процессах промышленности» [12. С. 277, 270]. Научно-технический прогресс рассматривался как показатель соревнования двух систем.

Специфику происходивших изменений подчеркивал в 1967 г. Н.Н. Моисеев, тогда член-корреспондент АН СССР: «Если раньше основной характеристикой технического уровня страны было производство стали, нефти, станков, то теперь выдвигаются новые показатели: количество и качество производимых ЭВМ, размах использования ЭВМ... Нет сомнений в том, что развитие государства в дальнейшем будет прямым образом зависеть от того, насколько проникли методы, связанные с использованием ЭВМ, не только в экономические расчеты, но и непосредственно в управление государством». По его мнению, внедрению ЭВМ мешали естественный консерватизм человека, недостатки системы высшего образования, оплата труда, мало ориентированная на внедрение прогрессивных новшеств. [21. С.19, 21-22].

Промышленная автоматизация фактически включила автоматизацию производства, автоматизацию технологических процессов, автоматизацию управления производством.

По существу, восьмая пятилетка положила начало массовому созданию и внедрению АСУ – автоматических систем управления на основе использования электронно-вычислительной техники. Не случайно в статистических сборниках сведения об АСУ появились лишь после 1966–1970 гг.

В 1970-х – 1980-х гг. внедрялись в производство два класса АСУ: 1) системы управления технологическими процессами (АСУТП) или функционирующими сложными машинами; 2) системы организационного управления производством (АСУП) [20. С. 136].

В 1970-1980-е гг. промышленная автоматизация стала осуществляться на принципиально новой технической основе. За годы одиннадцатой пятилетки производство микропроцессоров выросло почти в пять раз, микроЭВМ – в два раза [26. С. 31]. Ключевым направлением промышленной автоматизации стала роботизация. Считалось, что "создание промышленных роботов явилось одним из крупнейших процессов последнего времени". Внедрение промышленных роботов в производство предполагало наряду с автоматизацией производства максимально освобождение человека от вредных для его здоровья условий труда, таких как сварочные и окрасочные работы [33. Оп.13. Д. 1997. Л. 71, 83].

История развития промышленной робототехники на территории России берет свое начало с середины 60-х годов. В 1971 г. впервые в СССР был создан отечественный промышленный робот «Универсал-50М» [47]. По оценкам экономистов 1980-х годов, применение роботов повышало производительность труда в 2-3 раза. Годовая экономия от внедрения одного робота достигала в среднем 8-12 тысяч рублей. Наряду с производством многофункциональных промышленных роботов с пятью-восемью степенями подвижности рос выпуск роботов с цикловым управлением, а также специализированных роботов в составе автоматизированных технологических комплексов.

В отечественном станкостроении были созданы гибкие производственные системы, в состав которых входили станки с ЧПУ, ЭВМ, автоматизированные транспортно-накопительные устройства и промышленные роботы. Производительность станков с ЧПУ в таких системах в 1,5 – 2 раза была выше, чем суммарная производительность такого же парка отдельных станков за счет более рационального их использования. Внедрение гибкого комплекса механообработки сложных корпусных деталей на станках типа «обрабатывающий центр» позволяло повысить производительность труда в 2-2,5 раза, фондоотдачу на 15-20%, сократить парк оборудования в два раза и длительность цикла изготовления деталей в три раза. В 1986 г. в промышленности СССР насчитывалось более 50 гибких производственных систем разного назначения [26. С.33- 34]

Создание «безлюдных» заводов рассматривалось в исследуемый период как перспектива развития производства. К середине 1980-х гг., по оценкам академика К.В. Фролова, промышленность СССР была готова к внедрению автоматических обрабатывающих комплексов на базе трех основных групп оборудования:

- металлорежущие станки с ЧПУ, оснащенные устройствами для автоматической оперативной коррекции программ обработки;
- координатные измерительные машины с ЧПУ, автоматически осуществляющие измерения в ходе технологического процесса и поставляющие информацию для его коррекции;
- промышленные роботы с программным управлением, обеспечивающие автоматизацию самых разнообразных вспомогательных процессов производства и позволяющие объединить в единую автоматическую систему оборудование обрабатывающего комплекса [45. С. 7-8].

Как оценить произошедшее в исследуемый период? По количественным и многим качественным параметрам произошел прорыв. В 1960 г. выпуск автоматических и полуавтоматических линий для машиностроения и металлообработки составил 174 комплекта, в 1970- г. – 814, в 1985 г. – 1049. В отчетах ЦСУ автоматические манипуляторы с программным управлением появились в 1975 г., их насчитывалось 100 штук, в 1980 г. – 1,6 тысячи, в 1985 г. – 15,2 тысячи. В 1971 г. промышленность СССР имела 10917 автоматических линий, в 1981г. – 27386, в 1985 г. - 34278 [24. С.77; 25. С.87; 39. С. 73]

Примером комплексной автоматизации являлся Волжский автозавод. На Волжском автозаводе в начале 11-й пятилетки из 16,5 тысяч единиц основного технологического оборудования 12% входило в состав более 300 автоматических линий. Остальное основное оборудование являлось специальным, работавшем в автоматическом или полуавтоматическом режиме. На базе ЭВМ на заводе осуществлялись: оперативное календарное планирование, учет движения материалов и комплектующих изделий, расчеты по труду и заработной плате, цикл системы ремонтнообслуживания. Использование ЭВМ на заводе составляло 21,5 часа в сутки, что было в два раза выше, чем в среднем по другим предприятиям области. За годы одиннадцатой пятилетки на ВАЗе было собрано почти 6 тысяч роботов МП-96 и 60 роботов типа «Бетта». В «Бетте» были расширены технические возможности обычных промышленных роботов. [1. С.82-83; 31. С. 182].

Развитие промышленной автоматизации в СССР отразило, с одной стороны, способность государства с плановой экономикой и командно-административной системой управления сосредоточить силы и средства для быстрого развития нового направления в научно-техническом прогрессе, а с другой - его недостатки, тормозившие выход отечественной науки, техники и промышленности на мировой уровень. На рубеже

1950-1960-х гг. в автоматизации производства обозначился ряд проблем. Одна из них – отсутствие координации работы. По свидетельству первого секретаря Куйбышевского обкома КПСС А.С. Мурысева, нередко конструкторы родственных предприятий трудились над решением одних и тех же технических проблем. Например, над проектированием упаковочных автоматов длительное время разрозненно работали конструкторы 4 ГПЗ и завода им. Куйбышева. Другая проблема – слабое участие в проектировании автоматических и автоматизированных линий ученых вузов и НИИ [22. С. 70].

К сожалению, на протяжении исследуемого периода проблемы только нарастали. Например, манипуляторы изготавливались предприятиями разных отраслей: приборостроения, средств автоматизации и систем управления; автомобильной, электронной, радиопромышленности. Каждое ведомство шло своими путями, ограничиваясь силами своих специалистов. Вместо должной кооперации наблюдалось распыление ресурсов. Но предприятия нередко были вынуждены обращаться к собственному изготовлению средств автоматизации. XXV съезд КПСС (1976) поставил задачу организовать производство роботов (манипуляторов с программным управлением), позволяющих автоматизировать тяжелые физические и монотонные работы. Государственный план выпуска роботов был значительно перевыполнен, но число заявок предприятий намного превышало количество произведенных манипуляторов. За десятую пятилетку машиностроительные предприятия получили всего 7 тысяч автоматических манипуляторов, что позволило высвободить от тяжелого ручного труда лишь 20 тысяч рабочих [Экономическая газета. 1981. № 11. С. 24].

Рынок промышленной автоматизации и АСУ технологий производства сохранял свою корпоративность, закрытость. Что говорить о взаимоотношениях между ведомствами, если нередко внутри организаций координация была слабой. В качестве примера можно привести ситуацию в Куйбышевском отделении Государственного научно-исследовательского и проектного института по внедрению вычислительной техники в народное хозяйство. Его заведующий при подведении итогов работы отделения за 1972 г. С.Б. Павлятич в своем распоряжении отмечал: "Итоги работы отделения в 1972 г говорят о наличии серьезных недостатков в работе отделов, лабораторий и групп. Не налажены вопросы взаимной связи и координации деятельности подразделений, отсутствовали согласованность в принятии принципиальных технических решений и контроль за качеством выполняемых работ. Руководители и разработчики редко обменивались взаимной консультацией. В результате в проектной документации допускался разнохарактерный подход к выбору задач и их постановке [32. Оп. 1-6. Д. 11. Л.1].

Более 20 министерств занимались проблемой разработки и внедрения роботов в промышленность. В 1981-1983 гг. и в первой половине 1984 г. количество выпущенных роботов превысило в 1,3 раза плановые показатели, но внедрено было всего 55% сделанного [36]. Нередко средства автоматизации встраивали в старую технологию, что снижало эффективность внедрения роботизации, инструментов управления. Высокой являлась и стоимость автоматического оборудования. Приведем два примера.

В 1965 г. предприятия Министерства станкостроительной промышленности и их смежники изготовили 37 станков с ЧПУ, в 1970 г. – 1687, в 1972 г. – более 3 тысяч. Одновременно обнаружился значительный рост стоимости автоматического оборудования, который в ряде случаев шел намного быстрее, чем соответствующее увеличение производительности этого оборудования, а в других – был вызван простым завышением цен. Это осложняло внедрение новой техники. Для предприятий более выгодным оказывался выпуск ранее освоенной продукции. Так, завод «Красный пролетарий» в 1968 г. начал собирать станки с программным управлением, но даже через три года их трудоемкость была выше, чем при сборке серийных станков, выпускавшихся с 1956 г. Аналогичные ситуации наблюдались и на многих других станкостроительных заводах [6. С. 38-39, 86-90]. Что сдерживало увеличение выпуска станков с ЧПУ на станкостроительных заводах? Отсутствие таких комплектующих изделий, как измерительный преобразователь для станков класса точности А и С; устройство цифровой индикации; устройство ЧПУ; комплектные электроприводы на базе высокомоментных электродвигателей, которые не изготавливались отечественной промышленностью и существовали как опытные образцы [1. С. 80].

Второй пример - письмо в Совет министров СССР председателя Всесоюзного совета научно-технических обществ (ВСНТО) академика А.Ю. Ишлинского, в 1985 году, в котором приводились следующие факты: "затраты на роботизацию единицы оборудования составляют порядка 50 тыс. рублей. Это вызывает увеличение годовых эксплуатационных затрат на 10 тыс. рублей, а экономия - не более 4 тыс. рублей. Следовательно, если даже промышленный робот работает надежно и высвобождает человека от некоторых ручных операций, внедрение одного грузочно-транспортного робота приносит годовые убытки 5-7 тыс. рублей". Зачастую, эти убытки были гораздо выше, так как не были должным образом построены процессы ремонта и технического обслуживания новой техники, а иногда и число работников, дополнительно задействованных для проектирования, изготовления, обслуживания и ремонта оказывалось больше, чем высвобожденных². [33.Л. 75.]. В 1981-1984 гг. было внедрено около 600 промышленных роботов. Затраты на роботизацию составили 10 млн.руб., что повлекло увеличение годовых эксплуатационных затрат (амортизация, ремонт, обслуживание) на сумму около 2 млн.руб., а экономический эффект составил лишь 18 тыс. руб. Затраты на обслуживание роботов были почти втрое выше, чем стоимость самих роботов, при этом обслуживающие механизмы и элементы часто не поставлялись в комплекте с роботом, и предприятиям приходилось самостоятельно проектировать и изготавливать недостающие части в кустарных условиях. Промышленные роботы рассматривались не как

действенное средство интенсификации производства, а лишь как некий эквивалентный заменитель человека на ручных работах". В связи с этим "достижением объявляется сам факт замены ручного манипулирования автоматическим независимо от назначения и условий применения промышленных роботов, их быстродействия и надежности в работе, стоимости". Также отмечалось в документе, во многих министерствах "сложилась практика принудительного планирования роботизации "сверху", что "провозглашенные волевым образом по министерству обязательства далее механистически развертываются по предприятиям и объединениям, без анализа конкретных потребностей и возможностей, но со строжайшими санкциями за невыполнение" [33.. Л. 72-73].

Часть руководителей предприятий стали скептически относиться к применению роботов, другие считали необходимым применение роботов, но только по причине нехватки рабочих рук [27. С. 10]. С 1970-х годов, в условиях существовавшей до середины 1980-х гг. благоприятной для СССР сырьевой конъюнктуры мирового рынка и увеличения валютных поступлений, усилилось стремление хозяйственников к закупке импортного оборудования, что, в свою очередь, сокращало стимулы для отечественных заказов.

В данной статье отражена лишь часть проблем истории промышленной автоматизации в СССР. Дальнейшие исследования могут быть связаны с анализом историографии и источниковой базы, с изучением конкретного материала, роли личностного фактора, включая биографии ученых, министров, директоров, главных инженеров предприятий и других персонажей. Рассекречивание материалов по истории ВПК позволит уточнить, насколько была конкурентной промышленная автоматизация в оборонных отраслях.

Литература

1. Абрамов И.А. Курсом эффективности. Куйбышев: Книжное издательство, 1982. – 160 с.
2. Анчишкин А.И. Наука-техника-экономика. М.: Экономика, 1986. – 196 с.
3. Артемов Е. Т. Научно-техническая политика в советской модели позднеиндустриальной модернизации. М.: РОССПЭН, 2006. - 256 с.
4. Бокарев Ю.П. СССР в становление постиндустриального общества на западе, 1970=1980-е годы. М.: Наука, 2007. – 381 с.
5. Большая советская энциклопедия. 2-е изд. Т.1. М.: Государственное научное издательство «Большая советская энциклопедия», 1949. –732 с.
6. Васильев Г. А .Повышение эффективности комплексной автоматизации. М. : Московский рабочий, 1974. - 128 с.
7. Гайдар Е.Т. Экономические реформы и иерархические структуры. М.: Наука. 1990 – 219 с.
8. Гарынов А.А. История производства и применения в народном хозяйстве СССР электронно-вычислительной техники в 40-80-е гг. XX в.//Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. Гуманитарные науки. 2010. № 15 (19). С. 75-84.
9. Гарынов А.А. Государственная политика СССР в области научно-технического развития в 1950–1980-е гг.// Известия Пензенского государственного педагогического университета имени В. Г. Белинского. Гуманитарные науки. 2012. № 27. С. 555-560.
10. Глотов В. II. О некоторых уроках исторического опыта деятельности КПСС во второй половине 1950-х -первой пол. 1960-х годов//Вопросы истории КПСС. - 1988. -№ 4. - С. 57-73.
11. Горохов В.Г. история развития автоматизированных систем управления в Советском Союзе в 60-Е – 70-Е гг. XX века// XII Всероссийское совещание по проблемам управления (ВСПУ-2014). Москва, 16–19 июня 2014 г. Труды. [Электронный ресурс], место издания ИПУ РАН Москва. С.7736-7749.
1. Abramov I.A. Kursom ehffektivnosti. Kujbyshev: Knizhnoe izdatel'stvo, 1982. – 160 s.
2. Anchishkin A.I. Nauka-tehnika-ehkonomika. M.: EHkonomika, 1986. – 196 s.
3. Artemov E. T. Nauchno-tehnicheskaya politika v sovetskoj modeli pozdneindustrial'noj modernizacii. M.: ROSSPEHN, 2006. - 256 s.
4. Bokarev YU.P. SSSR b stanovlenie postindustrial'nogo obshchestva na zapade, 1970=1980-e gody. M.: Nauka, 2007. – 381 s.
5. Bol'shaya sovetskaya ehnciklopediya. 2-e izd. T.1. M.: Gosudarstvennoe nauchnoe izdatel'stvo «Bol'shaya sovetskaya ehnciklopediya», 1949. –732 s.
6. Vasil'ev G. A .Povyshenie ehffektivnosti kompleksnoj avtomatizacii. M. : Moskovskij rabochij, 1974. - 128 s.
7. Gajdar E.T. EHkonomicheskie reformy i ierarhicheskie struktury. M.: Nauka. 1990. – 219 s.
8. Garynov A.A. Istoriya proizvodstva i primeneniya v narodnom hozyajstve SSSR ehlektronno-vychislitel'noj tekhniki v 40-80-e gg. HKH v.//Izvestiya Penzenskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. V.G. Belinskogo. Gumanitarnye nauki. 2010. № 15 (19). S. 75-84.
9. Garynov A.A. Gosudarstvennaya politika SSSR v oblasti nauchno-tehnicheskogo razvitiya v 1950–1980-e gg.// Izvestiya Penzenskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta imeni V. G. Belinskogo. Gumanitarnye nauki. 2012. № 27. S. 555-560.
10. Glotov V. II. O nekotoryh urokah istoricheskogo opyta deyatel'nosti KPSS vo vtoroj polovine 1950-h -pervoj pol. 1960-h godov//Voprosy istorii KPSS. - 1988. -№ 4. - S. 57-73.
11. Gorohov V.G. istoriya razvitiya avtomatizirovannyh sistem upravleniya v Sovetskom Soyuze v 60-E – 70-E gg. HKH veka// XII Vserossiyskoe soveshchanie po problemam upravleniya (VSPU-2014). Moskva, 16–19 iyunya 2014 g. Trudy. [EHlektronnyj resurs], mesto izdaniya IPU RAN Moskva. С.7736-7749.
12. XXII c"ezd KPSS. 17–31 oktyabrya 1961 goda: Stenograficheskij otchet. T.3.M.: Gospolitizdat, 1962.- 592 s.

12. XXII съезд КПСС. 17—31 октября 1961 года: Стенографический отчет. Т.3.М.: Госполитиздат, 1962.- 592 с.
13. Ищенко А.М. Отечественное приборостроение: Становление и развитие. Монография. - М.: «Научтехлитиздат», 2011. - 80 с.
14. Кибернетику на службу коммунизма./ Ред. А.И. Берг. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1961.
15. Кирилук Н.И. Организация внедрения АСУП // Механизация и автоматизация управления. 1972. № 6. С. 34–39.
16. Крайнева И.А., Пивоваров Н.Ю., Шилов В.В. . Становление советской научно-технической политики в области вычислительной техники (конец 1940-х – середина 1950-х гг.)// Идеи и Идеалы. 2016. № 3(29). Т. 1 . С. 118-135.
17. Кутейников А.В. Первые проекты автоматизации управления советской плановой экономикой в конце 1950-х и начале 1960-х гг. — «электронный социализм»? // Экономическая история. Обзорение. Вып. 15. М., 2011. С. 124-138.
18. Кутейников А. Советский опыт внедрения информационных технологий в экономику страны (на примере истории проекта общегосударственной автоматизированной системы управления народным хозяйством СССР (ОГАС) в 1960-1980-х годах)// Экономическая политика. 2012. № 4. С. 39-67.
19. Лельчук В.С. Научно-техническая революция и промышленное развитие СССР. М.: Наука, 1987. – 286 с.
20. Марков Н.В. Научно-техническая революция: анализ, перспективы, последствия. М.: Политиздат, 1973. – 239 с.
21. Моисеев Н.Н. Слово о математике // Наука и жизнь. 1967. № 7. С. 16-24.
22. Мurysev А.С. На новые рубежи. Куйбышев: Куйб. книжное издательство, 1960. – 112 с.
23. На пороге кризиса: нарастание застойных явлений в партии и обществе/Ин-т марксизма-ленинизма при ЦК КПСС. М.: Политиздат, 1990. -447 с.
24. Народное хозяйство СССР в 1985 г.: Стат. ежегодник. М.: Финансы и статистика, 1986. – 581 с.
25. Народное хозяйство СССР за 70 лет. Юбилейный стат. ежегодник. М.: Финансы и статистика, 1987. – 766 с.
26. Научно-технический прогресс и творчество масс. М.: Профиздат, 1986. – 184 с.
27. Научно-технический прогресс на службе пятилетки. Куйбышев: Кн. изд-во, 1985.- 160 с.
28. Научно-технический прогресс: Словарь. М.: Политиздат, 1987. 366 с.
29. Никаноров С.П. АСУ: взгляд из 90-х в 60-е. К 70-летию первого в стране Главного конструктора «АСУ завода» Юрия Михайловича Репьева // Экономическая газета. 1999. № 39-40.
30. Опенкин Л.А. Сила, не ставшая революцией. (Исторический опыт разработки КПСС политики в сфере науки и технического прогресса. 1917 – 1982 гг.). Ростов-н/Д.: Изд-во Рост. ун-та, 1990. – 219 с.
31. Поступь трудовая. 1981-1985. Куйбышев: Куйб. книжное издательство, 1986. – 360 с.
32. Российский государственный архив в городе Самаре. Фонд Р-773: НПО "Информатика" и его предшественники.
33. Ishchenko A.M. Otechestvennoe priborostroenie: Stanovlenie i razvitie. Monografiya. - M.: «Nauchtekhlitizdat», 2011. - 80 s.
34. Kibernetiku na sluzhbu kommunizma./ Red. A.I. Berg. M.; L.: Gosehnergoizdat, 1961.
35. Kirilyuk N.I. Organizaciya vnedreniya ASUP // Mekhanizaciya i avtomatizaciya upravleniya. 1972. № 6. S. 34–39.
36. Krajneva I.A., Pivovarov N.YU., SHilov V.V. . Stanovlenie sovetskoj nauchno-tekhnicheskoj politiki v oblasti vychislitel'noj tekhniki (konec 1940-h – seredina 1950-h gg.)// Idei i Idealy. 2016. № 3(29). T. 1 . S. 118-135.
37. Kutejnikov A.V. Pervye proekty avtomatizacii upravleniya sovetskoj planovoj ehkonomikoj v konce 1950-h i nachale 1960-h gg. — «ehlektronnyj socializm»? // EHkonomicheskaya istoriya. Obozrenie. Vyp. 15. M., 2011. S. 124-138.
38. Kutejnikov A. Sovetskij opyt vnedreniya informacionnyh tekhnologij v ehkonomiku strany (na primere istorii proekta obshchegosudarstvennoj avtomatizirovannoj sistemy upravleniya narodnym hozyajstvom SSSR (OGAS) v 1960-1980-h godah)// EHkonomicheskaya politika. 2012. № 4. S. 39-67.
39. Lel'chuk V.S. Nauchno-tekhnicheskaya revolyuciya i promyshlennoe razvitie SSSR. M.: Nauka, 1987. – 286 s.
40. Markov N.V. Nauchno-tekhnicheskaya revolyuciya: analiz, perspektivy, posledstviya. M.: Politizdat, 1973. – 239 s.
41. Moiseev N.N. Slovo o matematike // Nauka i zhizn'. 1967. № 7. S. 16-24.
42. Murysev A.S. Na novye rubezhi. Kujbyshev: Kujb. knizhnoe izdatel'stvo, 1960. – 112 s.
43. Na poroge krizisa: narastanie zastojnyh yavlenij v partii i obshchestve/In-t marksizma-leninizma pri CK KPSS. M.: Politizdat, 1990. -447 s.
44. Narodnoe hozyajstvo SSSR v 1985 g.: Stat. ezhegodnik. M.: Finansy i statistika, 1986. – 581 s.
45. Narodnoe hozyajstvo SSSR za 70 let. Yubilejnyj stat. ezhegodnik. M.: Finansy i statistika, 1987. – 766 s.
46. Nauchno-tekhnicheskij progress i tvorchestvo mass. M.: Profizdat, 1986. – 184 s.
47. Nauchno-tekhnicheskij progress na sluzhbe pyatiletki. Kujbyshev: Kn. izd-vo, 1985.- 160 s.
48. Nauchno-tekhnicheskij progress: Slovar'. M.: Politizdat, 1987. 366 s.
49. Nikanorov S.P. ASU: vzglyad iz 90-h v 60-e. K 70-letiyu pervogo v strane Glavnogo konstruktora «ASU zavoda» YUriya Mihajlovicha Rep'eva // EHkonomicheskaya gazeta. 1999. № 39-40.
50. Openkin L.A. Sila, ne stavshaya revolyuciej. (Istoricheskij opyt razrabotki KPSS politiki v sfere nauki i tekhnicheskogo progressa. 1917 – 1982 gg.). Rostov-n/D.: Izd-vo Rost. un-ta, 1990. – 219 s.
51. Postup' trudovaya. 1981-1985. Kujbyshev: Kujb. knizhnoe izdatel'stvo, 1986. – 360 s.
52. Rossijskij gosudarstvennyj arhiv v gorode Samare. Fond R-773: NPO "Informatika" i ego predshestvenniki.
53. Rossijskij gosudarstvennyj arhiv ehkonomiki. Fond 9480 - Gosudarstvennyj komitet po nauke i tekhnike SSSR. Op 13. D.1997.
54. Senyavskij A.S. Ranneindustrial'naya modernizaciya v Rossijskoj imperii i SSSR: komparativnyj analiz (teoreticheskie aspekty) // EHkonomicheskaya istoriya Rossii: problemy, poiski, resheniya. Vyp. 9. Volgograd, 2007. S. 94-107/
55. Slovar' inostrannyh slov voshedshih v russkij yazyk /

33. Российский государственный архив экономики. Фонд 9480 - Государственный комитет по науке и технике СССР. Оп 13. Д.1997.
34. *Сенявский А.С.* Раннеиндустриальная модернизация в Российской империи и СССР: компаративный анализ (теоретические аспекты) // *Экономическая история России: проблемы, поиски, решения.* Вып. 9. Волгоград, 2007. С. 94-107/
35. Словарь иностранных слов вошедших в русский язык / Под ред. Т.М. Капельзона. М.: Государственное словарно-энциклопедическое издательство «Советская энциклопедия», 1933. – 1502 стб.. с приложениями.
36. Советская Россия. 1986. 29 мая.
37. SORUCOM-2006: Развитие вычислительной техники в России и странах бывшего СССР: история и перспективы: Материалы международной конференции (3-7 июля 2006 г.): в 2-х частях. Петрозаводск, 2006. Ч. I. 161 с. Ч. II. 192 с.
38. SORUCOM-2014: Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР: история и перспективы: Материалы международной конференции (13-17 октября 2014 г.). Казань, 2014.- 418 с.
39. СССР в цифрах в 1985 г.: краткий статистический сборник / Центр. стат. упр. при Совете Министров СССР. М.: Финансы и статистика, 1986. – 252 с.
40. Стрюкова Е.П. Модели автоматизированных систем управления В СССР в 1950–1980-е гг.// *Гуманитарные науки в Сибири.* 2012. № 4. С. 70-73.
41. Темирбулатова Р.Н. Процесс внедрения автоматизированных систем управления на промышленных предприятиях СССР в 1970-1980-е гг. (на материалах Куйбышевской области) // *Экономические науки.* – 2010. №1 (62). С.157-164.
42. *Техническая энциклопедия. Т.1. / Гл. ред. Л.К. Мартенс. М.: Акционерное общество «Советская энциклопедия, 1927. 440 с.*
43. Трапезников В.А. Управление и научно-технический прогресс. - М.: Наука, 1983. -224 с.
44. Труды Второй Международной конференции «Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР» – SORUCOM-2011. Великий Новгород, 12-16 сентября 2011 г. Отв. ред А.Н. Томилин. Великий Новгород, 2011. 364 с.
45. Фролов К.В. Научно-технический прогресс и современные задачи машиностроения. М.: Общество «Знание» РСФСФ, 1985. – 40 с.
46. Хабибуллин Н.Ф. и др. Автоматизация управления предприятием. Казань: Татарское книжное издательство, 1972. - 238 с.
47. Хронологический указатель важнейших событий в истории отечественной техники [http://astro.websib.ru/sprav/Tex-xron]
48. Чуйкова Е. Ю. Опыт и уроки незавершенных поворотов 1956 и 1965 годов // *Вопросы истории КПСС.* 1988. № 4. С. 74-88.
49. Шкабардня М.С. Автоматизация производственных процессов в народном хозяйстве СССР в XI пятилетке // *Информационный бюллетень «Автоматизация - 83».* - М., 1982.
- Pod red. T.M. Kapel'zona. M.: Gosudarstvennoe slovarno-ehnciklopedicheskoe izdatel'stvo «Sovetskaya ehnciklopediya», 1933. – 1502 stb.. s prilozheniyami.*
36. *Sovetskaya Rossiya. 1986. 29 maya.*
37. *SORUCOM-2006: Razvitie vychislitel'noj tekhniki v Rossii i stranah byvshego SSSR: istoriya i perspektivy: Materialy mezhdunarodnoj konferencii (3-7 iyulya 2006 g.): v 2-h chastyah. Petrozavodsk, 2006. CH. I. 161 s. CH. II. 192 s.*
38. *SORUCOM-2014: Razvitie vychislitel'noj tekhniki i ee programmogo obespecheniya v Rossii i stranah byvshego SSSR: istoriya i perspektivy: Materialy mezhdunarodnoj konferencii (13-17 oktyabrya 2014 g.). Kazan', 2014.- 418 s.*
39. *SSSR v cifrah v 1985 g.: kratkij statisticheskij sbornik / Centr. stat. upr. pri Sovete Ministrov SSSR. M.: Finansy i statistika, 1986. – 252 s.*
40. *Stryukova E.P. Modeli avtomatizirovannyh sistem upravleniya V SSSR v 1950–1980-e gg.// Gumanitarnye nauki v Sibiri. 2012. № 4. S. 70-73.*
41. *Temirbulatova R.N. Process vnedreniya avtomatizirovannyh sistem upravleniya na promyshlennyye predpriyatiyah SSSR v 1970-1980-e gg. (na materialah Kujbyshevskoj oblasti) // EHkonomicheskie nauki. – 2010. №1 (62). S.157-164.*
42. *Tekhnicheskaya ehnciklopediya. T.1. / Gl. red. L.K. Martens. M.: Akcionernoe obshchestvo «Sovetskaya ehnciklopediya, 1927. 440 s.*
43. *Trapeznikov V.A. Upravlenie i nauchno-tekhnicheskij progress. - M.: Nauka, 1983. -224 s.*
44. *Trudy Vtoroj Mezhdunarodnoj konferencii «Razvitie vychislitel'noj tekhniki i ee programmogo obespecheniya v Rossii i stranah byvshego SSSR» – SORUCOM-2011. Velikij Novgorod, 12-16 sentyabrya 2011 g. Otв. red A.N. Tomilin. Velikij Novgorod, 2011. 364 s.*
45. *Frolov K.V. Nauchno-tekhnicheskij progress i sovremennyye zadachi mashinostroeniya. M.: Obshchestvo «Znanie» RSFSF, 1985. – 40 s.*
46. *Habibullin N.F. i dr. Avtomatizaciya upravleniya predpriyatiem. Kazan': Tatarskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1972. - 238 s.*
47. *Hronologicheskij ukazatel' vazhnejshih sobytij v istorii otechestvennoj tekhniki [http://astro.websib.ru/sprav/Tex-xron]*
48. *CHujkova E. YU. Opyt i uroki nezavershennyh povorotov 1956 i 1965 godov // Voprosy istorii KPSS. 1988. № 4. S. 74-88.*
49. *SHkabardnya M.S. Avtomatizaciya proizvodstvennyh processov v narodnom hozyajstve SSSR v XI pyatiletke // Informacionnyj byulleten' «Avtomatizaciya -83». - M., 1982.*
50. *SHokin A.I. EHlektronnaya vychislitel'naya tekhnika i avtomatizaciya proizvodstva /Pravda. 1959. 20 oktyabrya.*
51. *EHkonomicheskaya istoriya SSSR : ocherki/ ruk. avt. koll. L.I. Abalkin. M.: INFRA-M, 2007. - 496 s.*
52. *YUrevich E. I. Vospominaniya politehnika. Na rubezhe XXI veka. SPb. : Izd-vo Politekhn. un-ta, 2015. – 199 s.*
53. *Gomulka S. Slowdown in Soviet Industrial Growth, 1947-1985 Reconsidered // European Economic Review. 1977. Vol. 10. No. 1. P. 37-49.*
54. *Krugman P. The Myth of Asia's Miracle // Foreign Affairs. 1994. November/December. P. 62-78.*
55. *Ofer G. Soviet economic Growth: 1928-1985 // Journal of Economic Literature. 1987. Vol. 25. No.*

50. Шокин А.И. Электронная вычислительная техника и автоматизация производства /Правда. 1959. 20 октября. 4. P. 1767-1833.
51. Экономическая история СССР : очерки/ рук. авт. колл. Л.И. Абалкин. М.: ИНФРА-М, 2007. - 496 с.
52. Юревич Е. И. Воспоминания политехника. На рубеже XXI века. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 199 с .
53. Gomulka S. Slowdown in Soviet Industrial Growth, 1947-1985 Reconsidered // European Economic Review. 1977. Vol. 10. No. 1. P. 37-49.
54. Krugman P. *The Myth of Asia's Miracle* // Foreign Affairs. 1994. November/December. P. 62-78.
55. Ofer G. Soviet economic Growth: 1928-1985 // Journal of Economic Literature. 1987. Vol. 25. No. 4. P. 1767-1833.

Изобретательская деятельность Ю.М. Горского и М.А. Ханина

Парамонова Римма Николаевна, к.и.н.

Самарский университет
Самара, Россия
rimmanic@list.ru

Аннотация: *Статья посвящена проблемам истории инженерно-изобретательской деятельности в СССР в 1950-е – 1970-е годы. На основе заявочных материалов на изобретения, хранящихся в Российском государственном архиве в г. Самаре (РГА в г. Самаре), показана специфика правового регулирования отношений, возникавших в результате создания служебного изобретения сотрудниками академических научно-исследовательских институтов Юрия Михайловича Горского и Михаила Александровича Ханина.*

Ключевые слова: *история советского изобретательства, служебное изобретение, инженерно-изобретательская деятельность.*

История изобретательского дела в нашей стране имеет много блестящих побед, горьких поражений и спорных управленческих решений. Изобретательская деятельность благодаря государственной образовательной политике, пропаганде и агитации, а также деятельности инженеров-энтузиастов, научных коллективов и целой армии общественных организации, приобрела в советское время широкий размах. В послевоенные годы инженерные профессии в СССР стали очень престижными и с материальной точки зрения привлекательными, массовыми, востребованными наукой и производством. Показательным являлся ежегодный рост числа исследователей в СССР. За 1954-1962 гг. их число увеличивалось почти на 25%. За 1963-1975 гг. темпы роста научных сотрудников стабилизировались на 7-8% в год, затем, в 1978 г. снизились до 2,1%. Это объясняется тем, что избыточность научных кадров изначально закладывалась советскими руководителями как резерв на случай термоядерной войны [37, с.206-207]. В конце 1980-х гг. в сфере науки в СССР работали 4,40 млн. человек, в том числе 1,52 млн. научных и преподавательских кадров, включая 542 тыс. докторов и кандидатов наук. На 1 января 1991 г. общее число научных работников по официальным данным составило 1985 тыс. человек. СССР занимал второе место в мире (после США) по научно-техническому потенциалу: в 1990 г. затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) составили 35,2 млрд. руб. (5,0% произведенного национального дохода и 3,5% ВВП). [36, с.371-372].

Основной организационной формой научной деятельности были научно-исследовательские институты (НИИ), созданные при министерствах и ведомствах или входившие в одну из 20 академий во главе с АН СССР. В послевоенное время число НИИ постоянно росло. Например, к уже имевшимся ВЭИ (Всесоюзному экономическому институту им. В. И. Ленина) и ЭНИНу (Энергетическому институту им. Г. М. Кржижановского) добавилось большое количество отраслевых научно-исследовательских учреждений электротехнического профиля: НИИПТ, СибНИИЭ, ВНИИЭМ, ВНИИэлектромаш, ВНИИэлектропривод, ВНИИэлектроэнергетики, ВНИИ источников тока, ВНИИ кабельной промышленности. Кроме того, в вузах крупных городов были открыты новые факультеты электроавтоматики и кибернетики [42, с.3].

Общее число НИИ к концу 1988 г. составило 3250 (вместе с филиалами и отделениями) из 5111 научных учреждений (включая вузы) в СССР [39, с.14]. В условиях «холодной войны» приоритет отдавался техническим наукам, обслуживавшим военно-промышленный комплекс страны. Советские НИИ представляли собой крупные и сверхкрупные научные коллективы, насчитывавших до несколько тысяч ученых и инженеров. В то же время излишняя секретность приводила к дублированию, нерациональному расходованию ресурсов и непрозрачности расходования средств, а неэффективная экономическая система с административно-командной схемой управления – к технологическому отставанию от потенциальных противников СССР [43]. Главный показатель эффективности работы научных учреждений - количество внедренных в производство изобретений и открытий, - был низок: в первой половине 1980-х гг. за рубежом одно зарегистрированное изобретение приходилось в среднем на 5-7 научных работников, а в СССР - на 15-20 научных работников. На одно научное учреждение приходилось от 2 до 4 внедренных в производство изобретений в год. При этом каждое изобретение использовалось в среднем на одном-двух предприятиях, а экономический эффект от них составлял от 4 до 12% средств, отпускаемых государством на науку. Из всех заявленных изобретений авторских свидетельств заслуживала только половина, а в производство внедрялось лишь от 12 до 16% их общего числа. Это было связано с большим числом лиц, не участвовавших в разработке проекта, но числившихся в составе авторов изобретения благодаря служебному положению [28, с.135].

Попытки преодолеть качественный отрыв отечественной науки от хозяйственной практики делались неоднократно, что привело к созданию научно-производственных объединений (НПО), межотраслевых научно-технических комплексов (МНТК) и межотраслевых государственных объединений (МГО), а концу 1980-х гг. - учебно-научно-производственных комплексов (УНПК), реализовавших цепочку «образование – наука – производство» [32].

В СССР сформировалась государственная система защиты интеллектуальной собственности, а во второй половине 1950-х гг. был сделан окончательный выбор в пользу централизованной формы руководства изобретательским делом. Система включала в себя вертикаль управленческих структур во главе с Госкомизобретений-Госпатентом СССР и нормативную базу, увенчавшуюся в конечном итоге специальным всесоюзным законом «Об изобретениях». При Госкомизобретений был создан Всесоюзный НИИ государственной патентной экспертизы (ВНИИНПЭ), который принимал заявки на изобретения, подвергал их научно-технической экспертизе, решал вопрос о выдаче авторских свидетельств на изобретения или дипломов на открытия, регистрировал их в государственных реестрах, производил отбор важных изобретений и рекомендовал их для внедрения в народное хозяйство. В состав ВНИИНПЭ входил контрольный Совет научно-технической экспертизы, который рассматривал жалобы и протесты заявителей на решения, принятые экспертизой. При Госкомизобретений имелся также Всесоюзный НИИ патентной информации и производственно-полиграфическое предприятие «Патент», которые издавали описания изобретений, информационные бюллетени и реферативные сборники по отечественным и зарубежным изобретениям, а также снабжали министерства, ведомства и предприятия копиями описаний изобретений (по их запросам) [41, с.19-21].

Социально-экономическая системы, построенная на принципах многоэтажной иерархии [43], диктовала директивные методы воздействия на производство и науку в целях их интеграции. Так, во второй половине 1960-х гг. вышли партийные директивы, которые предусматривали ускорение научно-технического прогресса, увеличение выпуска продукции и значительное расширение торговли с зарубежными странами патентами и лицензиями. Утверждалось, что время изобретателей-одиночек прошло и подавляющее большинство изобретений, особенно на главных направлениях научно-технического прогресса, создается в коллективах и с помощью коллектива. Ежегодно в СССР подавались десятки тысяч заявок на изобретения, а процент положительных решений Комитета по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР (Госкомизобретений СССР) равнялся в среднем 16-20%. Главная причина такого состояния объяснялась низким качеством подготовительной работы по оформлению заявок. Поэтому указывалось на обязанность предприятий и учреждений помочь изобретателю в своевременном и надлежащем оформлении правоустанавливающего документа [38, с.65, 67, 72]. Кроме того, Госкомизобретений теперь мог направлять рекомендации министерствам. Это происходило в следующей форме. К примеру, в октябре 1968 г. после положительного решения о выдаче авторского свидетельства на изобретение «Термоэлектрический материал р-типа на среднетемпературный интервал использования» заявочные материалы были переданы в Министерство электротехнической промышленности СССР. В соответствии с Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР от 20 мая 1960 г. за № 531 министру настоятельно рекомендовали использовать это изобретение, включив его для разработки и внедрения в план новой техники. О решении с указанием предусмотренных планом мероприятий по разработке, проверке и внедрению изобретения, ответственных исполнителей и сроков выполнения необходимо было сообщить в Госкомизобретений СССР в двухмесячный срок. Если же в результате тщательного рассмотрения было бы установлено, что изобретение не принимается к внедрению, то в опять же Министерство должно было направить в Госкомизобретений СССР технико-экономическое обоснование невозможности использования изобретения и возвратить прилагаемые материалы заявки [13, л.17, 21].

Практически все изобретения в СССР были служебными изобретениями. Они были созданы на предприятиях или в учреждениях в связи с выполнением служебного задания, сделанные в процессе научных исследований или в рамках выполнения проектных, конструкторских, технологических работ, реализации планов по новой технике. Не имело значения, включена ли соответствующая задача в план разработки по инициативе автора или организации, либо возникла в процессе выполнения плана. Для признания изобретения служебным было важно, чтобы необходимость решения вытекала из запланированной деятельности организации, была ею предопределена либо связана с нею [41, с.41]. Формально (юридически) предусматривались две формы правовой охраны изобретений: авторское свидетельство и патент. При выдаче авторского свидетельства и дополнительного авторского свидетельства (которое выдавалось за усовершенствование основного, охраняемого свидетельством или патентом) исключительное право на изобретение закреплялось за государством как особым субъектом изобретательского права. Иностранные фирмы и граждане, допущенные к осуществлению хозяйственной деятельности на территории СССР, а также резиденты, занимавшиеся промыслом (то есть кустари), не имели права без получения лицензии использовать в своей деятельности изобретения, на которые были выданы авторские свидетельства, в течение 15 лет со дня подачи заявки на изобретение. При выдаче патента на изобретение, в том числе дополнительного патента, исключительное право закреплялось за его обладателем [31, с.35]. Однако на практике советские граждане получали, как правило, только авторские свидетельства (с правом получения денежного вознаграждения), что в то время объяснялось «высокой

степенью сознания» советского изобретателя, его «готовностью передать в распоряжение государства для общего блага результат своего творческого труда». Считалось, что советское государство, выдавая авторское свидетельство, брало на себя бремя реализации изобретения «с учетом целесообразности его внедрения». Все «социалистические организации могли применять изобретение, на которое выдано авторское свидетельство, без специального разрешения». На практике оказывалось, что советское государство получало на 15 лет право распоряжаться судьбой изобретения: передать его социалистическим или развивающимся странам, запатентовать за границей или заключать лицензионные договоры с иностранными фирмами и государствами [41, с.42-43]. В целом, число изобретений, на которые были выданы авторские свидетельства в СССР, составило около двух миллионов, и этим огромным фондом широко пользуются в наши дни создатели новых технических решений и разработчики новейших технологий [40].

История отечественного изобретательства базируется не только на массиве политико-правовых документов, статистике или отчетной документации НИИ, но включает также в себя творческие биографии советских инженеров-изобретателей. В настоящей работе делается попытка на основе заявочных материалов на получение авторских свидетельств на изобретения двух сотрудников двух разных НИИ, инженеров, специалистов в области вычислительной техники Юрия Михайловича Горского и Михаила Александровича Ханина показать особенности и проблемы истории инженерно-изобретательской деятельности в СССР в 1950-е – 1970-е гг.

Биографическая справка. Юрий Михайлович Горский (1926-2004) был одним из организаторов и руководителей экспериментальных исследований динамических процессов в электроэнергетических системах (ЭЭС), которые проводились в Сибирском энергетическом институте (СЭИ) Сибирского отделения Академии наук СССР (г. Иркутск). Для проведения этих исследований там была создана уникальная экспериментальная установка – цифро-аналого-физический комплекс, включавший электродинамическую модель ЭЭС. [29, с.29]. В Иркутск Ю.М. Горский прибыл в 1963 г., закончив в Московском энергетическом институте (МЭИ) аспирантуру и защитив кандидатскую диссертацию. В 1965 г. он возглавил созданную «под него» лабораторию прикладной кибернетики, а в 1976 г. – отдел системного анализа и средств управления системами энергетики. В 1979 г. Юрий Михайлович защитил докторскую диссертацию на тему: «Развитие управления электроэнергетическими системами на базе новых информационных методов и средств»; в 1993 г. – был избран членом-корреспондентом, а в 1994 г. – действительным членом Международной академии информатизации. За 35 лет работы в СЭИ Ю.М. Горский проявил себя как человек разносторонних научных интересов. Он остался в истории как основатель гомеостатики – нового синтетического научного направления, включающего в себя элементы теории информации, информатики, общей теории систем, кибернетики, с приложением их к медицине, экономике, социальным проблемам и другим сферам человеческой деятельности [30, с.277-278, 283].

Биографическая справка. Михаил Александрович Ханин (1927 г.р.) после окончания Московского инженерно-физического института начал в 1949 г. свою рабочую и научную деятельность в г. Новоуральске Свердловской области, в Центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ) Уральского электрохимического комбината – одного из крупнейших в мире предприятий по производству обогащенного урана для атомной энергетики. ЦЗЛ выполняла функции многоотраслевого института с очень разнообразной исследовательской тематикой [27, с.100, 111]. М.А. Ханин 13 лет проработал в РТЛ – расчетно-теоретическом секторе (позже – лаборатории) в составе ЦЗЛ, пройдя путь от старшего лаборанта, м.н.с., с.н.с – до начальника лаборатории, защитив за это же время кандидатскую и докторскую диссертации. Здесь Михаилом Александровичем была разработана теория и методика расчета нестационарных процессов, на основе которых коллектив РТЛ во главе с Б.В. Жигаловским выполнил расчетные работы по улучшению разделительных свойств пористых фильтров – основного элемента газодиффузионных машин. Реконструкция диффузионных заводов путем установки фильтров, разработанных и произведенных на Комбинате, позволила отказаться от строительства в стране дополнительных предприятий, что дало колоссальную экономию средств. В 1960 г. Б.В. Жигаловский и М.А. Ханин стали лауреатами Ленинской премии [27, с.80-81, 112, 344]. Дальнейшая судьба Михаила Александровича также была связана со сферой энергетики: в 1962-1965 гг. он, д.т.н., возглавлял расчетно-теоретический отдел в Подольском НИИ тепловыделяющих элементов (в настоящее время – ФГУП «НИИ НПО «ЛУЧ») [35]; 1968-1973 г. – был начальником отдела во Всесоюзном НИИ источников тока (ныне – АО «НПП Квант»). С 1968 г. он стал профессором сначала Всесоюзного заочного машиностроительного института (сегодня это Московский технологический университет), а затем – кафедры физики Московского авиационного технологического института имени К.Э. Циолковского (с 2015 г. МАТИ прекратил свое существование), где отвечал за такое научное направление как «моделирование искусственного кровообращения» [33]. В 2000-2011 гг. М.А. Ханин заведовал Лабораторией математического моделирования физиологических процессов в Центре теоретических проблем физико-химической фармакологии РАН. Последнее упоминание в публичных источниках его имени относится к 14 января 2011 г. [44; 45].

В Российском государственном архиве в г. Самаре, в фонде Комитета РФ по патентам и товарным знакам и его предшественников, автором выявлено 35 дел с заявочными материалами, которые один или в

соавторстве подавал Ю.М. Горский, и 27 дел, где одним из авторов был М.А. Ханин. Анализ этих архивных материалов и опубликованных исторических источников позволяет утверждать следующее.

М.А. Ханин еще студентом машиностроительного института был приобщен к изобретательской деятельности своими отцом Александром Григорьевичем и братом Григорием Александровичем, которые были конструкторами на Уральском танковом заводе № 183 (г. Н. Тагил Свердловской обл.). Здесь вместе они впервые выступили соавторами изобретения «Универсальный многоколесный и колесно-гусеничный движитель». Заявка на это изобретение была зарегистрирована в бюро изобретательства НКВД 25 февраля 1944 г., а уже в июле того же года было принято решение о выдаче авторского свидетельства в следующей редакции предмета изобретения: «Моторная повозка, снабженная колесами и гусеницами, из которых все колеса выполнены ведущими, а опорные поверхности гусеничных лент расположены выше опорной поверхности колес...» [24, л. 1-4, 19].

Ю.М. Горский начал свою изобретательскую деятельность, будучи дипломированным специалистом, инженером Отдела научно-исследовательских работ Московского энергетического института (МЭИ). 23 февраля 1951 г. [3, л.1] он предложил дистанционное (из кабины управления) заклинивание сателлитов дифференциала или выключение дифференциала на время преодоления автомобилем опасного участка дорог. Однако в предложенном «противобуксующем устройстве» эксперты не нашли новизны [3, л.7-8]. Всего до переезда в Сибирь, Юрий Михайлович подал 23 заявки на предполагаемые изобретения, 11 из них были подтверждены авторскими свидетельствами; опубликованные описания этих изобретений можно найти на сайте «База патентов СССР» [26]. Как правило, его разработки относились к области релейной защиты и автоматики электроэнергетических систем: «Релейное устройство для ресинхронизации синхронного генератора» [1, л.1], «Схема промежуточного отбора мощности от высоковольтных линий передач» [5, л.1], «Электронно-лучевое реле с n устойчивыми состояниями» [6, л.1], «Импульсное устройство на транзисторах для регистрации крутящего момента гидро- и турбогенераторов и запуска схем защиты и автоматики» [8, л.1] и другие. Но параллельно он занимался и проблемами автоматизации автомобильных двигателей внутреннего сгорания. Так, в марте 1958 г. в соавторстве с В.В. Титовым он подает заявку на получение авторского свидетельства на изобретение «Транзисторное устройство для измерения и регистрации угла опережения зажигания или угла впрыска топлива в двигателях внутреннего сгорания и снятия диаграмм фаз газораспределения». Отдел машиностроения Госкомизобретений СССР принял отрицательное решение из-за невозможности провести качественную экспертизу заявки: НИИ двигателей не занимался электрическими приборами, а эксперт НАМИ (Научно-исследовательского автомобильного и автомоторного института) указал на то, что выбор между известными ламповыми схемами и предложенной схемой (на полупроводниках) должен быть сделан на основе результатов сравнительных испытаний построенных образцов [7, л.1, 18, 20, 27].

Заявочные материалы отражают изменение статуса изобретателя и продвижение по службе. Так, осенью 1956 г. Ю.М. Горский стал начальником лаборатории физического моделирования электрических систем МЭИ [4, л.1]; с осени 1960 г. до весны 1962 г. - являлся аспирантом и старшим инженером МЭИ [2, л.1; 10, л.1; 11, л.1]; в мае 1962 г. – стал ассистентом [12, л.1]. В ноябре 1965 г. он уже был кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником Энергетического института Сибирского отделения АН СССР (СЭИ), руководителем лаборатории [14, л.1].

Нужно отметить «боевой настрой» Юрия Михайловича Горского, его стремление защитить изобретение свое или своего коллектива. Это качество проявилось в нем, когда он был еще аспирантом. Так, в 1961-1962 гг. ему удалось убедить экспертов в своей правоте и получить авторское свидетельство на изобретение «Дискретная приставка к аналоговой вычислительной машине непрерывного действия». Ему пришлось преодолевать «объединенную оппозицию» технических управлений различных ведомств, которые утверждали, что предлагаемая заявителем блок-схема дискретной приставки может быть рассмотрена как один из рабочих вариантов подобных устройств, как рутинное инженерное решение, не имевшее изобретательского уровня. В очередном возражении начальнику отдела радиотехники, приборостроения и средств автоматики Госкомизобретений, автор отмечал, что «предлагаемая дискретная приставка предназначается для специализации стандартных аналоговых вычислительных машин применительно к задачам исследования электрических систем». Что в заявке предложены устройства для осуществления независимого перемножения и получения нелинейных функций (от одной переменной) по нескольким каналам и получения одной функции от двух переменных. Что отметить новизну этих устройств только потому, что в литературе известны другие способы получения нелинейных зависимостей с помощью электронно-лучевых коммутаторов, представляется необоснованным. Поэтому автор вежливо потребовал: экспертам или нужно на конкретных материалах показать, что аналогичные разработки применительно к тем же задачам были выполнены, или вынести решение о выдаче авторского свидетельства. Противостояние продолжалось, и тогда Ю.М. Горский обратился к заместителю председателя Госкомизобретений СССР с ... поддержкой его критических замечаний, высказанных в газете «Известия» в отношении работы Комитета, отбивавшей всякое желание изобретателям подавать заявки. В дополнение была приложена статья из сборника докладов межвузовской конференции в МЭИ «Специализация аналоговых вычислительных машин с помощью дискретных приставок». В Письме указывалось, что участники конференции поддержали идею развертывания работ по созданию дискретных приставок с использованием специальных электронно-

лучевых коммутаторов. В результате в течение 2 месяцев заявка успешно прошла все инстанции, описание изобретения было опубликовано в Бюллетене изобретений и товарных знаков № 19 за 1963 г., авторское свидетельство было получено [9, л.1, 18-19, 27об, 28-30, 40, 54, 62].

Все заявки, подаваемые от имени СЭИ, предварительно обсуждались на предмет полезности на заседаниях секций научно-технического совета СЭИ, и протокол обсуждения сопровождал заявочные материалы в Госкомизобретений СССР. Например, в конце 1971 г. по такой отработанной схеме проходила подготовка заявки на изобретение «Способ автоматического определения факта и места повреждения в трубопроводных системах», созданного сотрудниками института Ю.М. Горским и Н.И. Горской в служебном порядке. Заявка обсуждалась на научном семинаре лаборатории моделирования гидравлических и трубопроводных систем СЭИ. В заключении о полезности предполагаемого изобретения отмечалось, что предложенный способ позволял выявить повреждения в процессе эксплуатации сложных трубопроводных систем, наполненных газом или паром, на основе предварительного изучения конкретной сети. Он сравнительно просто мог быть реализован посредством специализированного устройства распознавания, пристыкуемого с новой аппаратурой на диспетчерских пунктах тепловой сети (опыт ДП третьего района г. Москвы). Для проверки основных положений, заложенных в данном способе, была проведена серия расчетов на ЭЦВМ БЭСМ-4. Было просчитано более 100 вариантов различных аварийных и эксплуатационных режимов для сложных сетей теплоснабжения, эксплуатируемых по обезличенной и секционированной схеме. Расчеты показали, что повреждение (аварийный выход) любого участка сети является возмущающим действием, которое приводит к ощутимым изменениям давления. Причем, давление наиболее резко понижается в узлах, ограничивающих аварийный участок. И величина снижения давления зависит от величины потерь на участке и возрастает с возрастанием величины потерь. Все эти расчеты легли в основу акта о результатах проверки предлагаемого способа. Как и ожидалось, с первого раза пройти экспертизу не удалось, к тому же почему-то Госкомизобретений СССР для определения полезности и новизны отправил материалы не по назначению, в СКБ «Транснефтеавтоматика». Несогласие авторов и организации-заявителя с выводами эксперта потребовало составления дополнительных разъяснений и указаний на то, что работы по внедрению предлагаемого способа уже начаты в теплосети «Мосэнерго». Наконец, с третьей попытки заявка была рассмотрена, и в январе 1973 г. Отдел строительства ВНИИГПЭ решил признать предложенное решение технической задачи изобретением и выдать авторское свидетельство на изобретение «Способ определения места повреждения в трубопроводных системах» [25, л.1, 5, 17-19, 23, 27-28, 37, 42-42об].

Показательным является еще одно архивное дело, в котором отразились болезненные точки нашего общества. Так, в 1970-е гг. Ю.М. Горский принимал активное участие в международных проектах: в советско-канадском исследовательском проекте «ДАРЕС» (по разработке микропроцессорного цифрового адаптивного регулятора возбуждения для мощных синхронных машин); в цикле совместных советско-чехословацких исследований по определению колебаний частоты и обменной мощности объединенной энергосистемы «МИР» стран-членов СЭВ [29, с.278-279].

Следующим шагом проведенных исследований стала подача в декабре 1977 г. совместная с ЧССР (Ю.М. Горский, В.М. Попов и Индржих Йозефус - заведующий лабораторией НИИ энергетики Чехословакии, г. Прага) заявки на изобретение: «Способ двухуровневой поисковой самонастройки». Это предполагаемое изобретение являлось логическим развитием предложения, уже признанного изобретением в 1974 г. (авторское свидетельство № 455319). Предлагаемое изобретение было, кроме того, реализовано в устройстве, переданном по лицензионному соглашению от 11.05.1975 г. между СССР и ЧССР Государственному энергетическому институту Чехословакии. Совместная заявка, как полагается, была подана в СССР и в ЧССР. На заявку, поданную в ЧССР уже 27.12.1978 г. было получено решение о выдаче авторского свидетельства за № 190818. «А мы, - писали авторы в ноябре 1980 г., - за это время накопили солидную папку, посвященную переписке с Отделом автоматики и вычислительной техники ВНИИГПЭ. Экспертиза ВНИИГПЭ не пытается понять сути предложения и упорно противопоставляет нашему предложению прототип, не имеющий ничего общего с нашим предложением. Мы несколько раз разъясняли свою точку зрения экспертизе ВНИИГПЭ, но все было безрезультатно. Обращались непосредственно в Госкомизобретений СССР, но наше письмо оказалось просто переадресованным все тому же эксперту. Вполне возможно, что видя такое формальное отношение к заявкам, мы бы перестали, как подавать, так и отстаивать эти заявки, но нам стыдно перед нашими чехословацкими коллегами. И, кроме того, мы понимаем, что такими действиями наносится ущерб интересам государства. Поэтому мы еще раз попытались найти правду: мы собрали всю нашу переписку и направили ее в Контрольный Совет... Может возникнуть вопрос, что это частный случай, но вот нами с чехословацкими коллегами подана вторая заявка от 13.11.1979 г. и все повторяется сначала! Думаем, что наш пример должен привлечь внимание к тем внутренним препятствиям, которые искусственно создаются на пути международного сотрудничества» [23, л.61-62]. Согласно протоколу заседания коллегии Контрольного совета научно-технической экспертизы Госкомизобретений СССР от 6 августа 1981 г., доводы экспертизы не порочили новизны заявленного предложения. Поэтому было решено провести дополнительную экспертизу. По ходу авторам были выставлены претензии по новизне в связи с выходом книги К. Райниша «Кибернетические основы и описание непрерывных систем» (М.: Наука, 1979) с известным техническим решением, содержащим

совокупность существенных признаков, аналогичную предлагаемой заявителями. Авторы-заявители обозначили этот шаг Контрольного совета как некорректный, и тут же потребовали переноса следующего заседания на более поздний срок, чтобы успеть подготовиться («Мы же ждали решения нашего вопроса 4 года!»). Коллегия Контрольного совета, 11 марта 1982 г. приняла решение об отказе в выдаче авторского свидетельства на изобретение «Способ двухуровневой поисковой самонастройки», так как он не содержал отличий от способа, описанного в книге под редакцией В.В. Солодовникова «Техническая кибернетика» (М.: Машиностроение, 1969). 8 апреля 1982 г. Контрольный совет утвердил это свое решение [23, л.68-69, 72-72об, 73-76].

Таким образом, максимум изобретательской активности Ю.М. Горского (46% его заявок на предполагаемые изобретения) пришлось на 1956-1962 гг., когда у него появилась возможность и возникла необходимость заниматься прикладными исследованиями в связи с подготовкой к защите кандидатской диссертации и стремительным «карьерным ростом». Это совпало с завершением становления научных школ в МЭИ, в частности - школ вычислительной и измерительной техники [34]. В 1970-е гг. к Ю.М. Горскому пришли слава и признание заслуг: в 1975 г. он получил золотую медаль ВДНХ, в 1977 г. - премии АН СССР и АН ЧССР. Его изобретательская деятельность не прекратилась, она вышла на новый уровень. Теперь отделом под его руководством решались ответственные задачи международного масштаба [29, с.155, 159].

У М.А. Ханина пик изобретательской активности (78% заявок на изобретения) уложился в 3-летний период, с 1966 по 1968 гг. Это было время бурного развития термоэлектрического приборостроения, и ВНИИ источников тока (ВНИИТ) активно занимался разработкой энергосистем и источников электропитания для ракетно-космической техники. Подаваемые в Госкомизобретений СССР заявки содержали, как правило, результаты опытного производства, которое велось на предприятии при ВНИИТ. В большинстве случаев собственно это предприятие выступало заявителем на авторское свидетельство на изобретение. Надо сказать, что исследованиями в области получения термоэлектрических материалов с заранее заданными свойствами, а также совершенствованием принципов конструирования и методики расчета многочисленных термоэлектрических приборов и устройств в это время занималось достаточно много институтов, конструкторских бюро и предприятий.

К сожалению, в данных заявочных материалах не сохранилось сведений о том, что именно каждый из соавторов внес в конкретное изобретение. Михаил Александрович был одним из 6-7 соавторов (иногда из 9-11), поэтому можно лишь предполагать, что он отвечал за расчетно-теоретические работы по исследовательским темам. Из 25 заявок на изобретения в области термоэлементов, в которых М.А. Ханин входил в группу соавторов, в 10 случаях были получены авторские свидетельства на изобретения (описания 4 из них были опубликованы в открытом доступе). Например, в июле 1967 г. группой из 7 соавторов был заявлен в качестве предполагаемого изобретения новый способ изготовления электроконтакта для термоэлектрического устройства. Повысить механическую прочность термоэлементов и уменьшить потери мощности на коммутации позволило применение в качестве коммутационного подслоя механической смеси (вольфрам-теллурид олова или вольфрам-теллурид свинца) [17, л.6, 10об]. Еще один пример. В ноябре 1968 г. был предложен новый состав электронного теллурида свинца, легированный лантаном, который превосходил известный теллурид свинца, легированный йодом, по прочности в 1,5 раза и по пластичности в 5 раз. Предложенный материал для термоэлементов был признан изобретением [19, л.12].

М.А. Ханин участвовал в разработках, направленных также на создание новых покрытий, обеспечивающих защиту термоэлемента от сублимации и уменьшение шунтирования за счет лучшего сцепления с материалом термоэлемента и более надежной герметизации. Одним из успешных примеров может служить авторское свидетельство № 221095 на термоэлемент, полученный группой изобретателей из 8 человек в октябре 1968 г. Предметом изобретения стал термоэлемент, покрытый тонкой пленкой полупроводниковых и интерметаллических соединений [16, л.4]. По другой подобной заявке на предполагаемое изобретение (способ припрессовки слоя защитного материала поверхности термоэлемента в процессе горячего прессования заготовки термоэлемента, сбрикетированной при комнатной температуре и покрытой пастой из порошка защитного материала, разведенного в органическом связующем) был получен отказ в выдаче авторского свидетельства из-за отсутствия новизны предложения [15, л.5]. Не было поддержано и предложение способа изготовления термобатареи, когда прокладки из слюды впрессовываются как между полуветвями, так и между термоэлементами в процессе холодного брикетирования [18, л.7].

Значительное место в изобретательской деятельности М.А. Ханина и его коллег принадлежало решению задачи уменьшения погрешностей и увеличения рабочего ресурса устройств для определения термоэлектрических характеристик. Первая попытка получить авторское свидетельство на изобретение «Устройство для измерения теплопроводности материалов в диапазоне температур -50 +800°C» была предпринята коллективом из 6 человек 11 февраля 1969 г. [20]. Вторая и тоже безуспешная («Устройство для температурной зависимости коэффициентов термоэдс и теплопроводности термоэлектрических материалов») – 21 апреля 1969 г. [21]. Лишь с третьей попытки (заявка подана 15 марта 1971 г.) авторам удалось отстоять право на получение авторского свидетельства на изобретение № 349958 «Устройство для определения термоэлектрических характеристик» [22].

В целом, в творческих судьбах Ю.М. Горского и М.А. Ханина было много общего. Они были почти ровесниками; прошли путь от младших научных сотрудников до начальников подразделений в научных учреждениях, защитив кандидатские и докторские диссертации в области технических наук. На определенном жизненном этапе каждый из них попытался распространить свои знания и умения на нетехнические системы. В данном исследовании были учтены лишь факты их публичной деятельности, причем, те, которые не скрыты под грифом «секретно», и почти не затронутыми оказались элементы частной жизни.

Литература

1. Российский государственный архив в г. Самаре (далее – РГА в г. Самаре). Ф. Р-1. Оп.67-5. Д.109.
2. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп. 79-5. Д.538.
3. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.128. Д. 1047.
4. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.140-5. Д.1190.
5. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.140-5. Д.1761.
6. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.145-5. Д.959.
7. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.153-5. Д.455.
8. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.153-5. Д.1509.
9. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.197-5. Д.1192.
10. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.207-5. Д.983.
11. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.222-5. Д.35.
12. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.223-5. Д.1114.
13. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.240-5. Д.885.
14. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.297-5. Д.27.
15. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.302-5. Д.1760.
16. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.302-5. Д.1869.
17. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.315-5. Д.1644.
18. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.323-5. Д.537.
19. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.354-5. Д.1251.
20. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.357-5. Д.162.
21. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.360-5. Д.866.
22. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.385-5. Д.94.
23. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.415-5. Д.113.
24. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.415-5. Д.833.
25. РГА в г. Самаре. Ф. Р-1. Оп.441-5. Д.894.
26. Авторские свидетельства №№ 109918, 108339, 112794, 120253, 120593, 134070, 135946, 143869, 144625, 149473, 157802 // База патентов СССР. – [Электронный ресурс]: <http://patents.su/>.
27. Артемов Е.Т., Бедель А.Э. Укрощение урана. Екатеринбург: Изд-во ООО «СВ-96», 1999. – 352 с.
28. Бокарев Ю.П. СССР и становление постиндустриального общества на Западе, 1970-1980-е годы. М.: Наука, 2007. – 381 с.
29. Вехи полувекового пути. Книга 1. К научной истории института. Иркутск: ИСЭМ, 2010. – 190 с.
30. Вехи полувекового пути. Книга 2. Воспоминания и размышления. Иркутск: ИСЭМ, 2010. – 468 с.
31. Гордов О.А. Право промышленной собственности: Учебник. М.: Статут, 2011. – 942с.
32. Досужева Е.Е., Лямзин О.Л. Проблемы модернизации и перехода к инновационной экономике // Проблемы современной экономики. 2011. № 3 (39).
33. История кафедры «физика» МАТИ-РГТУ им. К.Э. Циолковского. - [Электронный ресурс]: <http://physics.mati.ru/obshhie-svedeniya/istoriya-kafedry>
34. К 1958 г. в МЭИ оформились научные школы по специальностям управления, вычислительной техники и измерительной техники, активно работали кафедры Автоматики и телемеханики (ныне Управление и информатики, УиИ), Вычислительной техники (ВТ) и Электрического приборостроения (в настоящее время Информационно-измерительной техники, ИИТ). [Электронный ресурс]: <http://avti.mpei.ru/institut>
35. История предприятия: НПО «Луч». - [Электронный ресурс]: <http://archive.li/TdAeG>.
36. Кудров В.М. Мировая экономика: Учебник. М., 2009. - 512 с.
37. Лихтенштейн В.М. Советская наука как исторический феномен // Экономическая история СССР: очерки. М.: ИНФРА-М, 2007. С. 195-220.
38. Меерзон С.И. Некоторые вопросы совершенствования правового регулирования изобретательства // Правоведение. 1967. № 1. С. 65-73.
39. Научно-технический прогресс в СССР: Статистический сборник. М.: Финансы и статистика, 1990.
40. Основы инженерно-изобретательской деятельности: Учеб. пособие/В.А. Соломин; Рост. гос. ун-т путей сообщения. Ростов н/Д, 2000. - 96 с.
41. Патентование: Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 1984. – 352 с.
42. Развитие электротехники и энергетики в советских социалистических республиках // Электричество. 1982. № 12. С. 1-21.
43. Салтыков Б.Г. Реформирование российской науки: анализ и перспективы // Отечественные записки. 2002. № 7 (8). - [Электронный ресурс]: <http://www.strana-oz.ru/2002/7/reformirovanie-rossiyskoy-nauki-analiz-i-perspektivy>.
44. Ханин Михаил Александрович: Краткая биография. - [Электронный ресурс] <http://bibliom.ru/uchenye-gorodov/novouralsk/xanin-mixail-aleksandrovich>; <https://www.rujen.ru>.
45. Цифровая пилюля и уравнения иммунитета. - [Электронный ресурс] <http://www.i-russia.ru/all/articles/2726/>.

История создания аппаратно-программных систем криптографической защиты информации на кафедре ЭВМ Казанского авиационного института

Валерий Андреевич Песошин, д.т.н.
Валерий Михайлович Кузнецов, д.т.н.
Вячеслав Михайлович Захаров, д.т.н.

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева-КАИ
Казань, Россия
pesoshin-kai@mail.ru

The History of Creation of Hardware-Software Systems for Cryptographic Protection of Information on the Department of Computers at Kazan Aviation Institute

Ключевые слова: криптографическая защита информации, генераторы случайных и псевдослучайных последовательностей, нелинейные генераторы псевдослучайных последовательностей

Введение. Важность информационного фактора, начиная с оборонного сектора, затем в гражданских областях, отличающихся насыщенностью элементами коммуникаций, в существенной степени возрастала по мере развития средств вычислительной техники и систем связи. Актуальность работ по защите информации претерпела взрывообразный скачок в связи со становлением и бурным развитием интернета в 70 – 80-е годы прошедшего века.

Несмотря на сложности экономического развития страны в целом, осознанность понятия информационной безопасности для Татарстана была очевидна. Работы по защите информации приняли в республике приоритетный характер, прежде всего для деятельности банковской структуры, правительственной связи, электронных форм почтовой связи, в сфере оказания государственных услуг, медицины, логистики и многих других секторов инфраструктуры региональной экономики. В ряде направлений этой деятельности Татарстан занял лидирующие позиции.

С 1970 года в Казанском авиационном институте (КАИ), Казанском государственном университете (КГУ) и Казанском научно-исследовательском институте радиоэлектроники (КНИИРЭ) развернулись работы по программной имитации и физическому моделированию структурно сложных сигналов в форме случайных и псевдослучайных последовательностей. Вначале разработки и исследования основывались на широко известных методах построения и анализа генераторов псевдослучайных последовательностей (ГПСП) линейного типа. Решение схемотехнических задач по генераторам случайных последовательностей (ГСЧ) также предполагало традиционные подходы с использованием отдельных источников шума. Затем наметились новые алгоритмические и технические решения генераторов, дающие заметные преимущества в ряде практических приложений [1–8].

Работы проводились по госбюджетным и хоздоговорным заказам в рамках следующих организационных форм:

- комплексный договор с НИИ вычислительных систем(ВС) Казанского НПО ВС.Тема: «Исследование и разработка специализированных процессоров ЭВМ (Ряд 2 и Ряд 3) для сети ЭВМ». Приказом Минвуза СССР № 1238 от 29.12.81 г. данная тематика входила в координационный план НИР вузов Минвуза СССР в области вычислительной техники;
- конкурсная тема РАН: «Методы и средства криптографической защиты информации от несанкционированного использования в ПЭВМ и ЛВС»;
- хозяйственный договор с ассоциацией «Татинформ» по защите информации в объектах информатизации правоохранительных органов РТ;
- программа НИР АН РТ в разделе «Построение криптосистемы на основе генераторов нелинейных псевдослучайных и случайных последовательностей»;
- Межвузовская программа: «Методы и технические средства обеспечения информационной безопасности».

Развитию тематики в значительной степени способствовало проведение в соответствии с планами конференций и совещаний Мивуза СССР и Научного совет АН СССР по комплексной проблеме «Кибернетика» III Всесоюзного симпозиума по вероятностным автоматам и их приложениям (Казань, 1983), который был организован КАИ и КГУ. Материалы опубликованы в [9].

С 1990 года на основе полученных результатов КАИ совместно с КНИИРЭ и АН РТ продолжили разработки и внедрения программных и аппаратно-программных систем криптографической защиты информации (КЗИ) для компьютерных сетей.

Этапы развития работ кафедры по защите информации. Краткий перечень решаемых задач соотнесем с временными отсчетами истории развития основ информационной безопасности как для кафедры, так и для заинтересованных организаций.

1990 год. Ведется НИР по разработке высокоскоростного генератора случайных чисел (ГСЧ) для систем криптографической защиты информации персональных ЭВМ(ПЭВМ). Результаты рассматриваются на Всесоюзном научно-техническом семинаре «Сетевая обработка информации» (Москва) и республиканской научно-практической конференции «Проблемы разработки и внедрения микромодульных систем в ЭВМ» (Казань) [10, 11].

1991 год. Разрабатывается система защиты ПЭВМ «КРИПТОСТАТ-30» с оригинальным поточным криптоалгоритмом на основе аддитивных методов обработки числовых потоков, формируемых генератором нелинейных псевдослучайных последовательностей. Практические разработки систем внедряются в НИИВС (Казань). В целом результаты НИР и ОКР представляются на научно-техническом семинаре «Аппаратные средства защиты информации и статистического моделирования в персональных ЭВМ» (Казань) и научно-технической конференции Казанского научного центра РАН [12].

1992-1993 годы. Продолжается развиваться приоритетное направление «Разработка научных основ создания интеллектуальных информационных, в том числе криптозащищенных, систем объединения данных разнородных информационных датчиков (сосредоточенных и распределенных в пространстве)» по двум темам: «Нетрадиционные методы формирования случайных сигналов и их микроэлектронная реализация» и «Аппаратно-программные средства защиты информации в ПЭВМ». В рамках этих тем разрабатываются системы КЗИ "КРИСТАЛЛ" для ПЭВМ и локальных вычислительных сетей. В качестве одного из вариантов системы представляется ее модернизация в виде комплекса «ГРАНИТ». Новизна решения заключается в оригинальной ключевой системе и реализации ГСЧ на микропроцессорной платформе.

Полученные теоретические результаты доводятся до практических разработок в виде платы к ПЭВМ для генерирования случайных и псевдослучайных чисел и платы с аппаратной реализацией алгоритмов защиты информации от несанкционированного использования. Решается вопрос о модернизации этой платы и ее серийного выпуска по договору с инженерно-внедренческим центром (ИВЦ) «ТЕЛЕСОФТ». Модернизированная система «КРИПТОСТАТ-30 М» внедряется в НИИ «Квант» (Москва) и Казанском Филиале Института Проблем Информатики (КФ ИПИ) РАН.

Значительный объем работ проводится с ассоциацией «Татинформ» по защите информации для правоохранительных органов (МВД и КГБ). Разработки проводятся совместно с КНИИРЭ, которым руководит академик Чабдаров Ш.М. Изготавливаются и поставляются заказчику через «Татинформ» 12 плат систем КЗИ. Их внедрение в реальные объекты осуществляется совместно с ИВЦ «ТЕЛЕСОФТ». Совместно с КНИИРЭ разрабатывается система защиты «КАИР» с высокостойким блочным криптоалгоритмом, основанным на ключе длиной 256 бит. Планируется при условии обеспечения финансирования на 1994 год изготовление и установка 50 плат на конкретные объекты, требующие повышенные степени стойкости защиты информации.

Результаты работ по КЗИ представляются на выставке «Конверсия научно-технического потенциала вузов», обсуждаются на научно-техническом семинаре по защите информации Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы защиты информации в системе высшей школы» (Обнинск, 1993 г.). Результаты работы публикуются в [13–15].

Подготавливаются документы на создание совместного научно-исследовательского центра (СНИЦ) «Информатика и вычислительная техника» АН Татарстан, КГТУ им. А.Н. Туполева, НИИ ВС и «Научного центра нейрокомпьютеров» РАН, ориентированного на решение задач информационной безопасности.

1994 год. Проводятся работы по системам КЗИ на основе генераторов нелинейных последовательностей. Рассматриваются проблемы защиты информации в ИВС и внедряется концепция защиты баз данных в ПЭВМ на базе криптоустройств «ГРАНИТ» и «КАИР» в Кубинбанке (Краснодар), Региональном Центре Информатизации (РЦИ) НБ РТ, системе правоохранительных органов РТ. Результаты докладываются на Международной научно-технической конференции «Развитие и применение открытых систем» (Казань) и публикуются в [16–22].

1995 год. Разрабатывается вариант системы КЗИ «ГРАНИТ» на БМК.В рамках СНИЦ осуществляются работы по системе криптографической защиты информации на основе генераторов нелинейных последовательностей. Анализ свойств разработанных образцов проводится в КНИИРЭ по утвержденным методикам для изделий систем связи с особо высокой степенью защиты. Полученные заключения свидетельствуют о соответствии этих разработок требованиям, предъявляемым к средствам специального назначения. Также устанавливается, что быстрдействие и защищенность информации с использованием разработанной аппаратуры находятся на уровне лучших мировых образцов. Это позволяет с

успехом применять их для защиты конфиденциальной информации в компьютерных и кабельных сетях банковской и коммерческой связи гражданского назначения.

1996 год. Рассматривается индивидуальное средство защиты информации в ПЭВМ, моделируются его функционирование и типичные условия использования. Разрабатываются функциональная, принципиальная схемы и программная модель функционирования средств индивидуальной защиты информации в ПЭВМ. Результаты работы докладываются на научно-практической конференции по актуальным вопросам вычислительной техники (Казань).

1997 год. Продолжаются работы по авторской защите информации в ПЭВМ. При кафедре ЭВМ в структуре КГТУ им. А.Н. Туполева (КАИ) создается Региональный учебно-научный центр Поволжья по информационной безопасности (РУНЦ ИБ). Открывается для студентов новая специальность 220600 «Организация и технология защиты информации». Совокупность полученных результатов апробируется на международной конференции, выставке «Безопасность информации - 97», юбилейной научной, научно-методической конференции КГТУ им. А.Н. Туполева (Казань, 1997 г.) и публикуются в [23-26].

1998 – 1999 годы. В продолжающейся теме авторской защиты информации в ПЭВМ прорабатывается схемотехническая идея использования полисинхронных и асинхронных генераторов случайных сигналов. Рассматриваются принципы реализации аппаратных средств защиты информации по технологии программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). Анализируются возможности формирования случайных двоичных последовательностей на цифровой элементной базе, полностью исключающую аналоговую схемотехнику. В качестве основного макропараметра цифровых элементов, гарантированно содержащего случайную составляющую, выбирается временная задержка. Для этого определены уровни флуктуации времени задержки логических элементов разных серий и технологий, в частности элементов ПЛИС фирмы XILINX. Проведенные исследования показали возможность построения генераторов физически случайной последовательности, как на микросхемах малой степени интеграции, так и в виде БИС. В результате удается получить случайные фрагменты последовательности в качестве основы ключей защиты исключительно средствами цифровой схемотехники. Создаются варианты авторской защиты информации, реализованные на элементной базе цифровых БИС [27].

Существенный вклад в описанные исследования и разработки вносит Гришкин С.Г., который в 1999 г. защищает кандидатскую диссертацию на тему «Генераторы случайных и псевдослучайных чисел для статистического моделирования и защиты информации» [28].

2000 год. Проводится работа по фонду НИОКР АН РТ по теме «Интегрированные программно-аппаратные средства для проектирования и моделирования цифровых микроэлектронных устройств». Этап 2000 года: «Исследование проблемы взаимосвязи математического и физического моделирования применительно к цифровым стохастическим объектам». В этом этапе анализируются возможности объединения технологий математического и физического моделирования на ЭВМ. Подтверждается реальность создания специальных программно-аппаратных средств для комплексного исследования поведения сложных цифровых объектов детерминированной и стохастической природы, а также для высокоэффективных методов проектирования цифровых устройств специального и широкого применения.

25 июля 2000 года. Публикуется с изменениями и дополнениями Указ президента РФ Ельцина Б.Н. от 3 апреля 1995 г. № 334 «О мерах по соблюдению законности в области разработки, производства, реализации и эксплуатации шифровальных средств, а также предоставления услуг в области шифрования информации».

Наряду с очевидными и прогрессивными мерами против нелегальных и деструктивных действий в сфере информационной безопасности, Указ практически полностью закрывает свободное научно-техническое состязание и конкуренцию основополагающих идей, концепций и эскизного проектирования в этой важной сфере научного творчества. Последствия такого рода ограничений неизбежно проявятся в форме застоя, деградации очередного направления в области высоких технологий и потери независимости оборота информационно емких продуктов на международном уровне.

Дальнейшие исследования кафедры суживаются до теоретических постановок задач и проблем. Апробация технических разработок и экспериментальных макетов в реальных условиях взаимодействия с существующей инфраструктурой стала практически невозможной.

Генераторы нелинейных псевдослучайных последовательностей. ГПСП успешно используются для защиты информации в ПЭВМ и сетях для шифрования данных или сообщений, поскольку ключ для их дешифрования на приемной стороне строится с помощью идентичного ГПСП [30]. Для создания средств криптографической защиты информации необходимо использовать генераторы нелинейных псевдослучайных последовательностей (ГНПСП) [31], которые исследованы еще недостаточно.

В основе криптографических устройств лежит формирование случайных и «непредсказуемых» псевдослучайных последовательностей. Проблемой является разработка высокоскоростных малогабаритных ГНПСП для криптоустройств. Известные хорошие статистические свойства и простота реализации ПСП на регистре сдвига с линейной обратной связью (РС ЛОС) являются недостаточными для их использования в системах защиты информации. Известно, что структуру РС ЛОС можно определить по известным n битам

ключевой последовательности (n – длина РС), и, следовательно, восстановить открытый текст из шифротекста в прямом и обратном направлениях [31].

Для повышения надежности аддитивных алгоритмов шифрования используют различные методы генерирования нелинейных ПСП. В качестве оценки непредсказуемости НПСП принимают обычно длину эквивалентного РС ЛОС, которую называют эквивалентной линейной сложностью (ЭЛС) НПСП. ЭЛС у НПСП в принципе может достигать величины ее периода, что обеспечивает практическую непредсказуемость таких последовательностей. С другой стороны у большинства НПСП «непредсказуемы» также ее статистические характеристики, что не позволяет использовать их в качестве ключевых последовательностей.

Можно отметить, в соответствии с работой обзорного характера [31], следующие распространенные направления построения НПСП:

а. НПСП, формируемые применением нелинейной внешней логики для комбинирования символов РС ЛОС и имеющие период $2^n - 1$;

б. Составные НПСП, формируемые путем чередования символов с выходов двух и более РС ЛОС по определенному правилу;

в. НПСП полного цикла с периодом 2^n (последовательности де-Брейна), генерируемые РС с нелинейной обратной связью.

Рассмотрен генератор НПСП, относящийся к классу комбинированных генераторов. ГНПСП построен на трех регистрах сдвига по принципу «управляемый - управляющий». ГПСП₁ управляет прохождением сигналов ГПСП₂ или ГПСП₃ на выход мультиплексора. Предложен алгоритм идентификации начального состояния для двух генераторов «управляемый - управляющий», который позволил определить ЭЛС НПСП.

Учитывая, что НПСП обладают наиболее высокой ЭЛС и неидеальными корреляционными свойствами, они могут быть использованы либо в качестве «внутренних последовательностей» при построении ГПСП класса а), либо в комбинации с другими способами получения ПСП с хорошими корреляционными свойствами, но слабой непредсказуемостью.

Генераторы случайных последовательностей. В основу функционирования ГСП положены три принципа:

– использование естественных флуктуаций временных параметров цифровых элементов, осуществляющих операцию непрерывной задержки двоичных сигналов;

– установление иррациональности в соотношениях временных параметров исходных компонент формируемого процесса путем аппаратной реализации псевдослучайных алгоритмов в непрерывном времени;

– использование эффекта «накопления» дисперсии фазы высокочастотного импульсного сигнала при независимом и достаточно редком обращении к нему. Использование и развитие этих принципов позволили получить новые технические решения при разработке ГСП.

ГСП с динамически изменяющейся обратной связью состоит из управляющего и управляемого генераторов асинхронных случайных сигналов. Управляющий генератор асинхронных сигналов построен на последовательно соединенных сумматорах по модулю два с обратной связью в соответствии с выбранным полиномом синхронной модели генератора ($M - 1$)-последовательности. Управляемый генератор асинхронных сигналов содержит последовательно соединенные управляемые формирователи импульсов с обратной связью, определяемой базовым полиномом синхронной модели генератора M -последовательности. На управляемые формирователи импульсов подаются сигналы с выходов сумматоров по модулю два управляющего генератора.

При включении напряжения питания в управляющем генераторе формируется асинхронный случайный процесс, который поступает на управляемые формирователи импульсов. В управляемом генераторе асинхронных сигналов формируется высокодисперсный асинхронный случайный процесс за счет динамически изменяемой обратной связи по сигналам управления с выходов асинхронного случайного процесса управляющего генератора. Случайные сигналы с управляющего генератора дополнительно «подмешиваются» через сумматор по модулю два к сигналам управляемого генератора. Это необходимо для того, чтобы получать незатухающий случайный процесс, поскольку для управляемого генератора асинхронных сигналов в качестве базового взят полином M -последовательности, структура которого содержит устойчивое нулевое состояние. С целью улучшения равномерности распределения выходного асинхронного случайного процесса выходные сигналы управляющего и управляемого генераторов дополнительно суммируются по модулю два. Результирующий сигнал подается на вход триггера, в котором при поступлении тактовых импульсов формируется выходная случайная последовательность. Таким образом, применение динамически изменяемой обратной связи в управляемом генераторе асинхронных сигналов существенно улучшает надежность и качество формируемого случайного процесса. Это позволяет увеличить предельную частоту устройства фиксации случайного процесса на выходном триггере, а значит и быстродействие формируемой случайной последовательности.

Аппаратно-программные системы криптографической защиты информации . За рубежом наибольшее распространение и применение получили криптосистемы на основе стандарта де-юре DES (Data Encryption Standart) и стандарта де-факто RSA (Rivest Shamir Addelman). У нас в стране действует криптоалгоритм ГОСТ 28147-89. К сожалению, основным недостатком данного ГОСТа, ограничивающим его применение в безопасных системах реального времени, является его высокая сложность и, следовательно, низкое быстродействие.

В России наиболее крупный производитель аппаратно-программных систем защиты информации - фирма «АНКАД». Изделия фирмы имеют торговую марку «КРИПТОН». Это одноплатные устройства, использующие мощные криптопроцессоры, работа которых основана на криптографии с закрытыми ключами. «Криптон-3» имеет быстродействие до 150 К байт/с, «Криптон-4» - до 300 К байт/с.

Разработанные нами системы КЗИ построены на основе генераторов линейных и нелинейных псевдо- и случайных последовательностей. Реализован оригинальный криптоалгоритм, относящийся к классу поточных шифров. Специальные исследования алгоритмов показали, что время, необходимое для вскрытия шифрованного текста без знания ключа, на ЭВМ с быстродействием 1млрд оп/с превышает 30 лет ее непрерывной работы для системы «КРИПОСТАТ» и 50 лет – для системы «КРИСТАЛЛ».

В основу построения системы КЗИ «ГРАНИТ», являющегося модернизацией «КРИСТАЛЛа», заложены следующие принципы:

- открытость архитектуры; достижение оптимальных показателей по параметрам системы: стойкость - производительность - надежность - экономичность;
- развитая подсистема аппаратного формирования, управления и хранения ключевой информации;
- богатый набор сервисных функций и «дружественный» интерфейс системы с пользователем.

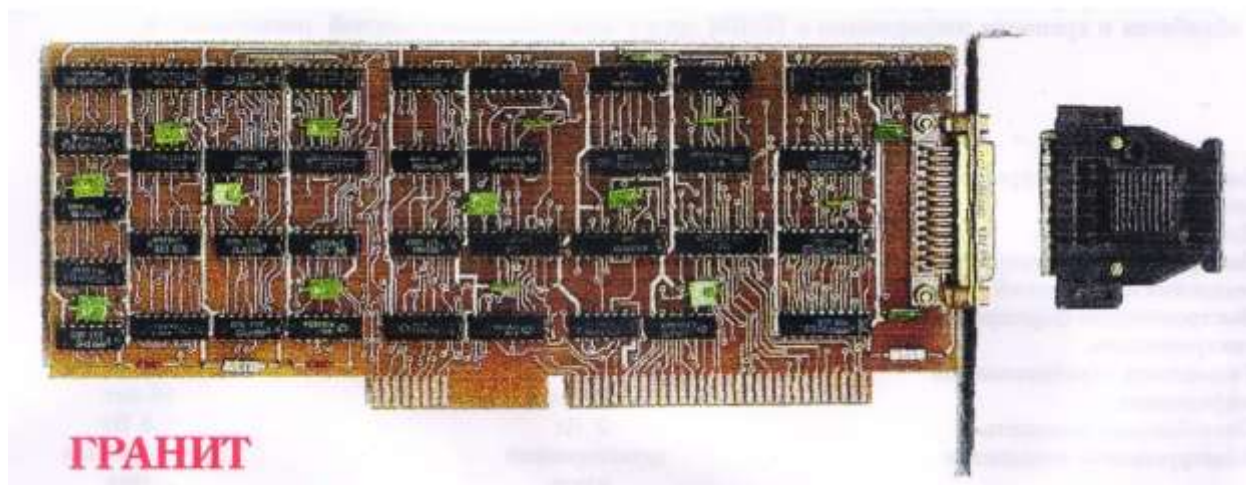
В системе КЗИ «ГРАНИТ» ГПС формирует M-последовательность на основе примитивного полинома из соединенных в кольцо D- и T-триггеров. Генератор НПС представляет собой управляемый ГПС на регистре сдвига с динамически изменяемой во времени обратной связью и изменяемым количеством разрядов. Для улучшения статистических характеристик НПС к ней «подмешиваются» по модулю два M-последовательности с выходов ГПС. В результате НПС обладает высокой степенью непредсказуемости и хорошими статистическими характеристиками.

В ГСП используется динамически изменяемая обратная связь. Управляющий генератор асинхронных сигналов реализован на основе базового полинома (M – 1)-последовательности, а управляемый генератор асинхронных сигналов – на основе базового полинома M-последовательности. Оба генератора формируют асинхронные случайные последовательности, которые затем с целью улучшения статистических характеристик суммируются по модулю два.

Блок встроенных шифрключей выполнен в виде индивидуальной карточки, подключаемой к ПЭВМ через специальный блок сопряжения с криптоплатой. Блок подключается к системе только во время сеанса работы, ключи в блоке программно недоступны пользователю. Это обеспечивает принципиальную невозможность перехвата ключей. Энергонезависимая память шифрключей объемом 2 К байта используется при инициализации генераторов ПСП и НПС.

Создано необходимое программное обеспечение, работающее под управлением ОС MSDOS версии 3.0 и выше и поддерживающее многооконный интерфейс. Программное обеспечение содержит следующие подсистемы: сервисную, обеспечения рабочих режимов, управления файлами и шифрключами.

На рисунке представлены фотографии плат «ГРАНИТ» и «ГРАНИТ-Х».



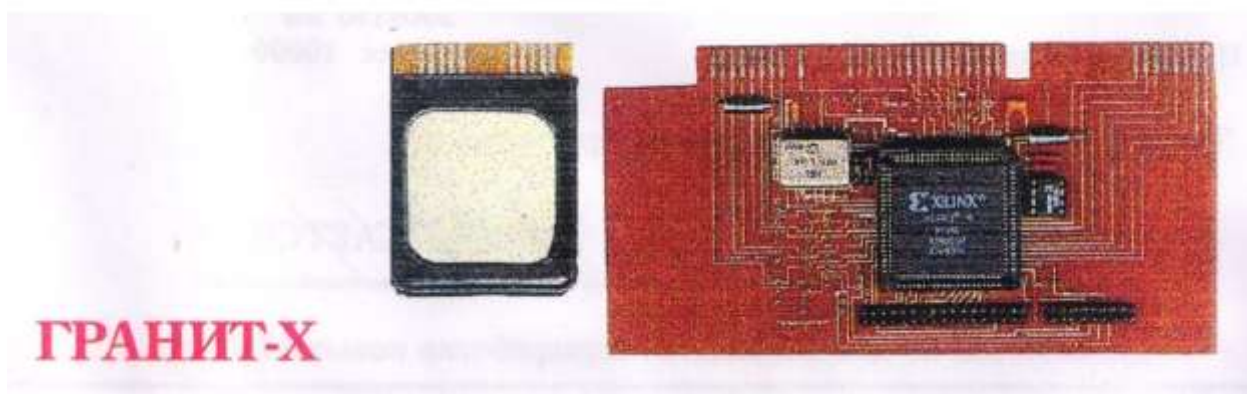


Рис. Фотографии плат «ГРАНИТ» и «ГРАНИТ-Х».

В таблице представлены технические характеристики системы КЗИ «ГРАНИТ», построенного на отечественной элементной базе средней степени интеграции, и «ГРАНИТ-Х», построенного на ПЛИС фирмы XILINX.

Таблица. Технические характеристики

	«ГРАНИТ»	«ГРАНИТ-Х»
Быстродействие шифрования информации	500 Кбайт/с	2-4 Мбайт/с
Длина шифр ключа	128 бит	128 бит
Быстродействие формирования сеансовых шифрключей	Не менее 50 Кбайт/с	не менее 100Кбайт/с
Быстродействие формирования синхросылок	Не менее 100Кбайт/с	не менее 200Кбайт/с
Разрядность обрабатываемой информации	16 бит	16 бит
Потребляемая мощность	2 Вт	0,5 Вт
Наработка на отказ	не менее 10000	не менее 100000

Литература

1. А.с. 688905 СССР. Генератор случайной последовательности импульсов /В.М. Кузнецов, В.А. Песошин //Опубл. 1979, Бюл. №36.
2. А.с. 1023637 СССР. Генератор случайного напряжения импульсов /В.А. Песошин, В.М. Кузнецов, О.И. Дапин //Опубл. 1983, Бюл. №22.
3. А.с. 1040486 СССР. Генератор случайной последовательности /В.А. Песошин, В.М. Кузнецов, О.И. Дапин //Опубл. 1983, Бюл. №33.
4. А.с. 1185582 СССР. Генератор псевдослучайных чисел /В.А. Песошин, В.М. Кузнецов, О.И. Дапин, Н.Н. Сергеев, С.Г. Гришкин //Опубл. 1985, Бюл. №38.
5. А.с. 1210209 СССР. Генератор псевдослучайных последовательностей импульсов /Б.Ф. Кирьянов, В.А. Песошин, С.Г. Гришкин //Опубл. 1986, Бюл. №5.
6. А.с. 1249512 СССР. Генератор случайной последовательности /В.А. Песошин, В.М. Кузнецов, Н.Н.Сергеев, С.Г. Гришкин, О.И. Дапин, В.И. Глова, Е.К. Шаронова // Опубл. 1986, Бюл. №29.
7. Песошин, В.А. Генераторы псевдослучайных двоичных последовательностей /В.А. Песошин, В.М. Кузнецов //Вычислительные и управляющие системы летательных аппаратов. – Казань: КАИ, 1983. – С.51–56.
8. Бухараев, Р.Г. Управляемые генераторы случайных кодов /Р.Г. Бухараев, В.М. Захаров. – Казань: изд-во КГУ, 1978. – 160 с.
9. Сб. Вероятностные автоматы и их приложения / Составитель В.М. Захаров. – Казань: изд-во КГУ, 1983. – 214 с.
10. Гришкин, С.Г. Модель передачи маркера в безопасной локальной вычислительной сети /С.Г. Гришкин, В.А.Песошин//Научно-техническая конференция «Проблемы разработки и внедрения микромодульных систем в ЭВМ». - Казань, 1990. – С. 8.
11. Гришкин С.Г. Проблемы защиты информации в локальной информационно-вычислительной сети /С.Г. Гришкин//Сетевая обработка информации. М.: Московский дом научно-технической пропаганды, 1990. – С. 17–21.
12. Песошин, В.А. Генераторы случайных чисел на микропрограммируемых БИС /В.А. Песошин, М.И. Бурнашев, В.М. Кузнецов //Вопросы радиоэлектроники, сер. ЭВТ, 1991, вып.6.– С.77–88.
13. А.с. 1706018 СССР. Генератор псевдослучайной последовательности импульсов /В.А. Песошин, М.И. Бурнашев //Опубл. 1992, Бюл. №2.
14. А.с. 1817094. Генератор случайных чисел/М.И. Бурнашев, В.М. Кузнецов, В.А. Песошин В.А. //Опубл. 1993, Бюл. №19.
15. Песошин, В.А. Цифровые генераторы случайных сигналов для защиты информационных телекоммуникаций /В.А. Песошин, В.М. Кузнецов, Н.Н. Сергеев // Вопросы радиоэлектроники, сер. ЭВТ, 1993, вып.4. – С. 95–113.
16. Гришкин, С.Г. Концептуальные вопросы защиты информации в распределенных системах /С.Г. Гришкин, В.А. Песошин//Безопасность информационных технологий, 1994, №1. – С. 46–49.
17. Гришкин, С.Г. К проблеме идентификации начального состояния в генераторах псевдослучайных последовательностей /С.Г. Гришкин, Е.Л. Столов //Безопасность информационных технологий, 1994, №1. – С. 37–39.
18. Гришкин, С.Г. О новом классе аппаратно-программных систем криптозащиты информации /С.Г. Гришкин, А.В. Николаев, В.А. Песошин //Безопасность информационных технологий, 1994, №1. – С. 62–63.
19. Гришкин, С.Г. Криптографическая защита баз данных /С.Г. Гришкин, М.Г. Магданов //Безопасность информационных технологий, 1994, №1. – С. 53–57.
20. Гришкин, С.Г. Концептуальные вопросы построения автоматизированной банковской системы Республики Татарстан /С.Г. Гришкин, А.А. Лушин, В.В. Салихов, В.В. Трофимов //Тезисы докладов международной научно-технической конференции «Развитие и применение открытых систем». - Казань, 1994. – С. ПР3–ПР4.
21. Гришкин, С.Г. Внедрение системы криптографической защиты информации в сети телекоммуникаций Национального банка Республики Татарстан /С.Г. Гришкин, В.А. Костромин //Тезисы докладов международной научно-технической конференции «Развитие и применение открытых систем». - Казань, 1994. – С. 3И5–3И6.
22. Песошин, В.А. Нетрадиционные принципы формирования случайных сигналов для защиты информации /В.А. Песошин, В.М. Кузнецов //Тез. докл. научн. техн. конф. КГУ.- Казань, 1994.– С. 178.
23. Габутдинова, А.М., Об одном классе аппаратно-программных систем криптографической защиты информации /А.М. Габутдинова, В.И. Глова, С.Г. Гришкин, В.И. Петровский, В.А. Песошин//Сборник материалов международной конференции «Безопасность информации». - М., 1997. – С. 226–230.
24. Кузнецов, В.М. Случайность и предсказуемость поведения объектов формирования числовых последовательностей /В.М. Кузнецов, В.А. Песошин, А.Н. Бахарев //Тезисы докладов Юбилейной научной и научно-методической конференции. – Казань, КГТУ, 1997.
25. Песошин, В.А. Об одном классе аппаратно-программных систем защиты информации /В.А. Песошин, Р.Р. Бикмухаметов, В.И. Глова, С.Г. Гришкин//Тезисы докладов Юбилейной научной и научно-методической конференции. - Казань, КГТУ, 1997.
26. Патент 2096912 РФ. Генератор случайной последовательности /С.Г.Гришкин, В.А. Песошин //Опубл. 1997, Бюл. №329.
27. Кузнецов, В.М. Оценка степени предсказуемости поведения цифровых генераторов случайных чисел /В.М. Кузнецов, В.А. Песошин, А.Н. Бахарев, С.Г. Гришкин, Л.П. Кулагин // Тезисы докладов IVВсероссийской научно-технической конференции «Методы и средства измерений физических величин», ч. VIII. Н.Новгород, 1998.

28. Гришкин, С.Г. Генераторы случайных и псевдослучайных чисел для статистического моделирования и защиты информации / С.Г. Гришкин // Автореф. дис. канд. техн. наук. – Казань: КГТУ им. А.Н. Туполева, 1998. – 16 с.
29. Кузнецов, В.М. Цифровой метод измерения малых флуктуаций временных задержек элементов программируемых БИС / В.М. Кузнецов, В.А. Песошин, А.Н. Бахарев // Тезисы докладов V Всероссийской научно-технической конференции «Методы и средства измерений физических величин», ч. VIII. Н. Новгород, 2000.
30. Хофман, Л. Современные методы защиты информации / Л. Хофман // М.: Советское радио, 1980 – 264 с.
31. Стельмашенко, В.Г. Нелинейные псевдослучайные последовательности в широкополосных системах передачи информации // Зарубежная радиоэлектроника, 1988, №9. – С. 3–16.

Яндекс и другие: к двадцатилетию отечественного поиска в Интернете

Поляк Юрий Евгеньевич, к.э.н.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Центральный экономико-математический институт Российской академии наук. Москва, Россия
polak@cemi.rssi.ru

Аннотация. В связи с 20-летием поисковой машины Яндекс излагается история разработки этой системы, а также других российских средств навигации в интернете.

Ключевые слова: Яндекс, поисковые машины, каталоги, история рунета

Yandex a.o.: on 20 Years of Russian Search in Internet

Abstract. The history of development of Russian means of navigation on the Internet is given, with special attention to the leader - Yandex search engine celebrating its 20th anniversary.

Keywords: Yandex, search engines, directories, Runet history

20 лет назад, 23 сентября 1997 года в ходе выставки Softool произошло важное событие, тогда оставшееся почти незамеченным: впервые широкой публике был представлен новый инструмент для поиска в интернете. На стенде известной компьютерной компании CompTek International, крупного партнера Cisco, посетители могли увидеть в действии поисковую машину Яндекс. На мой вопрос, чем она отличается от существовавших тогда отечественных машин Апорт и Рамблер, американских разработок AltaVista и HotBot, главный редактор Яндекса Е.С.Колмановская пояснила, что поиск в системе производится на основе морфологического анализа текста, независимо от падежей и спряжений слов в запросе. Впервые был реализован естественно-языковой поиск для русского языка. Разработчики рассматривали Яндекс как проект для души, о бизнесе речи не было. До регистрации одноимённой компании оставалось три года, до IPO на фондовой бирже NASDAQ – почти 14 лет.

Строго говоря, в первые годы компания и её главный продукт назывались несколько иначе: Yandex. Это имя ещё в 1993 г. предложили для будущей поисковой машины её создатели И.В.Сегалович и А.Ю.Волож. Оно происходит от Yet Another Indexer (Yandex), но вместо первых двух английских букв было решено поставить одну русскую; при этом у слова появился дополнительный смысл: языковой индекс. Этот логотип изменился на Яндекс в августе 2008 г.; к тому времени это название настолько вошло в русский язык и повседневный обиход, что продолжать писать его латиницей было бы странно.



Рис.1. Офис Яндекса, 2006

Как уже было сказано, поиск Яндекса с самого начала учитывал морфологию русского языка. Для улучшения качества поиска, совершенствования системы морфологического распознавания слов в Академии наук была приобретена легальная электронная копия словаря русского языка. Грамматический

словарь русского языка под редакцией академика А.А.Зализняка, итог многолетней работы, включает около 100 тысяч словоформ. Такая серьёзная научно-методологическая основа, дальнейшее сотрудничество разработчиков с группой академика Ю.Д.Апресяна из Института проблем передачи информации РАН надолго преопределили лидерство Яндекса в обработке русскоязычных запросов.

В начале и середине 90-х коллектив ComrTek выполнил ряд серьёзных проектов: поиск по Международному классификатору изобретений (ещё под управлением операционной системы MS DOS), электронный «Библейский компьютерный справочник» с поисковыми функциями, распространявшийся на дискетах. Затем по заказу Института мировой литературы РАН было выполнено индексирование полного собрания сочинений А.С.Грибоедова (уже на Windows). Этот опыт позволил разработчикам перейти к созданию поисковой машины для интернета. Для демонстрации технологических возможностей поисковой программы появился сайт Yandex.ru (рис.2).

Наряду с морфологическим анализом другой важной особенностью Яндекса стал оригинальный алгоритм ранжирования результатов поиска. Точнее, можно говорить о целом семействе алгоритмов. Со времени основания в 1997 году Яндекс существенно пересмотрел свои подходы к определению релевантности документов по поисковым запросам пользователей. За последние 10 лет внедрено не менее двух десятков алгоритмов¹. Как и некоторые другие системы, Яндекс использует ранжирующие модели, построенные методами машинного обучения. Не вдаваясь в технические детали, отметим разработанный и применяющийся в поисковой системе Яндекс алгоритм машинного обучения ранжированию MatrixNet².

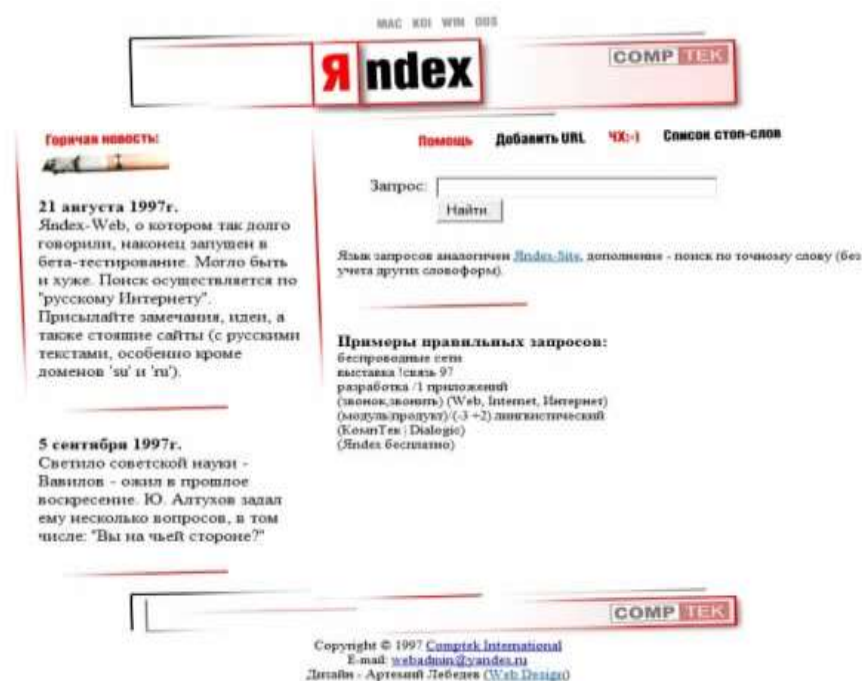


Рис.2. Скриншот Яндекса, 1997

Ещё один ключевой фактор успеха компании – грамотный менеджмент. Ещё в 2002 г. Яндекс первым из всех российских интернет-компаний вышел на самоокупаемость и выплатил первые дивиденды. Сейчас он является самой дорогой компанией рунета³: по оценке Forbes в 2016 году общая стоимость 20 крупнейших компаний рунета составила \$17.054 млрд, из них 7.6 млрд пришлось на Яндекс. Более 90% выручки Яндексу приносит реклама. В мае 2011 года Яндекс одним из первых в стране провел размещение акций на фондовой бирже NASDAQ и как публичная компания регулярно публикует финансовую отчётность⁴. Сотни миллионов долларов ежегодно тратятся на покупку компаний, расширяется бизнес, в том числе за пределами России. В 2005 г. открыто представительство в Одессе, запущен портал yandex.ua

¹ <https://pixelplus.ru/samostoyatelnostati/prodvizhenie-saytov/algorithmy-ranzhirovaniya-yandex.html>

² <https://yandex.ru/company/technologies/matrixnet>

³ <http://www.forbes.ru/kompanii-photogallery/339445-20-samyh-dorogih-kompaniy-runeta-2017>

⁴ <https://yandex.ru/company/prospectus>, https://yandex.ru/company/press_releases/2017/0216

для украинской аудитории. С 2009 г. начата работа в Казахстане (yandex.kz), а с 2010 г. – в Белоруссии (yandex.by). В сентябре 2011 г. открыт портал yandex.com.tr в Турции, представлены Поиск, Карты, Почта и другие сервисы для турецких пользователей.

Вот несколько фактов, характеризующих динамику развития Яндекса. На момент официального запуска коллектив компании CompTek состоял из двух десятков сотрудников, занимал несколько комнат на улице Губкина и имел единственный сервер. В 2001 г. Яндекс переехал в собственный офис в пристройке к вычислительному центру РАН на ул. Вавилова, 40. К тому времени уже была зарегистрирована компания «Яндекс» (2000), штат вырос до 70-100 человек, а число серверов достигло 40. В настоящее время, после ещё двух переездов, компания занимает огромное помещение площадью порядка 16 тыс. кв. м между улицами Л.Толстого и Т.Фрунзе, насчитывает свыше 6000 сотрудников и имеет разветвлённую сеть дата-центров, причём центр обработки данных в финском городе Мянсяля теплом, выделяемым серверами, способствует отоплению города⁵.

В 1997 г. Яндекс обрабатывал в день порядка 10 тысяч запросов. К 2001 г. это число достигло миллиона, к 2005 г. – 10 миллионов, а к 2010 г. – 100 миллионов. Сейчас его нужно увеличить ещё в несколько раз. Несмотря на растущую конкуренцию со стороны мирового гиганта Google, Яндекс продолжает контролировать львиную долю поискового рынка страны. К весне 2017 г. популярность поисковых систем в России составляет (в %)⁶:

Яндекс	55.46
Google	38.63
Mail.ru	5.18
Рамблер	0.48
Bing	0.24

По словам Е.Колмановской (цит. по [1]), «именно поисковые системы сделали интернет интернетом. Они дали пользователям не существовавшую ранее в природе возможность находить самую разную информацию (новости, рецепты, расписания, литературные произведения, цены и т.д.) из одной точки, из одной поисковой строки, не сходя с места. Именно поиск в интернете стёр барьеры доступа к информации».

Поиск информации стал одним из самых популярных видов деятельности в интернете. На вопрос ФОМ «Что вам приходилось делать в интернете за последний месяц?», 73% интернет-аудитории ответили: «Искать информацию». При этом 64% читали новости, 63% общались в социальных сетях, 45% вели электронную переписку⁷. Эти данные относятся к сентябрю 2013 г. В конце 2016 г. предпочтения россиян изменились: 72% использовали интернет для общения в социальных сетях, но поиск информации сохранил второе место (61%)⁸. Поиск нужен всегда и везде – в профессиональной деятельности, в обучении, на досуге.

Однако так было не всегда. Ещё каких-нибудь 25 лет назад интернет вне научных лабораторий и оборонных спецпроектов был редкой экзотикой. Информационных ресурсов в сети было немного, и не было нужды в сложных системах навигации. Роль справочников играли рукописные списки, позже текстовые файлы. Но когда в 1993 г. появился браузер Mosaic, начался взрывной рост числа сайтов, пользователей, объемов информации. Возникла необходимость упорядочивать и искать эту информацию. Стали появляться электронные каталоги веб-адресов – универсальные и специализированные. Современная картина поисковых средств начала складываться ко второй половине 90-х годов. В 1994 г. стэнфордские аспиранты Д.Фило и Дж.Янг, недовольные имевшимися тогда каталогами, сделали для себя инструмент навигации, из которого выросла база данных Yahoo! (Yet Another Hierarchical Official Oracle). Но поисковые возможности каталогов ограничивались поиском по самим каталогам, а не по веб-страницам. Вскоре инструменты поиска прошли путь от списков и структурированных каталогов (directories) до мощных поисковых систем (search engines), которые образовали основу крупнейших порталов, стали ведущими трафикогенераторами мирового и российского интернета.

Для популярных в то время сетевых протоколов FTP и Gopher появились поисковые программы Archie (1990, A.Emtage) и Veronica (1991, M.McCahill). Archie строил базу для поиска по именам файлов из ftp-архивов, однако не индексировал содержание этих файлов. Veronica выполняла поиск по ключевым словам заголовков меню Gopher и именам файлов [2].

Первой полнотекстовой поисковой системой, индексирующей ресурсы при помощи робота, стала «WebCrawler» (1993). В отличие от предшественниц она позволяла пользователям искать по любым словам,

⁵ <http://www.rbc.ru/rbcfreenews/56975d719a7947a05b2499a6>

⁶ <https://www.seorate.ru/rate/sep>

⁷ <http://fom.ru/smi-i-internet/11088>

⁸ <http://planetasmi.ru/novye-media/47988-opros-pokazal-dlya-chego-rossiyane-ispolzuyut-internet>

расположенным на любой веб-странице. Вскоре появились поисковые машины «Lycos» (1994), «Excite» (1995), «AltaVista», обрабатывавшая кириллические запросы (1995), «Inktomi» (1996), HotBot (1996), «Northern Light» с возможностью кластеризации результатов поиска (1997) и другие. Все они отступили на задний план, когда в 1998 г. Л.Пейдж и С.Брин предложили алгоритм ранжирования PageRank, ставший изюминкой поисковика «Google». В настоящее время Google обрабатывает большинство мировых поисковых запросов, а само это слово стало нарицательным понятием. 15 января 2006 г. глагол *google* был занесен в оксфордский словарь английского языка, а позже в словарь Merriam-Webster⁹.

А вот несколько дат из отечественной истории [3].

26 сентября 1996 года – создание первой российской поисковой системы – «Рамблер» (www.rambler.ru), адрес которой вскоре стал самым посещаемым сайтом Рунета. Проект осуществлен Д.Крюковым на базе интернет-провайдера «Стек» из подмосковного города Пущино.

29 ноября 1996 г. – на семинаре РОЦИТ представлена разработка сотрудников ЦЭМИ РАН А.Дыбенко и Ю.Поляка каталог «Русский интернет» (позднее «Ау!», «@Rus», «Апорт»). Вплоть до конца тысячелетия он оставался лучшим в рунете и получил неофициальное название «русского Yahoo».

3 марта 1997 года – открытие первого в Рунете рейтинга-классификатора «Rambler's TOP100», позволявшего вести подсчет посещаемости сайтов. Позже именно посещаемость стала одним из главных критериев оценки уровня веб-сайтов и их стоимости.

23 сентября 1997 года – начало публичной работы поисковой системы «Яндекс» (www.yandex.ru), в которой впервые был реализован естественно-языковой поиск для русского языка. Лидеры разработки – А.Волож и И.Сегалович.

11 ноября 1997 года – официальная презентация поисковой машины «Апорт». Разработчик – компания «Агама» (Е.Киреев).

«Апорт» впервые демонстрировался ещё в феврале 1996 г.; тогда его поиск ограничивался сайтом russia.agama.com. Наиболее удачная версия этой системы «Апорт-2000» содержала передовые для своего времени решения. Так, был полностью переработан механизм определения соответствия документа запросу и алгоритм сортировки выдаваемых результатов. «Апорт-2000» определял ранг сайтов и страниц по ссылкам (линкам): чем больше других страниц ссылаются на данную, тем выше ее ранг. Учитывалось также и то, какие именно страницы (т.е. какого ранга) ссылаются на обрабатываемую. Это позволило помещать в верхнюю часть поисковой выдачи ресурсы, наиболее соответствующие потребностям пользователей. Кроме того, все документы группировались «Апортом» по сайтам, и в качестве результатов поиска выдавались ссылки на сайты, а не на веб-страницы. Пользователю предлагалась только одна, наиболее соответствующая запросу страница, что не мешало из этого же окна просматривать другие страницы, найденные на том же сайте. А в случае, если найденный сайт был зарегистрирован в каталоге @Rus (интегрированным с «Апортом»), он сопровождался кратким описанием, взятым из каталога.

Приблизительный паритет на российском рынке поиска, когда Апорт, Рамблер и Яндекс имели примерно равные доли, был нарушен в начале нового тысячелетия. Апорт вместе с @Rus достался новому владельцу и вскоре прекратил существование в качестве поисковой машины. Руководители «амблера» попытались параллельно с поиском развивать массу других направлений. По словам интернет-специалиста А.Носика, «контроль над компанией оказался в руках биржевых спекулянтов, и они бросились рулить порталом, задавать направление развития с высоты своего невежества» (цит. по [1]). В результате безоговорочным лидером стал Яндекс.

Поиск в интернете как вид интеллектуальной деятельности появился совсем недавно, но быстро стал основой крупного бизнеса, а наиболее успешные профессионалы заработали миллиарды не за счет удачного наследства или торговли углеводородами, а исключительно благодаря собственному интеллекту и трудолюбию. Успешно развиваются такие виды бизнеса как конкурентная разведка, платные услуги по поиску и предоставлению информации. Поиск стал предметом многочисленных учебных курсов и даже увлекательной игрой. С целью пропаганды осмысленного поиска сотрудники Яндекса придумали и реализовали необычное соревнование – Кубок России по поиску в интернете [5]. Для этого потребовалось буквально с нуля — ведь аналогов не было — сочинить правила, разработать систему заданий; написать программное обеспечение, способное поддерживать одновременный диалог с сотнями игроков без задержек и сбоев; организовать регистрацию и персональные страницы игроков и так далее. Популярность этих соревнований, проходивших в 2001–2008 годах, превзошла ожидания. Одним из результатов этих турниров стало появление сообщества игроков — энтузиастов и корифеев нового вида «интеллектуального спорта»; поисковые турниры переместились в регионы; соревнования состоялись в Саратове и Новосибирске, Стрежевом и Петрозаводске, Казани и Краснотурьинске, Кирове и Махачкале, Минске и Вологде, а также в Израиле и США¹⁰.

У вопросов Кубка по поиску нашлось ещё одно применение. В ходе интернет-практикума в МГУ автор в течение ряда лет предлагал студентам за ограниченное время найти текст какого-либо произведения,

⁹ <http://wikireality.ru/wiki/Гуглить>

¹⁰ <http://www.pcweek.ru/themes/detail.php?ID=95375>

ответ на конкретный вопрос, сайт частного лица или организации. А, как известно, лучшие результаты обучения достигаются, когда учиться интересно, когда знания и навыки преподносятся в занимательной, игровой форме [6,7]. В качестве заданий для подобных упражнений использовались кубковые вопросы. Выполнение таких заданий требует применения различных поисковых инструментов – поисковых машин, универсальных и специализированных каталогов тематических баз данных и рейтингов. Использование языков запросов, уточнение ключевых слов в ходе диалога, ряд других приемов позволяют добиться обозримого и информативного результата и значительно сократить время поиска. Выбирая оптимальный вариант решения поисковой задачи, студент обучается не только работе в сети, но и логическому мышлению, развивает навыки обработки информации, необходимые для дальнейшей научной работы и практической деятельности [8,9].

В дальнейшем автор разработал и провёл для старшекурсников МГУ семестровый спецкурс, целиком посвящённый тонким методам поиска, и ещё раз убедился, что поиск в интернете как вид интеллектуальной деятельности имеет широкие учебно-методические перспективы. А в апреле 2006 г. Яндекс организовал конкурс учебных курсов по информационному поиску с целью создания банка общедоступных методических и учебных материалов по информационному поиску и смежным дисциплинам. Автор, как и другие члены жюри, оказался перед сложным выбором: интересные и разнообразные заявки представляли как теоретические курсы, так и учебно-методические комплексы для обучения практическим навыкам поиска в интернете. Курсы-призёры читаются в университетах Москвы и Киева, Воронежа и Перми, Петербурга и Турку (Финляндия). Конкурсные материалы были выложены в свободный доступ, чтобы ими могли безвозмездно пользоваться преподаватели любых учебных заведений.

А наиболее успешные студенты МГУ были приглашены в качестве лаборантов-исследователей в лабораторию сетевых информационных ресурсов Центрального экономико-математического института РАН, которой автор руководил в 1993–2002 гг. К тому времени наш коллектив занимался каталогизацией отечественных ресурсов интернета, тогда их было не так много [10,11]. Была разработана база данных (А.Дыбенко, 1996), ставшая доступной в онлайн-режиме в виде знаменитого каталога «Ау!». Российское агентство по правовой охране программ для ЭВМ, баз данных и топологий интегральных микросхем в 1997 г. зарегистрировало программу «Ау!» под № 970718. Кроме электронного каталога, сотрудниками лаборатории подготовлено впечатляющее количество печатных изданий, среди которых – одна из первых книг по интернету на русском языке [1], первый в стране печатный каталог интернет-ресурсов [12], фундаментальный справочник [13]. Одними из первых они начали публиковать в периодических изданиях аннотированные тематические подборки веб-адресов, в отсутствие мощных поисковых машин это было актуально.

Однако ручная обработка лавинообразно нарастающих объёмов сетевой информации не могла продолжаться бесконечно, даже если бы удалось привлечь к ведению базы всех студентов МГУ. На рубеже веков стало окончательно ясно, что распространившиеся к тому времени поисковые машины нового поколения с их миллионами индексируемых документов и постоянной актуализацией баз данных выиграли заочное соревнование в скорости и объёмах с живыми редакторами [14-16]. Началась конвергенция каталогов и поисковых систем, позволившая им приобрести лучшие черты друг друга. Ограничение области поиска определенной тематической категорией экономило время поиска и в то же время повышало релевантность его результатов. Тщательный ручной мониторинг встроенного каталога в сочетании с быстрым автоматическим обходом сайтов, выполняемым поисковыми роботами, обеспечивал высокую степень соответствия запроса и результата. А «чистые» каталоги уступили место автоматизированным технологиям, сохраняя свое значение лишь в узкоспециализированных областях.

В 1999–2001 гг. лаборатория сетевых информационных ресурсов ЦЭМИ РАН выполнила по заказу Яндекса разработку каталога интернет-ресурсов с использованием новых технологий. После ряда модернизаций он продолжает действовать¹¹ и, в частности, позволяет определять «тематический индекс цитирования» (ТИЦ) веб-сайтов.

В XXI веке продолжают появляться поисковые системы, имеющие ряд специализированных функций. Интересный проект «Нигма»¹² реализовали в 2004 г. В.Лавренко и В.Чернышов (факультет вычислительной математики и кибернетики МГУ). «Нигма» выполняла поиск как по своему индексу, так и по индексам Google, Yahoo, Bing, Яндекс, Rambler, AltaVista, Aport. В 2005 году на сервисе появилась функция кластеризации. На основе введённого пользовательского запроса «Нигма» формирует список документов, разделённых на несколько множеств (кластеров). Пользователь может уточнить, в каком множестве продолжить поиск, тем самым улучшив релевантность результатов поиска. Напомним, возможность кластеризации результатов поиска предоставляла ещё в прошлом веке малоизвестная у нас «Northern Light». Ряд пользователей предпочитает систему «Нигма» всем остальным, однако широкого распространения проект не получил, у многих уже сформировались другие пользовательские привычки и предпочтения.

¹¹ <https://yandex.ru/yaca>

¹² <http://www.nigma.ru>

Растущая международная изоляция страны permanently вызывает желание руководства создать по образцу Китая собственное семейство компьютеров, собственную, «чисто нашу» операционную систему, собственный поисковик и т.д. С оборудованием вопрос осложняется из-за отсутствия нужной элементной базы, операционная система пока под вопросом, а «национальная поисковая машина» Спутник¹³ была открыта в мае 2014 года компанией Ростелеком. Пока она находится в стадии бета-тестирования.

В 2004 году на поисковом рынке России появился Google. Согласно «Википедии»¹⁴, на март 2017 г. он занимает львиную долю мирового поискового рынка - 80.52% (Bing - 6.92%, Baidu - 5.94% Yahoo! - 5.35%). Естественно, Google возглавляет «List of Top 10 Best Search Engines in the World»¹⁵ (Яндекс в этом списке на 10-м месте). Вначале он заметно уступал Яндексу в качестве русскоязычного поиска, затем алгоритмы усовершенствовались. Распространение мобильного интернета способствовало увеличению доли Google, который, как известно, контролирует операционную систему Android, установленную на большинстве смартфонов и планшетов.

Заметим, что Россия – одна из немногих стран, где на местном рынке средств поиска ведущее положение занимают отечественные системы, основанные на собственных интернет-технологиях мирового уровня. Среди причин этого, как отмечалось выше, высокий интеллектуальный потенциал и многолетний опыт разработчиков, учет особенностей русского языка на базе использования достижений академической науки. Помимо России, национальные поисковые системы лидируют в Китае (Baidu), Южной Корее (Naver и Daum), Чехии (Seznam) и, естественно, в США. Кроме того, в Исландии Google проигрывает поисковику Leit.is, а в Японии и на Тайване - Yahoo!Japan и Yahoo!Taiwan соответственно. Предметом гордости разработчиков Яндекса является то, что этот список значительно короче списка стран, имеющих собственную космическую программу.

Сейчас Яндекс - это не просто поисковик, а многофункциональный сервис, в который входят:

- Яндекс карты (подробные карты отдельных регионов нашей планеты, пробки, навигация и др.);
- Яндекс маркет (подбор товаров в интернете и сравнение их по многим детальным характеристикам; отзывы и обсуждение);
- Яндекс диск (облачное хранение данных с бесплатным предоставлением 10 гигабайт свободного пространства для хранения файлов);
- Яндекс почта с бесплатным почтовым ящиком;

а также новости, переводчик, картинки, видео, музыка и много других сервисов, основным из которых продолжает оставаться поиск.

¹³ <http://www.sputnik.ru>

¹⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Web_search_engine

¹⁵ <http://www.ecloudbuzz.com/top-10-best-search-engines-in-the-world>

Литература

1. Соколов-Митрич Д.В. Яндекс.Книга. - М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014.
2. Мировая сеть Internet: применение в науке и бизнесе // «Технологии электронных коммуникаций», т. 59 / [под ред. Ю.М.Горностаева и Ю.Е.Поляка]. - М.: Эко-Трендз, 1994.
3. Поляк Ю.Е. Навигационные инструменты в глобальных сетях (краткая история) // Труды Второй международной конференции «Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР» Sogocom-2011. - Новгород, 2011.
4. Сегалович И.В. Как работают поисковые системы. // Мир Internet. 2002. № 10 (73).
5. Поляк Ю.Е. Найдется все. Если уметь искать // Информационные ресурсы России. 2002. № 1-2.
6. Parakhina O., Polak Y. Competitive and Game Components in Teaching Search Strategies. // 4th International Workshop on Computer Science and Information Technologies CSIT'2002. - Patras, Greece, 2002.
7. Парахина О.В., Поляк Ю.Е. Нестандартные задания в процессе обучения информационному поиску // Инновации в образовании. 2005. № 2.
8. Парахина О.В., Поляк Ю.Е. Интернет и творческое развитие студентов. // Социально-психологические проблемы развития личности. - Тамбов, 2001.
9. Polak Y. Network technologies and creative development of students // Telecommunications for Education and Training, Proceedings of International Conference. – Praha, 2001.
10. Поляк Ю.Е. Российские ресурсы интернета: достижения и проблемы // «Информационные ресурсы России». 1996. № 6.
11. Поляк Ю.Е. Информационные ресурсы российского сегмента интернет // Информатизация и связь. 1998. № 1.
12. Вовченко Т.О., Кузьмин С.К., Поляк Ю.Е. Информационные ресурсы Internet // «Технологии электронных коммуникаций», том 68. – М.: Эко-Трендз, 1996.
13. Поляк Ю.Е., Сигалов А.В. Желтые страницы Internet'98. Русские ресурсы. - СПб: «Питер», 1998.
14. Поляк Ю.Е., Сигалов А.В. Интернет в России: сетевая инфраструктура и информационные ресурсы. // Библиотечные компьютерные сети: Россия и Запад. Современные тенденции корпоративной работы библиотек в сетях передачи данных. - М., Либерия, 1998.
15. Polak Y. Information search in Russian Internet on the eve of 2000 // Internet: Technologies and Services. The 1st International Conference. – IEEE, 1999.
16. Polak Y. The 20th Anniversary of Russian Internet (View from CEMI). // Third International Conference on Computer Technology in Russia and in the Former Soviet Union (SoRuCom), 2014.

Советская вычислительная техника в непубличных оценках современников

Юрий Всеволодович Ревич, независимый исследователь
revich@lib.ru

Валерий Владимирович Шилов, к.т.н.

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
vshilov@hse.ru

За весь советский период развития цифровой вычислительной техники неоднократно предпринимались попытки сравнения ее уровня в СССР и на Западе (в основном в США). Кроме того, для правильной постановки задач в глобальном масштабе было необходимо знать о том, как используется существующая техника, какие имеются узкие места и недоработки. Доклады и исследования на эту тему оказывались засекреченными, но сути дела это не меняло. Каждый раз ученые и инженеры из различных ведомств приходили к неутешительным выводам: отставание от ведущих западных держав прогрессирует; существующие вычислительные средства используются неэффективно; не хватает внешних устройств, а выпускаемые имеют низкое качество и т.п. Предпринимаемые меры оказались недостаточными — ситуация катастрофического отставания сохранялась весь период, а компьютерная революция начала 1980-х годов фактически застала страну врасплох.

Хотя рождение современной (то есть электронной) вычислительной техники в СССР, как и в мире в целом, относится к середине и концу 1940-х годов, проблема необходимости организации массовых вычислительных работ была осознана руководством страны гораздо раньше. Так, в декабре 1927 г. на XV съезде ВКП(б) в резолюции «О работе ЦКК – РКИ» было предложено «...расширить опыт механизации конторского и счетного дела» [6]. К тому же призывали Постановление СНК СССР от 28 августа 1931 г. № 750 и ряд других документов довоенного времени. К сожалению, намеченные в этих документах меры так и не были реализованы (завод по производству счетных машин не был построен, обеспеченность специалистов средствами вычислений не выросла, а снизилась и т.д.). Так что Постановление Совета Министров СССР от 6 апреля 1949 г. № 1358 «О механизации учета и вычислительных работ и развитии производства счетных, счетно-аналитических и математических машин» вынуждено было констатировать: «Совет Министров СССР отмечает исключительное отставание в развитии механизации учета и вычислительных работ».

Документы свидетельствуют, что именно учетно-статистические работы были предметом первоочередного внимания руководства. Научные вычисления и инженерные расчеты длительное время оставались на периферии этого внимания. И только во время войны и сразу после нее, по мере разворачивания масштабных научно-инженерных проектов – в первую очередь атомного и ракетного, на первый план стали выдвигаться и получили четкую артикуляцию тесно взаимосвязанные вычислительные потребности ученых и военных: «Развитие современного естествознания, техники, в частности военной техники, в значительной степени зависит от совершенства методов и способов выполнения вычислительных операций и от технических средств, при помощи которых эти операции осуществляются. Трудно назвать какую-либо современную проблему физики, механики, электротехники, машиностроения, баллистики или других областей науки, решение которой не требует сложных и больших по объему вычислительных операций» [5].

Именно в это время важность идеи создания высокопроизводительных вычислительных устройств сумели оценить и осмыслить некоторые отечественные ученые, лидеры научных коллективов, – здесь следует назвать электротехников С.А. Лебедева и И.С. Брука, инженера Б.И. Рамеева. Их усилиями, при поддержке других ученых (в первую очередь физиков и математиков, занятых в Атомном проекте) в СССР в удивительно короткие сроки были выполнены пилотные (МЭСМ), а затем и полномасштабные проекты ЦВМ [7, 8, 14, 16]. Отметим, что в СССР эти проекты были начаты ранее, чем в большинстве западных стран, исключая США и Англию. Важно подчеркнуть, что характеристики первых образцов советских ЭВМ и первых западных компьютеров были вполне сопоставимы, и к тому же во многом использовали собственные передовые идеи. Однако отставание от Запада по ряду показателей наметилось практически сразу и со временем только усиливалось.

Господствующие не только в массовом сознании, но и в литературе мнения утверждают, что в области разработки ЭВМ у СССР «была великая эпоха». По мнению одних, она закончилась только с распадом Советского Союза, по мнению других – начала клониться к закату еще после принятия решения о массовом производстве аналогов зарубежных компьютеров компаний IBM (большие и средние ЭВМ) и DEC (малые ЭВМ). Но при этом приверженцы обеих точек зрения склонны как преувеличивать реальные (хотя подчас действительно выдающиеся) достижения, так и объяснять уже вполне очевидное к началу 1980-х годов отставание от Запада не влиянием объективных факторов, общих для любой отрасли советской техники, а спецоперациями ЦРУ, происками «пятой колонны» и т.д.

К сожалению, историей отечественной вычислительной техники занимаются в основном не профессиональные историки, а журналисты, опирающиеся на общение с самими разработчиками, которые, естественно, ностальгически вспоминают собственное прошлое и смотрят на него сквозь розовые очки. В России имеется крайне мало исследований в этой области, привлекающих документальные источники.

Кроме того, следует понимать, что в условиях острого противостояния с Западом государственная пропаганда всячески превозносила реальные достижения, а факты наличия каких-либо серьезных проблем не только замалчивала, но и прямо отрицала. Поэтому составить сегодня представление о реальном положении дел только по официальным советским публикациям совершенно невозможно. Например, 27 ноября 1953 года на первой странице газеты «Правда» появилось сообщение о «важном достижении» советских конструкторов – создании нового табулятора Т-5. В заметке приводилось количество деталей в табуляторе – 110 тысяч, длина проводов – 5 километров и пр. Но о том, что по всем параметрам он уступал даже довоенным зарубежным аналогам пятнадцати–двадцатилетней давности (например, в Т-5 не было возможности выполнять операции умножения и деления), естественно, не говорилось [12].

Основной задачей публикаций в массовой прессе, сообщений по радио и телевидению было создание впечатления у читателей (слушателей, зрителей) о процветании нашей вычислительной техники. Те же документы, в которых авторы достаточно объективно описывали реальное положение дел (в основном различные обзоры, докладные записки и частные письма в высшие партийные и государственные инстанции), имели грифы секретности. Они до сих пор в своей массе или не опубликованы, или не стали достоянием широкой общественности.

Вершинные достижения советской вычислительной техники, которые действительно находились на мировом уровне (БЭСМ-6 С.А. Лебедева) или даже не имели аналогов (троичная машина «Сетунь» Н.П. Брусенцова, модулярные ЭВМ И.Я. Акушского и Д.И. Юдицкого), давно уже являются предметом рассмотрения в многочисленных статьях и монографиях. Целью же настоящей статьи является обзор некоторых сделанных в разное время специалистами экспертных оценок реального состояния и уровня развития вычислительной техники в СССР.

Вероятно, одним из первых документов такого рода был «Краткий обзор по математическим машинам» (имеющий гриф «Совершенно секретно»), выпущенный в апреле 1953 года Специальным конструкторским бюро № 245 (СКБ-245) Министерства машиностроения СССР, разработчиком первой отечественной серийной ЭВМ «Стрела» [9]. Он содержит достаточно подробное описание возможностей электронной вычислительной техники и ведущихся в США и СССР разработок. Приведем несколько тезисов из заключительного раздела отчета:

«В Советском Союзе создана база для исследования, проектирования и выпуска отечественных математических машин... В настоящее время ведется создание математических машин различных классов: как универсальных, так и специализированных. Сопоставление сравнимых технических параметров... показывает, что в Советском Союзе создаются машины с передовыми техническими параметрами. В ряде случаев наши конструктора начинают идти своими самобытными путями, создавая принципиально отличные структурные схемы машин» [9, л. 27].

Вроде бы всё в порядке, хотя насчет «передовых параметров» авторы отчета несколько лукавят, а о том, что идти самобытными путями наших конструкторов изначально заставлял жесточайший дефицит современной элементной базы, умалчивают. Однако читаем дальше:

«Однако в целом состояние и темпы развертывания работ по математическим машинам в Советском Союзе по нашему мнению нельзя признать удовлетворительным по следующим причинам: Явно недостаточны общие масштабы развертывания работ по созданию машин. Недостаточно ведутся исследовательские работы... Недостаточна производственная мощность завода, занятого изготовлением математических машин в Министерстве Машиностроения. Крайне недостаточно развернуты на предприятиях Министерства электростанций и электропромышленности работы по созданию отдельных элементов и устройств...» [9, л. 28]. Наконец, указывается, что оснастить математическими машинами планируется лишь отдельные исследовательские центры в Москве и частично в Ленинграде. Другие крупные научные и промышленные центры страны в плане поставок отсутствуют. В отчете приведены такие цифры: в США в эксплуатации находятся 20 машин 16 типов, машины еще 10 типов проектируются. Соответственно в СССР проходят опытную эксплуатацию по одной машине в СКБ-245 и Институте точной механики и вычислительной техники им. С.А. Лебедева АН СССР (ИТМиВТ). Правда, говорится, что к 1955 году СКБ-245 обещал спроектировать и изготовить 9 машин (но даже эти скромные планы не были выполнены: до 1957 г. были изготовлены и установлены только 7 машин).

Аналогичный обзор (под грифом «Секретно»), подготовленный сотрудником ИТМиВТ профессором Д.Ю. Пановым, датированный 2 марта 1955 года, был направлен в отдел науки и культуры Центрального комитета Коммунистической партии Советского союза. В нем было дано описание американских вычислительных машин разных типов и проведено их сравнение с машинами советскими. Прогноз отчета двухлетней давности не подтвердился: в СССР к этому моменту имелось лишь по одной машине четырех типов, в то время как в США общее количество электронных компьютеров достигло 2284, из которых около 60 – большие, а 110 – средние. Это заставило автора сделать не слишком утешительные выводы: «Отставание по сравнению с США работ по цифровым вычислительным и управляющим устройствам,

ведущихся в СССР, продолжает увеличиваться. Мы отстаем как по количеству машин, так и по их параметрам, мы отстаем также в области технологии и в области применения вычислительных устройств, в частности военных. По моделирующим устройствам отставание меньше... Однако и здесь мы отстаем в области разработки новых принципов и технологии» [13, л. 11-12].

В начальный период развития отечественной электронной вычислительной техники, 1953-57 годах и далее, были относительно обеспечены нужды лишь атомной отрасли (МИАН, Арзамас-16, Челябинск-70), самые неотложные задачи ракетостроения и зарождающейся космонавтики (ВЦ-1 МО СССР), развивающихся систем ПВО и ПРО (КБ-1). Но имевшихся ресурсов катастрофически не хватало. Достаточно сказать, что сверхдефицитное машинное время на Вычислительном центре АН СССР распределялось на уровне специальной комиссии в составе академиков М.А. Лаврентьева, Л.А. Арцимовича, А.А. Дородницына и М.В. Келдыша. Таким образом, в оснащенности вычислительной техникой даже ведущих наукоемких оборонных отраслей уже имелись серьезнейшие проблемы.

Начало прихода ЭВМ в авиа- и судостроение, в другие производства, требующие массовых вычислений, относится уже к 1960-м годам. Доктор технических наук, зав. лабораторией ИМ СО РАН Н.Г. Загоруйко рассказывал, как в начале 1960-х делегация СО РАН посетила Новосибирский авиационный завод имени В.П. Чкалова. Профиль самолетного крыла для программирования станка с ЧПУ там снимался вручную с чертежа в натуральную величину, сделанного на бетонном полу плазового цеха¹ завода [2]. Об аналогичной организации плазовых работ на Николаевском судостроительном заводе вспоминает Б.Н. Малиновский в автобиографической книге «Нет ничего дороже...» [11, с. 36-37]. Эти работы также были перенесены на ЭВМ. Заметим, что здесь речь идет о тех применениях компьютерной техники, которые изначально ни у кого не вызывали сомнений: в них ЭВМ использовалась по своему прямому назначению, как мощный и быстродействующий вычислитель. Но даже здесь вычислительные средства, жизненно необходимые для оборонных отраслей, особенно в условиях набравшего обороты не только экономического, но и военного противостояния с Западом, внедрялись по остаточному принципу.

Тем более катастрофическим положение было в использовании ЭВМ для управления производством и экономикой. В отличие от науки и техники, где руководители уже не могли не понимать необходимости использования компьютеров, в области управления партийные работники сопротивлялись внедрению ЭВМ до последнего. В условиях, когда (имеется в виду вторая половина 1950-х), по характеристике известного экономиста и публициста Григория Ханина, произошло «резкое ослабление контрольных функций государства в области экономики» с одновременным «увеличением роли партийных органов в управлении экономикой» [15], находившиеся у власти функционеры просто не могли позволить себе выпустить из рук хоть какие-то рычаги влияния. А.И. Китов, а затем В.М. Глушков, между тем, именно это и предлагали: в их проектах глобальной компьютеризации советской экономики из-под личного контроля фактически полностью выводилось все функционирование экономики, на долю руководителей в идеале оставалось лишь принятие решений на стадии планирования. Показательные репрессии в отношении А.И. Китова, исключенного из партии и уволенного из рядов Вооруженных сил было самым ярким выражением отношения партийно-управленческой элиты к подобным нововведениям [10].

Приведем фрагмент из работы Н.Г. Загоруйко:

«В 1962 г. в Академгородок приехал секретарь ЦК ВЛКСМ Ю. Торсуев. <...> Посетил он и наш институт. <...> Довольно долго Ю. Торсуев беседовал с Э.В. Евреиновым, который рассказывал и о наших работах, и о *большом отставании советской вычислительной техники от американской* < курсив наш – Ю.Р., В.Ш. >. Под впечатлением от услышанного Ю. Торсуев предложил: «Изложите все это в справке, и мы попытаемся обратить внимание Правительства на эту проблему». Вскоре в ЦК ВЛКСМ была собрана группа молодых специалистов из Новосибирска, Москвы, Ленинграда и Киева, которая в течение недели составляла справку о состоянии вычислительной техники в СССР и мире. <...> Первый секретарь ЦК ВЛКСМ С. Павлов попросил еще для себя совсем короткую шпаргалку на полстраницы, чтобы при докладе Хрущеву чего-нибудь не забыть и не перепутать. В этой шпаргалке мы изложили суть проблемы без всякой дипломатии: *мы отстаем катастрофически, и чем дальше, тем больше* < курсив наш – Ю.Р., В. Ш. > <...>.

С. Павлов с этими бумагами пошел к Хрущеву. Тот послушал рассказ Павлова, прочитал нашу справку, приказал срочно собрать Политбюро с приглашением Президента Академии М.В. Келдыша и министров электронных министерств. С. Павлов по растерянности отдал Хрущеву все бумаги, в том числе и краткую шпаргалку, и Хрущев начал заседание с того, что зачитал ее присутствующим. Попытка министров усомниться в правильности приведенных цифр и фактов успеха не имела. Хрущев устроил им форменный разнос и приказал принять срочные меры.

<...> В результате было принято постановление Правительства, в котором, кроме призывов «усилить», «обратить особое внимание», были и некоторые конструктивные меры, связанные с дополнительным финансированием министерств. В ГКНТ был создан отдел вычислительной техники, возглавить который было поручено нашему земляку Ю.А. Михееву. К сожалению, волна, поднятая нами,

¹ Плаза – гладкая поверхность пола в цеху

слегка покачала верхние слои правления и вскоре затухла, оставив в сохранности *тенденцию нашего ускользящего отставания* < курсив наш – Ю.Р., В.Ш. >» [2].

Эта история представляется достаточно характерной. К первой половине 1960-х годов некоторые аппаратчики уже вполне понимали сложившуюся ситуацию и пытались нащупать пути выхода из нее... В последующие годы, несмотря на то, что общее количество ЭВМ в СССР росло, ситуация принципиально так и не изменилась, а проблемы, скорее, даже усугубились. Выдающийся российский ученый А.И. Китов направил в 1967 году в ЦК КПСС аналитическую записку «О состоянии электронной вычислительной техники в нашей стране», в которой это состояние было охарактеризовано без прикрас: «В настоящее время положение в области электронной вычислительной техники в нашей стране крайне тяжелое. Наше отставание от США и других капиталистических стран не только не сокращается, но резко увеличивается. Сейчас в США около 30.000 ЭВМ, высоконадежных, оснащенных необходимыми внешними устройствами и развитой системой математического обеспечения. Разработка и производство ЭВМ у нас до сих пор разобщены между рядом Министерств, работа которых практически никем не координируется; между ними имеет место скрытая нездоровая конкуренция. Мы имеем немногим более 1000 ЭВМ, включая устарелые малопроизводительные машины. У нас нет устройств ввода и вывода данных, соответствующих современным требованиям и крайне необходимых для экономических применений ЭВМ. Машины выпускаются без математического обеспечения и поэтому не могут эффективно использоваться. Совершенно катастрофическое положение с магнитными лентами, которые ненадежны, не обеспечивают длительного хранения информации. И даже таких лент выпускается крайне мало. В то же время магнитные ленты являются основой машинных архивов информации и без них ни о какой автоматизации экономических работ говорить нельзя. Крайне плохо обстоит дело с выпуском перфокарт и рулонной бумаги для печатающих устройств. Выпускаемые машины имеют малые объемы запоминающих устройств и комплектуются, как правило половинным составом устройств, по сравнению с тем, что указывается в рекламных проспектах. Это делается для того, чтобы заводы могли выполнить план по числу выпущенных машин, хотя каждая машина при этом имеет весьма малые возможности и не удовлетворяет потребителей. Совершенно не организован ремонт машин и их техническое обслуживание; поэтому каждый потребитель вынужден иметь у себя штат квалифицированных инженеров, там, где по зарубежным нормам, положено иметь 2-3 техников» [3, с. 1-2].

А.И. Китов говорил не только об имеющихся технических проблемах, он показывает также возможные тяжелые последствия сложившегося с разработкой ЭВМ и их применением положения: «Между тем наше отставание в области применения ЭВМ в экономике может привести к столь тяжелым последствиям для нашей страны, которые сейчас даже трудно представить. Мы можем просто проиграть в соревновании с капиталистическим миром и попасть в полную экономическую зависимость от США и других стран.

Американцы считают свои ЭВМ основой национальной экономики и действительно это так. Широкое применение научных методов и ЭВМ в экономике обеспечили им вот уже свыше 20 лет отсутствие кризисов и высокие темпы развития экономики, большую военную мощь и высокий уровень жизни. Следует подчеркнуть, что ЭВМ являются мощным прогрессирующим средством для постоянного ускорения темпов научно-технического и экономического прогресса, т.к. они являются средством механизации умственного труда людей во всех его сферах, в том числе средством для еще большего производства и внедрения ЭВМ в экономику, что приводит к еще большему увеличению темпов общего развития страны и т.д. Отсюда ясно, что без широкого внедрения ЭВМ в народное хозяйство мы не сможем обеспечить высокие темпы развития нашей страны» [3, с. 3-4].

Как известно, в ситуации глобальной нехватки дешевой, надежной и доступной вычислительной техники общего применения, в конце 1960-х было принято решение о копировании линейки ИВМ/360. Из сегодняшнего дня хорошо видно, что без коренной реорганизации всего направления производства и применения ЭВМ в стране такое решение не могло стать радикальным решением проблемы. В 1967 году А. И. Китов это предсказывал с точностью до дат: «Тяжелое положение в области ЭВМ в нашей стране усугубляется тем, что мы не только не выпускаем сейчас современных ЭВМ, но и не имеем ясной перспективы выпуска в будущем, т.к. таких машин нет в разработке, в опытных образцах. Попытка положить в основу разработки перспективных машин у нас существующий в США ряд ЭВМ типа ИВМ-360 находится в начальной стадии; несомненно одно, что когда у нас подобные машины будут сделаны (лет через 5-6), американцы уйдут еще дальше, лет на 10 вперед» [3, с. 3-4].

Как раз в 1971 году, когда была выпущена первая ЕС-1022, в ИВМ перешли на систему нового поколения ИВМ/370. А.И. Китов обращал внимание и на нежелательные внешнеполитические последствия отставания в области ЭВМ: «Такое положение с ЭВМ не только подрывает перспективы развития нашей страны, но и отталкивает от нас остальные социалистические страны, которые не видят у нас какой-либо реальной научно-технической основы в области ЭВМ, на которую они тоже могли бы рассчитывать. В связи с этим социалистические страны устанавливают связи с США, Японией, Англией, Францией; закупают там ЭВМ, лицензии, математическое обеспечение; приглашают специалистов. Это не только не способствует сближению их с СССР в настоящее время, но и чревато опасностью для будущих экономических связей всех социалистических стран по следующим причинам: Во-первых, их экономика попадает в зависимость от

снабжения установленных у них зарубежных ЭВМ запасными частями, от обслуживания этих ЭВМ западными специалистами. Во-вторых, применение в социалистических странах математического обеспечения западных стран может воспрепятствовать в будущем автоматизации обмена экономической информацией между социалистическими странами и СССР, т.к. автоматическая передача данных между ЭВМ, расположенными в разных странах, требует единства кодов, системы классификации, алгоритмов и программ обработки» [3, с. 4]. Действительно, в условиях научно-технической и начинавшейся информационной революции СССР не мог показать своим союзникам привлекательной перспективы развития, что, несомненно, стало одним из важных факторов нарастания разногласий в странах Восточного блока.

А.И. Китов констатировал, что в то время, как у нас «кроме разговоров, обещаний и отдельных, в основном, показательных задач, ничего не получается <...> капиталистические страны практически широко используют автоматизацию и вычислительную технику в сфере управления и все дальше уходят вперед по сравнению с СССР» [3, с. 4].

В 1969 г. А.И. Китов направил Генеральному секретарю ЦК КПСС Л.И. Брежневу аналитическую записку «О путях автоматизации процессов управления в народном хозяйстве» [4], в которой развил и конкретизировал некоторые тезисы предыдущего документа. В ней самой резкой критике подвергнуто состояние дел в стране в области использования ЭВМ для управления экономикой – на всех уровнях, от решения конкретных производственных задач отдельного предприятия до решения задач общегосударственного планирования. Один из разделов записки практически дословно повторяет положения документа 1967 года в части, касающейся положения в вычислительной технике. За два года не изменилось ничего – кроме количества ЭВМ в США – их стало свыше 40 тысяч, и в СССР – их стало вместо одной тысячи две...

Интересно сравнить эти – до недавнего времени не известные широкой публике – оценки с оценками, высказывавшимися публично. Например, академик А.А. Дородницын в опубликованной в газете «Правда» статье [1] писал, что положение с обеспеченностью народного хозяйства вычислительными машинами «далеко не радужное». Тем не менее, он пишет, что «за последний год был принят и рекомендован к серийному производству ряд новых образцов вычислительных машин», причем испытания показали и высочайшую надежность центральных процессоров. В то же время «надежность внешних устройств оказалась ниже технических условий». Понимая всю важность и крайнюю необходимость современных внешних устройств для решения в первую очередь экономических задач, он указывал на необходимость коренного улучшения их качества, расширению сортамента и рост количества и призывает сделать для этого «все возможное». При этом Дородницын объясняет отставание в области внешних устройств историческим ходом развития отечественной вычислительной техники, и последствиями войны, недооценкой применения ЭВМ в экономике – тем самым отчасти оправдывая сложившееся положение. Вообще тональность в освещении вопроса такова, что читатель подводится к выводу: да, пока не все замечательно, но меры принимаются и все скоро наладится... Но Китов спустя год (и спустя три года) уже охарактеризовал положение с магнитными лентами (при том, что они не в состоянии обеспечить такую же скорость обработки данных, как магнитные диски) как катастрофическое, и просто констатировал отсутствие устройств ввода и вывода данных. О колоссальном отставании в обеспеченности народного хозяйства вычислительной техникой, о том, что имеющиеся ЭВМ в значительной части уступают американским, об отсутствии системы в разработке программного обеспечения и о других проблемах Дородницын не упоминал. Зато у читателя остается в памяти утверждение о высочайшей надежности центральных процессоров наших ЭВМ.

Разумеется, оценки, подобные сделанным Китовым, не появлялись на страницах прессы, но профессиональное сообщество в целом понимало, что, вопреки официально выражаемому оптимизму ни о каком паритете с США в области вычислительной техники речи не могло быть. Здесь хочется привести знаменательную фразу, которую один из авторов услышал примерно в 1979 году на представительном совещании по вопросам военного применения вычислительной техники из уст одного из ведущих разработчиков: «В последнее время в этой области наметилась позитивная тенденция. Скорость нашего отставания от США стабилизировалась!»

В послевоенные годы Советскому Союзу удалось добиться паритета с США в создании ядерного оружия и вплоть до середины 1960-х годов конкурировать с США в космической гонке. Однако научно-техническое развитие СССР в области вычислительной техники всегда носило догоняющий характер. Она очень долго не рассматривалась государством как ключевой элемент развития, считалось, что это отрасль хотя и важная для обороны страны, но не имеющая самостоятельного значения. Вычислительная техника нового поколения – электронная – поначалу не без труда пробивала себе дорогу. Ее перспективы вызывали скепсис даже у многих специалистов и не были понятны руководителям, полагававшим, что нехватку техники можно компенсировать дополнительными ресурсами вооруженных арифмометрами людей. Поэтому на начальной стадии исследования велись отдельными инициативными группами ученых, в условиях дефицита финансирования и материальных ресурсов.

Когда руководству страны под влиянием ученых стало понятно, что в некотором количестве ЭВМ необходимы для работ в области ядерного оружия и средств его доставки, для создания систем

противоракетной обороны и систем предупреждения о ракетном нападении – такие ЭВМ действительно были созданы. Ресурсов страны и таланта разработчиков хватило для того, чтобы на этих критических участках также поддерживать паритет с США. Однако в области гражданского применения вычислительной техники такого паритета не было изначально. Экономические и социальные предпосылки массового распространения дешевых и качественных компьютеров в нашей стране отсутствовали, поэтому компьютерная революция начала 1980-х годов фактически застала ее врасплох. А вслед за компьютерной революцией произошел и социальный катаклизм, после которого вопрос об отставании от Запада в области компьютеров был надолго снят с повестки дня.

Литература

1. Дородницын А.А. Народное хозяйство и вычислительная техника // Правда. 24 февраля 1966 г. С. 2.
2. Загоруйко Н.Г. Взгляд на историю информатики в институте математики // Проблемы информатики. 2013. № 4. С. 80-88.
3. Китов А.И. О состоянии электронной вычислительной техники в нашей стране. Архив Политехнического музея, ПМ 27189/23.
4. Китов А.И. О путях автоматизации процессов управления в народном хозяйстве. Архив Политехнического музея, ПМ 27189/28.
5. Кобринский Н.Е., Люстерник Л.А. Современное состояние и пути развития вычислительной техники // Вестник АН СССР. 1946. № 8-9. С. 97.
6. КПСС в резолюциях и решениях. Ч. II. М.: Государственное издательство политической литературы, 1953. С. 324.
7. Крайнева И.А., Пивоваров Н.Ю., Шилов В.В. Становление советской научно-технической политики в области вычислительной техники (конец 1940-х – середина 1950-х гг.) // Идеи и Идеалы. 2016. № 3 (29). Т. 1. С. 118-135.
8. Крайнева И.А., Пивоваров Н.Ю., Шилов В.В. Советская вычислительная техника в контексте экономики, образования и идеологии (конец 1940-х – середина 1950-х гг.) // Идеи и Идеалы. 2016. № 4 (30). Т. 1. С. 135-155.
9. Краткий обзор по математическим машинам. РГАЭ, Ф. 8123. Оп. 8. Д. 524.
10. Кутейников А.В., Шилов В.В. АСУ для СССР: письмо А.И. Китова Н.С. Хрущеву, 1959 г. // Вопросы истории естествознания и техники. 2011. № 3. С. 45-52.
11. Малиновский Б.Н. Нет ничего дороже... К.: ЧП Горобец, 2005. С.
12. Новые счетные машины // Правда. 17 ноября 1953 г. 1 с.
13. Панов Д.Ю. Быстродействующие вычислительные машины (Состояние и тенденции развития). РГАНИ, Ф. 5. Оп. 17. Д.512.
14. Ревич Ю.В., Шилов В.В. К вопросу об истоках отечественной компьютерной техники // История информационных технологий в СССР. Знаменитые проекты: компьютеры, связь, микроэлектроника / Под общей редакцией Ю.В. Ревича. М.: Книма, 2016. С. 37-48.
15. Ханин Г. Десятилетие триумфа советской экономики. Годы пятидесятые. <http://saint-juste.narod.ru/hanin.htm>. (2017.05.20).
16. Shilov, Valery. The Development of Computing in the USSR in Comparison with the USA and Other Western Countries // Higher Education in Russia and Beyond. 2016. № 4 (10). Pp. 6-7.

История создания первых отечественных шифропроцессоров «БЛЮМИНГ» и аппаратных шифраторов на их основе

Романец Юрий Васильевич

Генеральный директор ООО Фирма «АНКАД»
Зеленоград, Москва, Россия

Ключевые слова: алгоритм шифрования, шифропроцессор, микросхема, «БЛЮМИНГ», абонентские шифраторы серии «КРИПТОН».

В 1970–1980-х гг. КГБ СССР рассматривал различные изделия микроэлектронной техники для своих потребностей в разработке и использовании в спецтехнике, в том числе – шифровальной технике. Внутри самого КГБ и на подведомственных ему предприятиях велась развернутая работа по освоению микроэлектронной базы и по созданию на ее основе новейшей для того времени корпусной и бескорпусной шифровальной аппаратуры в интересах Министерства обороны, Правительства, собственных служб и сетей связи. В подразделениях активно велись работы по созданию алгоритмов шифрования, одним из результатов которых явилась разработка блочного шифра «Магма-2». Цели создания алгоритма «Магма-2» были намного серьезнее и перспективнее, чем при создании американского DES. Новые разрабатываемые средства шифрования на его основе должны были удовлетворять перспективным требованиям, предъявляемым к шифровальной аппаратуре, в т.ч.:

- давать возможность шифрования как информации, содержащей сведения, являющиеся государственной тайной, так и информации, их не содержащей;
- иметь долгосрочную гарантированность информационной защищенности шифртекста посредством математической доказуемости;
- быть максимально адаптированными к возможности обработки информации в форматах, с которыми работают вычислительные средства (которые в то время начали бурно входить во все стороны технической и общественной жизни);
- обеспечивать высокие эксплуатационные характеристики создаваемой шифровальной аппаратуры;
- алгоритм шифрования не должен быть секретным и, соответственно, шифровальная аппаратура, в которой он должен был использоваться, также не должна быть секретной.

Разработка отечественных шифропроцессоров на основе алгоритма «Магма-2» должна была бы стать ключевым элементом в реализации данной концепции. Вся шифровальная аппаратура по тем временам была секретной или совершенно секретной даже без введенных в аппаратуру ключей шифрования, что значительно удорожало ее производство и эксплуатацию. Использование изделий отечественной микроэлектроники, реализующих алгоритм «Магма-2», позволяло сделать шифраппаратуру несекретной при условии отсутствия введенных ключей. Данное обстоятельство значительно снижало организационные нормы и финансовые затраты при разработке и использовании шифровальных средств. Развитию отечественной электронной отрасли в стране в этот период уделялось значительное внимание.

С 1976 года, когда в Зеленограде из Специализированного вычислительного центра (СВЦ) в результате реорганизации в НИИ Точной технологии (НИИТТ) с опытным заводом «Ангстрем» были переведены ряд подразделений разработчиков микроэлектронных компонентов. На этом предприятии получило бурное развитие направление разработок больших интегральных схем по тематике однокристалльных микро-ЭВМ и микропроцессоров. Уже к 1979 году разработана первая в стране однокристалльная микро-ЭВМ (так ее тогда было принято называть) K1801BE1 на наиболее освоенной на заводе «Ангстрем» N-канальной технологии. Она положила начало успешной серии последующих однокристалльных N-канальных микропроцессоров K1801BM1, K1801BM2 и, в дальнейшем, K1801BM3 и K1801BM4. Общее техническое руководство разработкой компонентной базы микропроцессорного направления в НИИТТ было возложено на Валерия Леонидовича Дшхуняна¹, одного из главных энтузиастов борьбы за появление отечественных микропроцессоров.

¹ Джуханян Валерий Ленидович (1944 г.) – специалист в области электроники, к.т.н. Трудовая деятельность связана с двумя предприятиями – СВЦ, часть которого вошла в НИИТТ (1976) и "Ангстремом". Начинал как инженер по созданию изделий электронной техники. С 1973 г. занимался разработкой микропроцессоров. В 1974 г. был назначен главным конструктором направления в отрасли. Начало развития направления микропроцессорной техники было положено созданием в 1974 г. первого 8-разрядного микропроцессора (СВЦ в содружестве с НИИТТ). Руководил созданием комплекта 32-разрядного микропроцессора (1988-1989), который интегрировал возможности достаточно мощной на то время ЭВМ как VAX, в результате была создана технология проектирования, интегрирующая знания различных научных дисциплин – вычислительной техники, электроники, технологии и т.д. С 1987 г. генеральный директор ОАО «Ангстрем»

Для этих целей «на ходу» пришлось ставить и решать задачи по созданию средств автоматизации проектирования. Небольшая группа разработчиков комплекса программ машинных расчетов электронных схем, получившего название ПАС (Программа анализа схем), во главе с талантливым инженером В.Р. Науменковым, куда я и попал в составе одной из лабораторий отдела, получила не только задачи и возможность писать программные коды, но и в реальном времени, «по живому», отлаживать и совершенствовать ПАС, поскольку она сразу вводилась в эксплуатацию в рамках проводимых здесь же разработок схемотехники микросхем. Нам удалось достичь максимально адекватных по точности расчетных переходных процессов, эмулирующих работу электронных схем. В распоряжении конструктора-тополога в то время был только один слой алюминиевой металлизации. Трассировку связей схемотехнических элементов (топология в то время вынужденно рисовалась вручную цветными карандашами на планшетах из пленки в клеточку) почти повсеместно приходилось делать с использованием нижних слоев кристалла, задействуя или поликремний, или даже диффузионные области. Удельное сопротивление поликремния было на 3 порядка выше, чем у алюминия, т.о., возникали паразитные линии задержки, поэтому разработчику приходилось «читать» разработанную топологию, восстанавливать из нее вручную по фрагментам электрическую схему, рассчитывать все возникшие в топологии паразитные компоненты, вводить их дополнительно в исходные данные для программы анализа схем и только по ее результатам получать уточненные представления о работоспособности разрабатываемого фрагмента схемы. Благодаря столь глубокому «погружению», разработчик вскоре до мелочей «чувствовал» свою схему, а кроме того, не возникало понятие «черный ящик». Это позволяло своевременно и полноценно устранялись возможные вредоносные недеklarированные функции в недоверенной аппаратной среде, если схемы были бы заимствованы, как нередко происходит в нынешний период при покупке зарубежных лицензий.

Во время разработки микропроцессора К1801ВМ1 В.Л. Дшхунян показал мне статью в одном из номеров журнала «Электроника», где была напечатана фотография какого-то зарубежного кристалла с достаточно регулярной структурой топологии и даны скупые комментарии по его назначению. Он попросил осмыслить и сообщить свои оценки по возможности реализации подобного у нас. К выработке оптимального предложения подключился также замечательный разработчик САПРовской программы ПАС, схемотехник В.Р. Науменков. Была предложена ячейка матрицы кристалла из 10 транзисторов, из которых можно было бы создать целую библиотеку логических элементов, включающую элементы типа «НЕ», «И-НЕ», «ИЛИ-НЕ», несколько типов триггеров и т.п. В результате в библиотеку базовой 10-транзисторной ячейки вошел 61 логический элемент, что предоставляло последующим разработчикам функционально разнообразных схем достаточно широкие возможности. Через 1,5 месяца первый базовый матричный кристалл был полностью спроектирован. Как и микропроцессоры, это был тогда N-канальный кристалл, отнесенный в дальнейшем к серии 1801. Так родился первый БИС БМК К1801ВП1, в дальнейшем заложивший основу создания разнообразных серий отечественных БМК. В НИИТТ имелись схемы ПЗУ, ОЗУ, разрабатывались однокристалльные микропроцессоры, так что появление БИС БМК удачно дополняло этот ряд микроэлектронных компонентов, т.к. предоставляло возможность разработчикам конечной электронной аппаратуры (в том числе в других отраслях) самим разрабатывать нужные им разнообразные функциональные схемы вокруг однокристалльного «центрального» микропроцессора, либо без него.

N-канальная технология отличалась относительной простотой, технологический маршрут имел небольшое количество фотошаблонов и был уверенно освоен на производстве завода «Ангстрем». Однако становилось все очевиднее, что стремительно набирающая темпы комплементарная структура металл-оксид-полупроводник (КМОП) сулит еще большие перспективы – выпуск микроэлектронной компонентной базы по более жестким требованиям военных стандартов. Поэтому в 1983 году была поставлена задача по разработке однокристалльного 16-разрядного КМОП микропроцессора с военной приемкой.

Уже в 1984 году государственной комиссии был сдан уникальный военный микропроцессор с серийным названием 1806ВМ2, в создании которого мне пришлось принимать непосредственное участие.

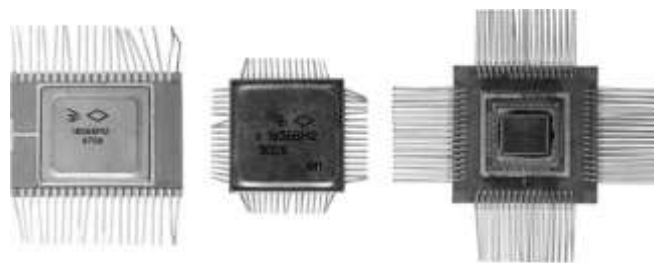


Рисунок 1. Микросхемы (слева направо) 1806ВМ2, 1836ВМ2 и 1537ХМ2

Появление такого микропроцессора и параллельно разработанного КМОП БМК серии 1515XM1, безусловно, следует относить к одному из важнейших достижений отечественной микроэлектроники начала 80-х годов для использования при создании военной и специальной техники. Подтверждением выдающихся показателей надежности и качественных свойств микропроцессора 1806BM2, H1806BM2 является его редкостная востребованность, поскольку он серийно выпускался на отечественном производстве завода «Ангстрем» около 30 лет.

Задачи создания более совершенной отечественной вычислительной техники требовали освоения 32-разрядных архитектур микропроцессоров и сопутствующих им компонентов микросхем. В этой связи в 1985 году в НИИТТ была начата разработка 32-разрядного микропроцессорного комплекта с шифром НИОКР «Электроника-32»; предполагалось, что его архитектура должна быть совместимой с зарубежной ЭВМ серии VAX-II/750 (Корпорации DEC). Впоследствии разработка 32-разрядников стала флагом электронной отрасли.

С появлением зарубежных программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) аналогичные задачи встали и перед нашей электронной отраслью. При НИИ «ЦИКЛОН» был создан отраслевой совет главных конструкторов, в состав которого мне пришлось войти, и на НИИТТ была возложена задача исследования возможностей создания отечественных ПЛИС, программируемых с помощью поля статической памяти, по аналогии с зарубежными ПЛИС фирмы «XILINX» начальных серий 2064 и 2018. С вопросами схемотехники библиотечных элементов, топологии, САПР разобрались довольно быстро и успешно, однако не менее быстро выяснилось, что проектные нормы технологического процесса зарубежной фабрики-изготовителя уже стали серьезно опережать возможности, имеющиеся у завода «Ангстрем», и, следовательно, запуск в производство аналогов с конкурентными характеристиками не представлялся возможным. Однако уже в 1989 году началось строительство нового лабораторного корпуса нашего завода с ориентацией на организацию в нем производства под проектные нормы 0,5 мкм (500 нм). При имеющихся у нас в то время оборудовании и техпроцессах с нормами от 2,5 до 4 мкм такая перспектива тогда казалась фантастической и вселяла большие надежды на значительный скачок в развитии. К сожалению, наша действительность такова, что строительство этого долгожданного корпуса по разным причинам растянулось более чем на 25 лет.

Малоизученная проблематика разработки больших интегральных схем в радиационно стойком исполнении стала едва ли не самым главным разделом тематических работ моего отдела, да и института в целом. Оказалась практически полностью недоступной какая-либо зарубежная информация по этой проблеме, особенно по вопросам технологических процессов. Надо было исследовать и придумывать все самим, нередко вполоуслепу, используя известный метод проб и ошибок. Это значительно удлиняло сроки работ.

В соседнем отделе шли работы по созданию соответствующих схем памяти, а наиболее известными «мощными» работами для нас стали ОКР «Цефей 2-12» по созданию радиационно стойкого функционального аналога, полностью совместимого с «военным» микропроцессором 1806BM2, а также ОКР «Такт-6000» по разработке высокоинтегрированных БМК в таком же исполнении. Заказчики не мелочились и записали в ТЗ самые высокие требования по стойкости к комплексным внешним воздействиям, включая радиационные. В то время у предприятий не было материалов подложек с использованием разного рода изоляторов, что сулило бы более «легкое» достижение лучших характеристик по стойкости (все это стало появляться позднее), поэтому приходилось добиваться нужных результатов, совершенствуя фактически имевшийся базовый КМОП-технологический процесс, что многим казалось задачей неразрешимой.

Полученные результаты не обманули надежд. Уже в 1990 году государственная комиссия, возглавляемая военными, с приглашенными в ее состав представителями других приборостроительных отраслей промышленности успешно приняла разработанный нами первый отечественный 16-разрядный радиационно стойкий микропроцессор, совместимый с 1806BM2, известный как 1836BM2, H1836BM2. Из установочной партии для проведения испытаний и сдачи ОКР было получено более 700 полностью функционирующих микросхем этого микропроцессора. Из различных источников, доступных нам на тот момент, было известно только об одном сопоставимом зарубежном процессоре 80C86RH фирмы «Харрис», США, при этом протоколы испытаний 1836BM2 вселяли большой оптимизм в части стойкости к факторам ядерного взрыва. Параллельно в отделе были успешно завершены работы по БМК и к производству подготовлены радиационно стойкие БМК серии 1537XM1 (около 3200 условных вентилях) и особенно 1537XM2 (18720 вентилях). Последняя микросхема являла собой весьма достойный уровень интеграции и открывала сторонним разработчикам широкие возможности.

Один пример: разработчики НИИ «Квант» Министерства радиопромышленности обратились в НИИТТ по поводу возможностей разработки на базе 1537XM2 сложного функционального модуля по закрытой тематике. После получения подробных консультаций и при нашем авторском сопровождении эти грамотные специалисты успешно разработали и получили на двух БМК 1537XM2 модуль отечественного транспьютера как процессорный «unit» для одноплатной базовой ячейки как типового элемента замены (ТЭЗ) ЭВМ большого высокоскоростного вычислителя для решения специальных задач. К сожалению, дороговизна и избыточность радиационно стойких изделий и самой технологии их производства, накладывающей особо жесткие требования по неукоснительному соблюдению маршрутной карты техпроцесса и подготовке оборудования, а также заведомо малая тиражность таких изделий делали их производство экономически невыгодным для предприятия-изготовителя.

Конечно, жаль, что, сосредоточив усилия на столь важных и ответственных направлениях разработок фактически для военных и специальных применений, параллельно в те годы не были своевременно поставлены работы по разработке высокоинтегрированных аналогов БМК в общепромышленном исполнении. Были сделаны попытки шагнуть еще дальше, так, в рамках еще одной ОКР «Такт-30 000» нам удалось практически на предельных для нашего завода технологических нормах разработать образ радиационно стойкой БМК на 30 000 вентилях, а в НИР «Такт-100 000» при полном понимании, как это следовало бы делать, просто констатировать, что заниматься этим имело бы смысл только при создании производства с проектными нормами хотя бы на уровне 1 мкм и, как минимум, с несколькими слоями для металлизированной разводки. Таким образом, упомянутые последние работы фактически делались лишь в перспективный задел, а на самом деле – «на полку».

Все сказанное выше отражает тот факт, что приобретенные собственные неоценимые знания и опыт в схемотехнике и технологиях при освоении микропроцессорного направления разработок вкупе с БМК и ПЛИС явились безусловной базовой основой для успешного решения задач, инициированных КГБ СССР для целого перспективного направления по созданию отечественной шифровальной техники.

Историю создания сверхбольших интегральных схем (СБИС) семейства «БЛЮМИНГ» можно отсчитывать с 1984 г. К этому моменту уже был разработан блочный шифр «Магма-2», тогда еще бывший совершенно секретным, но впоследствии ставший прототипом несекретного стандарта блочного шифрования ГОСТ 28147-89. На его основе велась разработка аппаратуры шифрования для электронно-вычислительных машин серии Единой системы ЭВМ (ЕС ЭВМ). В то же время уже использовались малогабаритные персональные компьютеры, такие, как ДВК (Диалоговый вычислительный комплекс) и «Электроника-60». Появились микропроцессоры, и все шло к миниатюризации. Было понятно, что большие вычислительные стойки не подходят для массового применения в шифровальном деле по цене, габаритам и характеристикам. В соответствии с приведенными выше соображениями, в 8-м ГУ КГБ СССР родилась идея разработки СБИС шифропроцессора, реализующего блочный алгоритм защиты информации типа «Магма-2».

Однако в тот период о создании 32-разрядных процессоров, и тем более специальных, даже думать было сложно, потому что таких прецедентов в СССР не было. В электронной отрасли приход КГБ с такой мыслью вызвал недоумение и скептицизм. В результате на запрос 8-го ГУ КГБ от МЭП пришел ответ с разъяснением в том духе, что запрашиваемое изделие является слишком сложным – МЭП только что освоил производство 16-разрядных микросхем серии 1801 и занимается их внедрением, тогда как на разработку 32-разрядного специализированного микропроцессора нет ни сил, ни возможностей. Были сделаны попытки убедить МЭП в реальности создания такой СБИС. Именно в это время в 8-м ГУ КГБ к работе был подключен Сергей Всеволодович Петров. По оценке С.В. Петрова, сложность требуемой СБИС могла быть сравнимой с кристаллом микропроцессора 1801ВМ1.

Изначально НИИТТ отказалось брать на себя работу целиком, но согласилось выполнять сопровождение и консультирование разработчиков. В качестве первого шага НИИТТ выдало специалистам 8-го ГУ КГБ технологические нормы, по которым могут быть изготовлены кристаллы. Таким образом, на начальном этапе проработку архитектуры, схемотехники и даже топологии кристалла сотрудникам КГБ пришлось проводить своими силами при слабой организационной поддержке от предприятий МЭП. Позднее все же была поставлена научно-исследовательская работа «Исследование возможности создания СБИС шифратора» под кодовым названием темы – «БЛЮМИНГ» на основе N-канальной технологии. Разработка микросхемы «БЛЮМИНГ» началась в 1985 году. Технологические нормы проектирования составляли тогда 3 микрона. В соответствии с предварительными оценками с учетом технологических возможностей стало ясно, что необходимо стремиться к самому минимальному составу и числу логических элементов в криптографической СБИС. Были сформулированы и сформированы требования, какой именно минимум возможностей должен в себя включать разрабатываемый кристалл СБИС для реализации алгоритма «Магма-2».

Постепенно была разработана блок-схема, при создании которой возник один интересный нюанс: у алгоритма «Магма-2» был узел замены с байтовой организацией – 4 узла замены по 8 бит (поскольку «Магма-2» создавалась для больших ЭВМ, где удобнее было работать байтами). Это требовало 4 килобита памяти. По тому времени это было слишком большое ОЗУ для размещения на кристалле по используемой технологии. В результате произошел возврат к более старому варианту алгоритма «Магма-2», в котором использовалось 8 узлов по 4 бита. Именно этот вариант вошел в будущий ГОСТ 28147-89. Для разработки электрической схемы за основу была взята схемотехника библиотеки элементов от микропроцессора 1801ВМ1. Когда детальная электрическая схема была разработана, наступил момент для начала рисования топологии. С.В. Петров нарисовал топологию одного из фрагментов, состоящего из примерно тысячи транзисторов.

С этим фрагментом специалисты 8-го ГУ КГБ обратились к В.Л. Дшхуняну за консультацией: правильно ли топология понимается и разрабатывается. Именно тогда, в 1986 году, В.Л. Дшхунян поручил сопровождать данную работу мне – начальнику 22 отдела НИИТТ. Это значительно ускорило разработку СБИС «БЛЮМИНГ»: со стороны НИИТТ началось заинтересованное сопровождение данной работы, оказывалась активная помощь и консультации. Были выданы правильные топологические нормы и заключен договор на сопровождение данной работы и производство опытных образцов. Первая топология кристалла была разработана С.В. Петровым в графическом редакторе на VAX в НИИ Автоматики. При подготовке к производству на заводе «Ангстрем» выяснилось, что топология имеет ряд слабых или ошибочных мест,

которые пришлось подправлять при участии наших специалистов. Параллельно имело место улучшение самой схемотехники. Заодно шла и топологическая отладка микросхемы. Наконец кристалл был изготовлен на заводе. Но с первой итерации полностью работающим «БЛЮМИНГ-1» получить не удалось. Основные ошибки были на стыках крупных блоков из-за того, что логическое моделирование шло по частям. Сама топология кристалла тоже была недостаточно проработанной с точки зрения проектирования надежной компонентной базы.

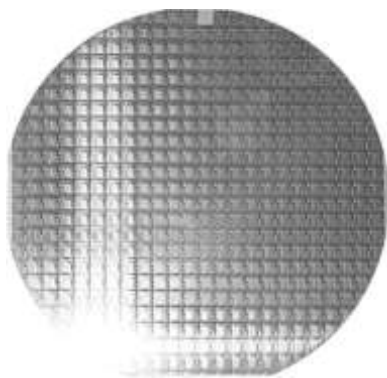


Рисунок 2. Пластина с кристаллами СБИС «БЛЮМИНГ-1»

Первые работающие кристаллы микросхемы «БЛЮМИНГ-1» были получены в 1987 году. Опытные образцы кристаллов в пластине были переданы в 8-е ГУ КГБ СССР. Этот факт вызвал большое удивление у руководства КГБ. Кристалл имел оригинальную архитектуру и действительно реализовывал криптографический стандарт ГОСТ 28147-89. В 1989 г., т.е. примерно к моменту появления ГОСТ 28147-89, были собраны первые 100 работающих микросхем «БЛЮМИНГ-1» в корпусах. К последней итерации были разработаны программные тесты для зондовой установки завода «Ангстрем». Завод готовился к серийному выпуску криптографических микросхем «БЛЮМИНГ-1». По своей структурной схеме и архитектуре кристалл «БЛЮМИНГ-1» являлся полноценным микропроцессором. В нем был автомат управления, стек, возможность получения кода возврата; можно было организовывать циклы, в том числе условные. Все было, как у канонических микропроцессоров. Изначально при разработке ставилась задача сделать кристалл со скоростью шифрования (т.е. скоростью выработки гаммы шифра) не менее одного мегабита в секунду. Для данной архитектуры тактовая частота предполагалась не менее 1,5 МГц. Эти требования и были заложены при проектировании шифропроцессора. Однако результат разработки превзошел все ожидания – кристалл работал на частотах 3–4 МГц. Это позволяло получить скорость шифрования до трех Мбит/с вместо расчетного одного мегабита.

Можно сказать, что в момент своего появления микросхема «БЛЮМИНГ-1» значительно опережала свое время: такие кристаллы хорошо подходили для абонентского шифрования, а абонентское шифрование тогда практически не использовалось. Но, к сожалению, реального потребителя или заказчика аппаратуры абонентского шифрования тогда еще не было.

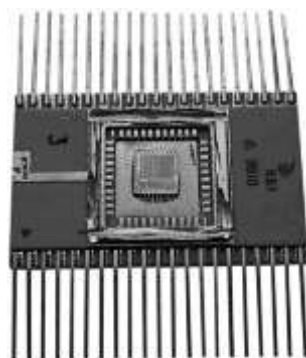


Рисунок 3. Микросхема с разваренным в корпус кристаллом СБИС «БЛЮМИНГ-1»

По изложенным выше причинам в первое время СБИС «БЛЮМИНГ-1» вызывали весьма положительную реакцию экспертов, но на деле оказались невостребованными, поскольку их, по-хорошему, следовало заранее закладывать в какую-нибудь новую разрабатываемую аппаратуру. Производство СБИС «БЛЮМИНГ-1» при существовавшей в СССР плановой экономике предполагало, что должны быть аппаратурные объекты их применения. Кристалл «БЛЮМИНГ-1» получился небольшой, и имелся большой резерв для его усложнения и повышения основных характеристик. Было решено организовать постановку

разработки нового кристалла со значительно более высокими характеристиками на базе перспективной КМОП-технологии.

Таким образом, появление «БЛЮМИНГ-1» дало импульс к дальнейшему развитию направления создания средств криптографической защиты информации. В результате практически «с нуля» было создано целое семейство шифраторов под общей впоследствии зарегистрированной торговой маркой «КРИПТОН». Шифраторам «КРИПТОН» с целью проверки возможностей шифропроцессора «БЛЮМИНГ-1» в реальной работе предшествовало создание серии устройств криптографической защиты информации «Дебют», которая состояла из трех видов одноплатных шифраторов:

- «Дебют-1» предназначался для работы в составе отечественной персональной ЭВМ ДВК;
- «Дебют-2» – для отечественной малой ЭВМ серии СМ (Система малых ЭВМ);
- «Дебют-3» – для ПЭВМ IBM PC с шиной ISA (Industry Standard Architecture – стандартная промышленная архитектура).

При разработке микросхемы «БЛЮМИНГ-1» ее создатели преследовали цель сделать полноценный шифропроцессор: реализованные в нем функции должны были соответствовать требованиям для максимально возможных применений, чтобы для создания полноценного одноплатного шифратора требовалось добавить только минимальную «обвязку» – например, сопряжение с конкретной шиной. Единственное, что не удалось поместить в «БЛЮМИНГ-1», – это датчик случайных чисел (ДСЧ) из-за достаточно специфических требований к его структуре. Поэтому при создании плат шифраторов не нужно было разрабатывать какую-либо специфическую архитектуру – практически достаточно было добавить контроллер шины, ДСЧ и элементы сопряжения. В результате схемотехника плат серии «Дебют» была практически похожей – только разные контроллеры шины и разные форм-факторы самих плат. Платы «Дебют» разрабатывались в 1990 г., когда страна вступала в крайне непростые экономические и политические условия. Первые изделия были разработаны, смонтированы навесным монтажом на платах-прототипах и отлажены. Было разработано также программное обеспечение для генерации ключей и для демонстрации возможностей шифраторов. Тем не менее платы «Дебют» уже можно было во многом считать полноценными шифраторами.

Уже после разработки плат стало ясно, что ввиду остановки развития серии СМ ЭВМ потенциальных заказчиков на «Дебют-2» не осталось. Аналогично неактуальной была бы и демонстрация устройства «Дебют-1». Поэтому «Дебют-1» и «Дебют-2» были выпущены только в виде макетных экземпляров и забыты (как прекратилось и производство тех компьютеров, для которых они создавались). В отличие от них, «Дебют-3» вызвал интерес у потенциальных заказчиков. Однако в связи с прогнозом стоимости такой разработки и сложностями получения финансирования данная работа поставлена не была – «Дебют-3» был выпущен только весьма ограниченным тиражом (около 10 штук), преимущественно с демонстрационным назначением.

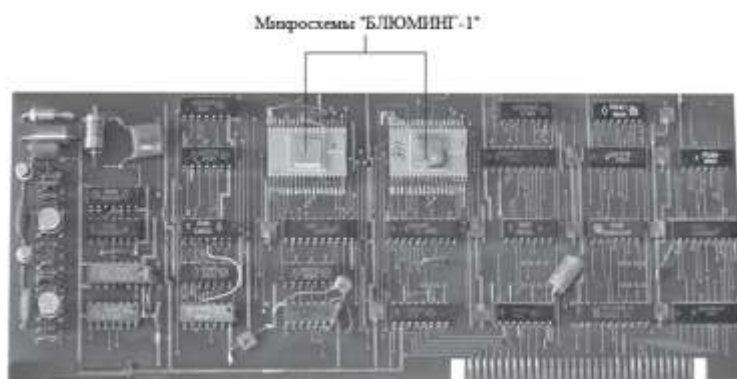


Рисунок 4. Плата «Дебют-3»

Несмотря на актуальность и приемлемые технические характеристики, у плат серии «Дебют» был серьезный недостаток с точки зрения потенциального потребителя: они были достаточно непрезентабельными вследствие пилотной и фактически ручной разработки и сборки. Например, «Дебют-3» для IBM PC был выполнен в полноразмерном форм-факторе платы расширения. Некоторые из использованных микросхем оказались дефицитными. В январе 1991 года группа инициативных разработчиков, принимавших основное и непосредственное участие в создании и начальном развитии направления разработок как собственно шифропроцессоров семейства «БЛЮМИНГ», так и аппаратно-программной платформы для шифровальных средств на их основе, приняла решение о создании нового самостоятельного малого научно-производственного предприятия, которое было зарегистрировано под названием «Фирма «АНКАД».

С согласия руководства НИИТТ и 8 ГУ КГБ СССР дальнейшие работы по совершенствованию и развитию перспективного направления по созданию отечественной шифровальной техники на основе использования доверенных российских однокристалльных 32-х разрядных шифропроцессоров «БЛЮМИНГ» были сосредоточены именно в высокопрофессиональном коллективе Фирмы «АНКАД». Именно здесь родилась и была зарегистрирована теперь широко известная как в России, так и за ее пределами торговая марка «КРИПТОН». При переходе от устройства «Дебют-3» к первому устройству семейства «КРИПТОН» – «КРИПТОН-3» – были внесены заметные усовершенствования для повышения технологичности изделия. «КРИПТОН-3» практически сохранил, за небольшим исключением, все архитектурные и схмотехнические решения плат серии «Дебют». Были внесены некоторые изменения в электрическую схему, прежде всего касающиеся датчика случайных чисел. Некоторые элементы платы «Дебют-3» были достаточно «экзотическими» и вполне ожидаемо оказались труднодоступными для приобретения. В частности, используемые в старой схеме операционные усилители были заменены на компараторы. С внесенными коррекциями в части элементов и электрической схемы плата была переработана для уменьшения ее габаритов: по сравнению с устройством «Дебют-3» габариты платы «КРИПТОН-3» были уменьшены примерно в 2 раза – до половинного форм-фактора стандартной платы расширения IBM PC того времени. Конструктивно и технологически эти платы уже выглядели вполне современно. В качестве основного элемента платы использовались шифропроцессоры «БЛЮМИНГ-1», которые устанавливались попарно на каждую плату для обеспечения дублирования вычислительных процессов криптографических функций, что определялось инженерно-криптографическими требованиями, которые предъявлялись для реализации шифраторов. В остальной структуре устройств «КРИПТОН-3» была достаточно простой: помимо микросхем «БЛЮМИНГ-1» в них использовались:

- элементы подключения к системной шине ISA;
- дешифратор адреса;
- ПЗУ BIOS;
- аппаратный дублированный ДСЧ;
- схема сравнения результатов вычисления шифропроцессоров;
- схема блокировки открытого канала в случае несовпадения результатов выполнения криптоопераций.

Первый работающий шифратор «КРИПТОН-3» был выпущен в начале 1991 г. и показал вполне неплохое для того времени быстродействие: скорость шифрования больших объемов данных колебалась в пределах 50–60 Кбайт/с. Первые платы шифраторов «КРИПТОН-3» прошли аттестацию (тематические исследования) и экспертизу в 8-м Главном управлении КГБ. Заключение экспертов КГБ о реализованном функционале, характеристиках и соответствии требованиям данного устройства оказалось положительным и обнадеживающим.

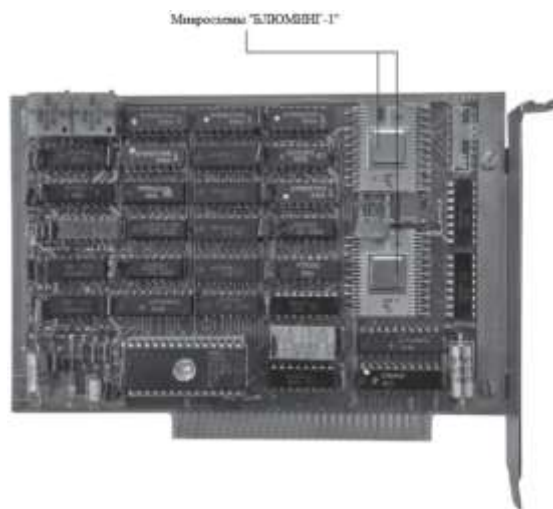


Рисунок 5. Устройство «КРИПТОН-3»

Таким образом, в результате разработки шифраторов серии «Дебют» и «КРИПТОН-3» на основе микросхемы «БЛЮМИНГ-1» специалистами Фирмы «АНКАД» был получен уникальный опыт в проектировании шифровальной аппаратуры: от интегральной микросхемы шифропроцессора до полноценного криптографического изделия широкого применения с высокими специально-техническими характеристиками. Подтвержденные экспертами КГБ характеристики и специальные свойства устройства «КРИПТОН-3» способствовали тому, что уже вскоре после появления шифратор «КРИПТОН-3» нашел своих потребителей – в различных ведомствах РФ стали создаваться системы защиты информации, в которых устройству «КРИПТОН-3» отводились главные роли. «КРИПТОН-3» использовался как криптографическое ядро для выполнения следующих операций:

- шифрующих преобразований;
- выработки ключевой информации;
- различных вспомогательных функций, таких как преобразования криптографических ключей, контроль целостности на основе имитовставок и т.д.

Таким образом, «КРИПТОН-3» стал первым серийно выпускаемым в России одноплатным аппаратным шифратором. Его архитектура и технические параметры отвечали состоянию компьютерного парка страны первой половины 1990-х гг., а уровень надежности был таким, что устройства «КРИПТОН-3» продолжали функционировать у ряда потребителей до 2005 г. В 1994 г. шифратор «КРИПТОН-3» был доработан специалистами Фирмы «АНКАД»: появилось устройство «КРИПТОН-4», скорость шифрования которого выросла до 400 Кбайт/с. Помимо использования дискет в качестве ключевых носителей, «КРИПТОН-4» позволял использовать смарт-карты с открытой памятью (которые представляли собой существенно более надежные носители). Таким образом, сохранив все преимущества своего предшественника, «КРИПТОН-4» обладал улучшенными потребительскими свойствами.

В первой половине 1990-х гг. было разработано еще несколько модификаций шифраторов семейства «КРИПТОН»; некоторые из них отличались интересными особенностями. Устройство «КРИПТОН-ЕС» было разработано для ЭВМ семейства ЕС (Единая система электронных вычислительных машин). Однако и здесь усилия и инициативы специалистов Фирмы «АНКАД» оказались напрасны. Должного развития и распространения эта отечественная вычислительная техника не получила. Была разработана также серия устройств с расширенной системой команд, в которую, по сравнению с набором команд обычных абонентских шифраторов, были добавлены команды работы с ридером смарт-карт SCAT-200. Серия состояла из устройств «КРИПТОН-3СК» и «КРИПТОН-4СК». Отметим, что именно с шифраторов «Дебют» и «КРИПТОН-3» началось создание всей линейки устройств «КРИПТОН». В ответ на постоянное развитие средств вычислительной техники необходимо было своевременно разрабатывать и выпускать новые модификации шифраторов для обеспечения их соответствия характеристикам современных средств вычислительной техники и ужесточающимся требованиям к функционалу и структуре аппаратных шифраторов.

Пришло время внедрять на заводе более современные однокристальные технологии с технологическими нормами 1,5 микрона. Под проектные нормы такой 1,5-микронной технологии и нами был разработан кристалл «БЛЮМИНГ-1К», который оказался первым серьезным кристаллом, изготовленным на этом новом технологическом маршруте «Ангстрема». Разработка была полностью инициативной. В результате, в июле 1995 г. вышли первые образцы кристаллов «БЛЮМИНГ-1К», обладающие всеми необходимыми свойствами, достаточными в том числе и для производства по маршруту с военной приемкой. Фактически «БЛЮМИНГ-1К» представлял собой микросхему, лишенную недостатков: все полученные ранее при разработке микросхем

«БЛЮМИНГ-1» и «БЛЮМИНГ-2» знания и опыт были использованы при разработке шифропроцессора «БЛЮМИНГ-1К».

Когда возникла необходимость разработки шифраторов «КРИПТОН» для более скоростных применений, выяснилось, что быстродействия «БЛЮМИНГ-1К» в ряде случаев может быть недостаточно. Было принято решение использовать «БЛЮМИНГ-1К» в системах, где требуется высокая надежность, но невысокая скорость шифрования. А для высокоскоростных применений решено было создать шифратор с существенно более высоким быстродействием на основе принципиально нового шифропроцессора. В результате Фирма «АНКАД» обратилась к использованию для аппаратных реализаций изделий на основе универсального технического решения в виде программируемых логических интегральных схем – ПЛИС. Разработчики Фирмы «АНКАД» при создании аппаратуры на базе ПЛИС применяют единый подход, позволяющий значительно повысить безопасность и доверенность шифраппаратуры: при разработке прошивок ПЛИС не используются какие-либо готовые библиотечные компоненты (в частности, готовые крупные библиотечные IP-блоки), а ведется проектирование на уровне логических вентилей. В этом случае даже теоретически выглядит достаточно сложным внедрение в ПЛИС каких-либо деструктивных закладок (особенно с избирательностью действия), поскольку никогда заранее неизвестно, как и какие алгоритмы в ПЛИС будут реализованы.

В то время, когда было принято решение разрабатывать первый «КРИПТОН» на основе ПЛИС, как раз началось широкое распространение ПЛИС компании Altera. Шифратор «КРИПТОН-8» – первый шифратор на базе ПЛИС Altera – был создан в 2000 г. Он показал крайне высокую по тем временам скорость шифрования – 8 Мбайт/с. Эталонная аппаратная реализация схемотехники криптоалгоритма в СБИС «БЛЮМИНГ» при переносе ее в «тело» ПЛИС стала визитной карточкой Фирмы «АНКАД» в реализации одного «юнита» шифропроцессора, оформленного на языке описания как законченный IP-макроблок. С тех пор модельный ряд устройств семейства «КРИПТОН» на базе ПЛИС был существенно развит. Широкое разнообразие современных отечественных сертифицированных высокоскоростных шифраторов семейства «КРИПТОН» продолжает активно использоваться для целей криптографической защиты информации, составляющей государственную тайну, в государственных интересах Российской Федерации.

В качестве заключения следует отметить, что сам факт появления в России в столь раннем периоде однокристалльных 32-х разрядных шифропроцессоров «БЛЮМИНГ», полностью оригинальной отечественной разработки, эталонно реализующих государственный российский стандарт шифрования и производимых в так называемой «кремниевой долине» России городе Зеленограде на ведущем предприятии полупроводниковой электронной промышленности бывшего СССР заводе «Ангстрем», т.е. изолированно от проникновения и влияния западных спецслужб, вызвал серьезный переполох в Госдепе и профильной спецслужбе США и был воспринят как «угроза национальным интересам США». В этой связи Фирма «АНКАД» в 1994 году была срочно включена в один из первых списков российских оборонных предприятий для конверсии оборонной промышленности России, подготовленных под патронажем Госдепа и Министерства обороны США. Автор этих строк также был привлечен и «пропущен» через систему промывания мозгов высшему управленческому персоналу ключевых предприятий российской «оборонки» в целях конверсии и ускоренного движения «от коммунизма к демократии» (в их редакции). С деталями и подробностями этого моего «увлекательного приключения» интересующиеся могут познакомиться в изданной нами книге «Фирма «АНКАД» – 25 лет на службе обеспечения информационной безопасности России».

Именно такой способ создания российской военной и специальной техники с углубленным накоплением собственной школы знаний и опыта, как происходило в случае создания шифропроцессоров «БЛЮМИНГ» и линейки шифраторов «КРИПТОН», избавил бы страну от борьбы по линии импортозамещения, экспортных ограничений и прочего. К сожалению, деградация государственной власти в России 90-х годов и, как следствие, огромные потери страны в промышленности и науке, пренебрежение к одной из ключевых для независимого развития многих отраслей электронной отрасли (особенно микроэлектроникой), ввергло нас в глубокую техническую и технологическую зависимость, усугубляющуюся характерной для этого периода «утечкой мозгов» и серьезным ослаблением фундаментальной и прикладной отечественной науки. Восстановление, воссоздание производств и школ знаний после столь глубокого падения, а также существенное снижение упомянутой зависимости от зарубежья, может занять гораздо больше времени, чем некоторым кажется, и потребует весьма тонкой настройки на здравый смысл в мозгах власть предержащих, в случае, если будет удерживаться курс на развитие России и право иметь обширные суверенные национальные интересы, особенно в сфере национальной обороны и безопасности.

История вычислительной техники в музеях и архивах России

Смолевицкая Марина Эрнестовна

Политехнический музей,
Москва, Россия
msmolevitskaya@yandex.ru

Ключевые слова: музей, архив, коллекция, счетные приспособления, математические приборы, перфорационные, аналоговые, цифровые машины, документальные фонды

Введение.

В России рождение, создание и использование различных вычислительных средств происходило параллельно с другими странами. Первые счетные устройства и инструменты начали собираться в Политехническом музее (ПМ) в конце девятнадцатого века. С начала 1950-х годов в музее начали формироваться коллекции механических счетных устройств, аналоговых математических приборов и машин, перфорационной техники. Коллекция ЭЦВМ активно формируется с 1960-х годов. В данный момент фондовое собрание вычислительной техники Политехнического музея является единственным на всей территории бывшего Советского Союза. В других российских музеях сохраняются только отдельные предметы по данной тематике. Некоторая часть документальных материалов отложилась в Архиве Российской академии наук и Российском государственном архиве научно-технической документации. Нередко, особенно со стороны молодежи, можно услышать мнение, что все информационные технологии заимствованы из западных стран. Чтобы сохранить историю российской науки и техники и культурного наследия в целом, очень важно изучать отечественные технические и программные решения в этой области, роль выдающихся ученых, инженеров и коллективов, собирать, сохранять и систематизировать артефакты. В начале 1990-х годов практически все отечественные разработки в области информационных технологий были остановлены, многие научные институты, конструкторские бюро и заводы были закрыты, а архивы этих учреждений были уничтожены. Все сохранившиеся документы и коллекции, связанные с этой темой, усилия коллективов Политехнического музея, других музеев и архивов становятся все более ценными.

Фондовое собрание вычислительной техники Политехнического музея. Музей Прикладных Знаний в Москве (Политехнический музей) был учрежден по повелению Императора Александра II 21 октября 1870 г. Высочайшее распоряжение последовало в ответ на ходатайство Московской Городской Думы об организации «общеобразовательного политехнического музея, посвященного прикладным знаниям, в Москве, как центре русской промышленности, особенно нуждающейся в подобном учреждении».

Фондовое собрание вычислительной техники Политехнического музея включает в себя предметы и документы, охватывающие временной интервал от V века до н.э. до настоящего времени. Этот фонд является единственным и уникальным в нашей стране, на всей территории бывшего Советского Союза.

Вычислительная техника в своем развитии прошла четыре этапа. В V веке до н.э. начали распространяться ручные счетные приборы и использовались до середины 1960-х годов. С 1642 по 1980-е годы широко применялись механические вычислительные машины. Электромеханические машины, появившиеся в 1890-х годах, проработали до 1970-х. В середине XX века электронные вычислительные машины открыли новую эру в получении, хранении и обработке информации.

Комплектование фонда выполнялось в соответствии с разработанными научными концепциями и программами, благодаря которым удалось собрать представительные и достаточные полные коллекции.

Фонд разделен на следующие коллекции:

1. Счетные приспособления и приборы дискретные. Всего 181 ед.хр.
2. Вычислительные машины для выполнения арифметических действий. Арифмометры, суммирующие и табличные машины. Кассовые аппараты. Всего 343 ед.хр.
3. Перфорационные вычислительные машины. Всего 44 ед.хр.
4. Математические аналоговые приборы: планиметры (координатные, полярные, линейные), планиметры степени и интегриметры, гармонические анализаторы и Стилтьес-планиметры, интегралы (основные и обобщенные), комбинированные приборы. Всего 258.
5. Логарифмические таблицы, номограммы, логарифмические линейки, специальные линейки. Всего 139.

6. Аналоговые вычислительные машины: модели прямой аналогии, квазианалоговые вычислительные машины (по принципу нелинейной аналогии), АВМ, использующие машинное моделирование, гидравлические интеграторы В.С.Лукьянова. Всего 131 ед.хр.
7. Электронные микрокалькуляторы: простейшие, инженерные, программируемые, специализированные и электронные игры. Всего 231 ед.хр.
8. Электронные цифровые вычислительные машины: универсальные, специализированные, управляющие. Всего 801 ед.хр.
9. Персональные компьютеры и периферийные устройства к ним. Всего 217 ед.хр.
10. Микропроцессоры и отдельные компоненты компьютеров. Всего 20 ед.хр.

В фонде имеется одна электромеханическая шифровальная машина NeMa, произведенная в Швейцарии в 1946 году (4 ед.хр.). На данный момент в фондовом собрании по вычислительной технике насчитывается 2369 единиц хранения. Первые предметы по данной теме начали поступать в музей в конце XIX столетия по решению членов Постоянной комиссии музея при отделе Прикладной Физики. 7 октября 1893 года они приняли решение «...составить при Политехническом музее собрание по возможности всех имеющих счетных приборов с обязательным нахождением в этом собрании приборов русских изобретателей» [1].

Одним из самых первых экспонатов, поступившим в музей по данной тематике являются «самосчеты» академика В.Я. Буняковского [2]. Этот счетный прибор был подарен его вдовой Екатериной Николаевной через неперемного члена Императорского Общества любителей Естествознания и Антропологии Владимира Георгиевича фон Бооля. Математик, историк и популяризатор вычислительной техники В.Г. фон Бооль изучал счетные приборы и машины, имел публикации в различных технических и специальных журналах [3]. Одну из своих статей «Арифмометр П.Л.Чебышева» с рисунками, выполненными самим П.Л.Чебышевым, он передал музею, а также арифмометр В.Т.Однера, счислитель Куммера. По настоятельной просьбе Чебышева фон Бооль привел свои труды в систему и в 1896 году в Москве небольшим тиражом вышла первая русская монография «Приборы и машины для механического производства арифметических действий», которая стала итогом всей его жизни. В настоящее время эта книга является ценнейшим предметом фонда вычислительной техники - единственным и самым полным обзором счетной техники с середины XVII века до 1890 года.

Предметы коллекции «Счетные приспособления и приборы дискретные» отличаются большим разнообразием конструктивных решений и широким применением в различных сферах деятельности. В коллекцию входят: бирки, квипу, абак, суан-пан, соробан, русские счеты, счеты системы Перского, счеты и счеты-арифмометр системы Компанейского.

В 1984 году в данную коллекцию поступили предметы из частной коллекции Л.Е.Майстрова, ведущего научного сотрудника Института истории естествознания и техники РАН [4]. После его смерти в 1982 году вдова ученого передала в музей: арифмометр К.Томаса (1871), арифмометр В.Т.Однера, изготовленный в годы Первой мировой войны, арифмометр «Загреб» югославского производства (1930-е), множительную механическую машину «Миллионер» (1893 - 1894), в общей сложности 13 музейных предметов.

Мемориальную ценность в этой коллекции имеют следующие предметы, принадлежавшие:

- В.Я. Буняковскому (1804 - 1889) – академику, математику.
- Артоболовскому И.И. (1905- 1977) – академику.
- экспонаты Постоянной всесоюзной выставки "Социалистический учет" (1952 г.);
- ряд предметов из собрания известного специалиста в области истории науки и техники Л.Е. Майстрова (1920 - 1982);
- предметы, принадлежавшие отечественным ученым В.Н. Покровскому (1906 – 1991), одному из основоположников отечественного граверного дела; А.А. Штернфельду (1905 - 1980), российскому ученому, одному из пионеров космонавтики; Н.Д. Зелинскому (1861 - 1953), академику, химику-органику.

Подобных типологических коллекций в нашей стране не комплектуется. Отдельные счетные приспособления и вычислительные устройства хранятся в государственных отечественных музеях, заводских и институтских музеях, в частных коллекциях: Государственный этнографический музей Эстонии (г.Тарту) – наибольшая коллекция бирок; Государственный исторический музей (г.Москва) – бирки, счислители Куммера, большое число различных русских счетов; Государственный музей «Эрмитаж» (г.Санкт-Петербург) - русские счеты, пропорциональные циркули; Государственный музей этнографии (г.Санкт-Петербург) – приборы на табличной основе; в частных коллекциях – прибор Ю.Дьякова.

В 1952 году экспонаты Постоянной всесоюзной выставки «Социалистический учет» (г. Москва, СССР, 1926 – 1952, «Соучет») положили начало научно-техническим типологическим коллекциям «Вычислительные машины для выполнения арифметических действий» и «Перфорационные машины».

В коллекцию «Вычислительные машины для выполнения арифметических действий» входят: механические вычислительные машины, электромеханические вычислительные машины, релейные вычислительные машины и электронные клавишные вычислительные машины. Среди них: арифмометры Однера, арифмометр Томаса де Кольмара, Томас-машины, комптометры Фельта, счислители Куммера и многие другие [5]. В коллекции представлены кассовые аппараты «Националь», «ДСМ», Щетинина и др, которые документируют начало формирования данного класса (период 1900-1950 гг.). Недавно коллекция пополнилась и электронными кассовыми аппаратами.

Всесоюзная постоянная выставка «Союзет» была организована в Москве в 1926 году при Институте техники управления Центральной комиссии Наркомата рабоче-крестьянской инспекции СССР и Акционерном обществе «Оргстрой» [6]. Определенные социальные обстоятельства этого периода, связанные с нэпом, призывами к строгому учету и контролю, началом механизации вычислительных задач и созданием первых машиносчетных бюро, определили название выставки - «За социалистический учет» (с 1946 г. «Социалистический учет»). Важнейшие задачи выставки - пропаганда и популяризация новейших средств и методов учета. Постепенно выставка стала центром теоретической и практической подготовки специалистов в этой области и размещалась на разных площадках в Москве и Казани. Основную часть экспонатов выставки составляли зарубежные образцы известных фирм, главным образом, США и Германии. Это были суммирующие полно клавишные записывающие машины «Виктор», «Герц» и «Рекорд», бухгалтерские машины «Бэрроуз», «Дальтон», «Мун-Гопкинс», табулятор «Пауэрс» и др. [7]. С 1935 года, когда в стране началось массовое производство арифмометров, десятиклавишных суммирующих машин «ДСМ», клавишных вычислительных машин «КСМ» и первых перфорационных машин, выставка стала активно пополняться отечественной продукцией. К началу Отечественной войны в составе выставки находилась единственная в стране и весьма полная коллекция вычислительных устройств отечественного и зарубежного машиностроения (около 300 образцов), а также прекрасная библиотека по данной тематике. Выставка «Союзет» наглядно демонстрировала развитие и состояние счетного машиностроения на тот момент. В послевоенный период задачи механизации учета и вычислительных работ, организации машиносчетных станций и бюро стали особенно актуальными. Руководство выставки стремилось расширить свои функции и поставить деятельность на более высокий уровень. Для решения этих задач и обеспечения гарантированной передачи новой техники на выставку в 1950 году были заключены договоры с ведущими отечественными производителями: с Ленинградским заводом счетных машин «Счетмаш», с Пензенским заводом «САМ», с Государственным союзным рязанским заводом «САМ» и др.

11 октября 1951 года по Постановлению Совета Министров СССР № 19382-р выставка «Союзет» в полном объеме была передана Всесоюзному обществу по распространению политических и научных знаний и включена в качестве постоянного отдела в структуру Политехнического музея. 14 января 1952 года экспонаты выставки были переданы ПМ и поставлены на учет как музейные объекты. В конце июля 1953 года отдел «Механизации учета и вычислительных работ» принял первых посетителей.

В настоящее время наиболее ценную часть коллекций «Вычислительные машины для выполнения арифметических действий» и «Перфорационные машины» составляют бывшие экспонаты выставки «Союзет», около 170 предметов. Благодаря выставке сохранились уникальные и редкие предметы, а также основные типы и модели вычислительных машин, выпускавшихся отечественной промышленностью и иностранными фирмами до начала 1950-х годов. Архив выставки «Союзет» в 1980 году был включен в состав документального фонда ПМ и насчитывает более 500 документов [7]. Опираясь на архивные документы можно с уверенностью сказать, что деятельность выставки «Союзет» позволила сохранить уникальные образцы вычислительной техники, и в конечном итоге, она стала родоначальницей отдела «Вычислительная техника» Политехнического музея.

Научно-техническая коллекция «Перфорационные вычислительные машины» (ПВМ) документирует историческое развитие одного из направлений вычислительной техники – перфорационных вычислительных машин, первых машин с программным управлением и автоматическим вводом информации с помощью перфокарт. Коллекция охватывает период с 1890-х - до конца 1960-х гг. Большую часть предметов составляют экспонаты выставки «Союзет». В коллекцию входит уникальная счетная машина Г.Холлерита, которая применялась при разработке Первой всероссийской переписи 1897 года [8], и первые разработки отечественных ученых С.К.Неслуховского и А.Дулгаряна. В дальнейшем коллекция пополнялась за счет продукции отечественных производителей вычислительной техники в первую очередь это заводы счетно-аналитических машин «САМ» в Москве и Пензе [9].

Предметом коллекции являются вычислительные машины, предназначенные для обработки больших объемов информации, прежде всего в сфере бухгалтерского учета, статистики, экономики, управления и т.п. ПВМ представляют собой комплект устройств различного функционального назначения, связанных между собой технологическим процессом обработки информации. Основной комплект ПВМ составляют перфораторы, контрольные, табуляторы. В расширенный - могут входить

дополнительные устройства (сортировальная машина, итоговый перфоратор, перфоратор-репродуктор и т.д.), позволяющие повысить производительность за счет механизации отдельных участков обработки информации. Также в коллекцию входят предметы и документы по переписям населения периода 1897-2002 гг., всего – 74- предмета. Коллекция «Перфорационные вычислительные машины» уникальное собрание, большинство предметов редкие образцы, сохранились в единичных экземплярах и являются Памятниками науки и техники. Подобных систематических коллекций в нашей стране не комплектовалось.

Коллекция «Математические аналоговые приборы» является научно-технической типологической коллекцией, предмет которой – приборы одного функционального назначения. Математические аналоговые приборы – это приборы, выполняющую механическим способом математическую операцию интегрирования или дифференцирования, использующие представленные графически исходные данные и выдающие результат в числовой или графической форме. Основу коллекции «Математические аналоговые приборы» составили предметы, переданные в музей из Института точной механики и вычислительной техники АН СССР, Научно-исследовательского института счетного машиностроения, Иркутского государственного университета им. А.А.Жданова в 1957-1967 годах. В коллекции представлены следующие предметы, имеющие мемориальную ценность: гармонический анализатор Л.К. Мартенса, известного советского учёного, ведущего специалиста в области двигателестроения и интеграторы А.Б. Штыкана, ведущего специалиста в области создания аналоговых малых многофункциональных приборов. Данная коллекция музея является полной и представительной. В Геодезическом музее Московского института инженеров геодезии и картографии представлены некоторые интересные варианты планиметров, в частности круговой планиметр П.Зарубина и ручной планиметр Н.Ермакова.

В научно-техническую типологическую коллекцию «Логарифмические таблицы и счетные аналоговые устройства» входят: логарифмические таблицы общего и специального назначения, номограммы плоские и пространственные, логарифмические линейки прямоугольные, круглые и цилиндрические (счетные цилиндры: со спиральной шкалой и разрезной), специальные линейки [10]. Коллекция охватывает период с конца XVI века до 2010 года. Логарифмические линейки длительное время занимали исключительное место среди различных средств вычислений. При помощи дешевой логарифмической счетной линейки можно производить до полутора десятка различных видов вычислений с тремя верными знаками, причем намного быстрее, чем на любом другом счетном устройстве, не считая электронных, и совершенно бесшумно, что выгодно отличало ее от механических и электромеханических вычислительных машин. Данная коллекция документирует историческое развитие аналоговых счетных устройств от первых – несовершенных, с малыми вычислительными возможностями, до современных – сверхточных логарифмических таблиц, многочисленных специализированных номограмм и счетных линеек с усовершенствованными шкалами. Основой для создания этой коллекции стали предметы, поступившие с выставки «Соучет». Но большая часть предметов коллекции поступила за последние 20 лет в результате целенаправленной собирательской работы сотрудников группы вычислительной техники ПМ. В коллекцию входят особо ценные и редкие музейные предметы: счетный цилиндр со спиральной шкалой А.Н.Щукарева, разрезной счетный цилиндр М.Е.Подтягина, счетные логарифмические цилиндры Фуллера, А.Нестлера и Э.Тэчера логарифмический прибор К.Гуцевича, пропорциональный циркуль (предшественник логарифмической линейки), логарифмические линейки Биссакера и Петриджа, продукция отечественных и зарубежных фирм.

Коллекция «Логарифмические таблицы и счетные аналоговые устройства» является единственной в нашей стране, поскольку в отечественных музеях систематических коллекций по вычислительным устройствам не формируется. Отдельные счетные логарифмические приспособления и линейки хранятся в государственных отечественных музеях, в музеях учреждений, заводов и институтов, в частных коллекциях. В Государственном Эрмитаже – пропорциональные циркули; Пулковской обсерватории – оригинал таблиц из книги «Таблицы арифметической и геометрической прогрессии с обстоятельными наставлениями, как ими пользоваться при всякого рода вычислениях» И.Бюрги; Музее Московского государственного университета геодезии и картографии – логарифмические таблицы и линейки; в частных коллекциях – логарифмические линейки середины XIX века; в Музее Московского государственного технического университета им.Н.Э.Баумана – счетные линейки С.Ф.Глебова; в частных коллекциях – логарифмические линейки.

Первой машиной в коллекции аналоговой вычислительной техники стал гидроинтегратор ИГ-3, переданный музею в 1956 году рязанским заводом счётно-аналитических машин "САМ" [11, 12]. Интегратор ИГ-3 и интегратор 1-ИГЛ-1-3 разработаны В.С. Лукьяновым, организатором и руководителем первой в стране лаборатории гидравлических аналогий. Интегратор 1-ИГЛ-1-3 (одномерный) подарен музею А.В. Лукьяновым - сыном изобретателя. В целом, эту коллекцию составляет техника производства 1950 - 80-х годов, предоставленная музею либо непосредственно

производителями – заводами счетно-аналитических машин в Москве и Пензе, Научно-исследовательским институтом счётного машиностроения, Иркутским государственным университетом имени А.А. Жданова, Институтом точной механики и вычислительной техники имени С.А.Лебедева, либо теми, кто использовал её в работе - кафедрой гидрогеологии геологического факультета МГУ, Киевским автодорожным институтом, Московским заводом теплотехники. В коллекции представлены аналоговые машины, созданные по разработкам известных учёных - Г.М. Петрова, Л.И. Гутенмахера. Подобных коллекций в России не существует.

Коллекция ЭЦВМ активно формируется с 1960-х годов [13, 14, 15, 16]. В коллекции хранятся первые электронные вычислительные машины отечественного производства 1950 – 1990 - х годов, разработки ведущих научных школ, научно-исследовательских институтов и заводов, создававших и создающих вычислительную технику в нашей стране. Данная коллекция является единственной на всей территории бывшего Советского Союза. Все экспонаты, составляющие коллекцию, уникальны: от ОЗУ на электронно-лучевых трубках первой отечественной серийной ЭЦВМ «Стрела» до Бортового цифрового вычислительного комплекса «Аргон-16», управлявшего полетами космических аппаратов. В коллекции ЭЦВМ есть универсальные, специализированные, управляющие машины, а также отдельные блоки и устройства. Представлены ЭЦВМ всех 4-х поколений: ламповые, полупроводниковые, на интегральных и сверхбольших интегральных схемах [17, 18]. Также представлены мини, микро ЭВМ и супер ЭВМ. Эти коллекции дополняются периферийными устройствами: терминалами, алфавитно-цифровыми печатающими устройствами, графопостроителями, принтерами, диджитайзерами и т.д.

Комплектование коллекции «Электронные микрокалькуляторы и электронные игры» началось в 1974 году с целью популяризации этого нового направления в развитии вычислительной техники. В этот год в музей поступили первые отечественные микрокалькуляторы благодаря сотрудничеству с заводами и институтами Зеленограда. В 1990-е годы границы расширились и в коллекцию были включены образцы мировых лидеров по производству микрокалькуляторов «Canon», «Sharp», «Citizen».

В мае 1993 года в Политехническом музее проходила выставка, на которой были представлены отечественные персональные компьютеры всех классов, литература по персональным компьютерам и компьютерным играм, а также бытовая техника на микропроцессорной основе. Значительная часть экспонатов выставки была сохранена в постоянной экспозиции музея, заложив основу коллекции. С конца 1990-х годов фондовое собрание пополняется не только настольными компьютерами, но и ноутбуками, карманными компьютерами и другими современными электронными устройствами.

В коллекции представлены предметы, имеющие мемориальную ценность:

Разработки ведущих отечественных научных школ: Института точной механики и вычислительной техники им.С.А.Лебедева, Научно-исследовательского института вычислительных комплексов им. М.А.Карцева, Института управляющих электронных машин им. И.С.Брука;

ПК «Lilith», подаренный Н. Виртом, крупнейшим специалистом в области информатики и разработки языков программирования.

По предметам коллекций снимались сюжеты для телевизионных передач и фильмов.

Научные сотрудники музея выступали и выступают с докладами на конференциях, по всем коллекциям писали статьи в изданиях Политехнического музея, Института истории естествознания и техники им. С.И.Вавилова РАН, энциклопедиях, научных и популярных журналах.

До закрытия основного здания Политехнического музея в 2013 году на реконструкцию экспозиции по всем темам имели следующий вид:



Экспозиция «Ручные счетные приборы» Экспозиция «Механические счетные устройства»



Машина Германа Холлерита К 130-летию изобретения В.Т. Однером арифмометра



Аналоговые вычислительные машины Гидроинтегратор В.С. Лукьянова



Экспозиция по ЕС ЭВМ и отечественным супер ЭВМ



Бортовые авиационные машины, ЭЦВМ «МИР-2», персональные компьютеры



Зал электронных цифровых вычислительных машин

В дальнейшем музейный фонд вычислительной техники планируется дополнить рядом разделов и тем, в частности историей создания и развития глобальных и локальных сетей, нейрокомпьютеров, систем защиты информации и т.д.

В связи с переходом общества от индустриального к информационному рассматриваются возможности новых принципов комплектования коллекций. Историческое развитие техники, особенно электронной, идет по пути совмещения различных функций и устройств в одном. Встроенные компьютеры применяются все шире, создаются инструменты с непосредственной передачей информации

в компьютер. Происходит переход от монотехники к политехнике, что безусловно должно найти отражение при дальнейшем формировании музейных коллекций.

Документальные фонды Политехнического музея. Важной составляющей фондового собрания являются документальные материалы по истории вычислительной техники (более 2 000 единиц хранения) [19].

Много лет в музее реализуется программа «История инженерной мысли России», одной из целей которой является создание информационной базы данных о наследии выдающихся российских ученых. Результаты исследований отражаются в серии изданий «Проблемы культурного наследия в области инженерной деятельности». В рамках этой программы собираются экспонаты, связанные с биографией, научной и служебной деятельностью создателей вычислительной техники в Советском Союзе и России [20, 21, 22, 23]. Открыто 13 личных фондов по теме «Отечественные научно-конструкторские школы в области вычислительной техники и информатики», которые насчитывают более 900 подлинных вещевых, документальных, печатных и изобразительных материалов. Политехнический музей сформировал и хранит личные фонды: академиков С.А. Лебедева, В.М. Глушкова, В.С. Бурцева, члена-корреспондента АН СССР И.С. Брука, его учеников М.А. Карцева и Н.Я. Матюхина, талантливых конструкторов Б.И. Рамеева и Ю.Я. Базилевского, основоположников отечественной школы кибернетики А.А. Ляпунова и В.А. Китова, разработчика единственной в мире троичной ЭВМ Н.П. Брусенцова, математика С.Н. Мергеляна, директора Московского завода счетно-аналитических машин В.С. Петрова, организатора и руководителя первой в стране лаборатории гидравлических аналогий В.С. Лукьянова.

Музеи вычислительной техники в России. Музеев, связанных с тематикой вычислительной техники, в России очень мало. Среди них по содержательности экспозиций в первую очередь хотелось бы отметить: Кабинет-музей М.В. Келдыша при Институте прикладной математики им. М.В.Келдыша (<http://www.keldysh.ru/>); Кабинет-музей М.А. Карцева при Научно-исследовательском институте вычислительных комплексов им. М.А.Карцева (<http://www.niivk.ru/>); Музей истории вычислительной техники в Казани (<http://www.icl.kazan.ru>) и Музей истории вычислительной техники Д.М. Златопольского при гимназии № 1530.

С 1995 года началось сотрудничество Политехнического музея с руководством Научно-исследовательского института вычислительных комплексов им. М.А.Карцева. Институт передал Политехническому музею ряд своих разработок, отдельные устройства от машин М-4, М-10, М-13, которые относились к классу суперЭВМ и обеспечивали функционирование объектов в реальном масштабе времени. Кабинет-музей М.А.Карцева при НИИВК был создан во второй половине 1990-х годов, когда Председателем Совета директоров НИИВК стал Юрий Васильевич Рогачев, активный участник всех разработок М.А. Карцева. Фонды музея включают в себя как предметный ряд, так и документальный. Документальные материалы отражают вклад выдающегося ученого, одного из основоположников отечественной вычислительной техники, доктора технических наук, профессора, лауреата Государственной премии СССР Михаила Александровича Карцева. Крайние даты документального фонда: 1952 – 1997, объем фонда 224 ед. хр. В музее представлена уникальная коллекция матриц оперативной и большой памяти ЭВМ типа «М» на ферритовых микро сердечниках с различными системами считывания и записи информации. Подобных коллекций не представлено ни в одном музее мира. В 1985 году в НИИВК была создана самая первая ПЭВМ в Советском Союзе «Агат». Этот экспонат поддержан документами по устройству, процессу разработки и опыту эксплуатации этой машины (50 ед. хр.).

Музей Института точной механики и вычислительной техники им. С. А. Лебедева Российской академии наук был открыт 2 ноября 1982 году к 80-летию со дня рождения академика Сергея Алексеевича Лебедева. Экспозиция размещалась в двух залах, один из которых стал мемориальным, а второй был отведен для показа достижений института и была выстроена в хронологическом порядке, показывая работу института от самой первой ламповой БЭСМ АН СССР и до последних разработок, которыми тогда были многопроцессорные вычислительные комплексы Эльбрус.

Одним из первых в музей ИТМ и ВТ был помещен уникальный экспонат – натуральный макет одной секции машины БЭСМ. От этой машины сохранился также магнитный барабан, когда-то разработанный в ИТМиВТ и подаренный в 1957 году его основному разработчику Олегу Павловичу Васильеву к его юбилею. Эти два экспоната являются официально признанными памятниками науки и техники страны.

Особый раздел экспозиции музея был посвящен первым директорам ИТМ и ВТ — Николаю Григорьевичу Бруевичу, Михаилу Алексеевичу Лаврентьеву и Сергею Алексеевичу Лебедеву. Большое место в экспозиции музея занимали стенды, посвященные основным разработкам и людям, выполнявшим эти разработки. Бережно сохранялись в музее личные вещи, рукописи и научные труды С.А. Лебедева, среди которых была одна из тетрадей с личными записями С.А. Лебедева. Чтение тетради позволяет проследить весь процесс понимания структуры будущей электронной вычислительной

машины. К сожалению, последние несколько лет музей закрыт на ремонт. Уникальные экспонаты хранятся в ящиках.

В ряде высших учебных заведений страны созданы музеи, которые в первую очередь отражают историю этих ВУЗов и до некоторой степени кафедр, связанных с автоматическим управлением, электроникой и вычислительной техникой.

В Москве в 2012 году стараниями коллекционера Андрея Антонова и бизнесмена Евгения Бутмана создан Музей техники фирмы “Apple Computers” (<http://apple-museum.ru>). Коллекция насчитывает сотни экземпляров — персональные компьютеры, периферийные устройства, аксессуары и многое другое. Представлено большое количество литературы, как мемуаров, так и технической документации. Почти все экспонаты находятся в рабочем состоянии. Экспозиция интерактивна — на компьютерах разрешается работать и играть. Музей доступен как для самостоятельного посещения, так и для проведения экскурсий.

В Волгограде в 2014 году Эдуард Стаценко создал свой Музей истории компьютера. В его коллекции компьютерные экспонаты 70-х, 80-х и 90-х годов прошлого века, компьютерные приставки и игры, счеты и калькуляторы. В дальнейшем Э.Стаценко планирует проводить уроки истории информатики для школьников и студентов.

Документальные фонды в архивах России

В государственных архивах России существуют фонды учреждений и личные фонды ученых, разрабатывавших вычислительную технику в нашей стране.

В Архиве РАН хранятся личные дела академиков и членов-корреспондентов по отделению нано технологий и информационных технологий (ОНИТ, ранее ОИВТА – отделение информатики, вычислительной техники и автоматизации), созданы персональные страницы в Базе данных «Персональный состав РАН», образованы личные фонды. На данный момент часть фондов не обработана, по некоторым персоналиям представлена историческая справка и ссылки на дополнительные ресурсы.

Перечень и краткое описание личных фондов в Архиве РАН представлено в таблице 1.

Таблица 1

Отделение нанотехнологий и информационных технологий (ОНИТ РАН)
Матюхин Николай Яковлевич (1927 - 1984), член-корреспондент, специалист в области вычислительной техники и автоматизации проектирования АРАН. Фонд 2132. Фонд не обработан, представлена историческая справка.
Лаврентьев Михаил Алексеевич (1900 - 1980), академик, математик, специалист в области механики АРАН. Фонд 1854. Крайние даты документов фонда: 1957 – 1970. Объём единиц хранения: 52. Представлено обозрение фонда, историческая справка, перечень описей.
Наумов Борис Николаевич (1927 - 1988), академик, специалист в области вычислительной техники и теории управления АРАН. Фонд 2025. Фонд не обработан, представлена историческая справка.
Берг Аксель Иванович (1893 - 1979), академик специалист по радиотехнике и радиолокации АРАН. Фонд 1810 Крайние даты документов фонда: 1908 – 1979. Объём единиц хранения: 696. Представлено обозрение фонда, историческая справка, перечень описей.
Келдыш Мстислав Всеволодович (1911 - 1978), академик математик, специалист в области вычислительной математики АРАН. Фонд 1729. Крайние даты документов фонда: 1908 – 1986. Объём единиц хранения: 411. Представлено обозрение фонда, историческая справка, перечень описей. Документальный фонд Музея Келдыша ИПМ РАН. Фонд 1. Виртуальная документальная выставка Архива РАН: «Первые лица Российской академии наук за пятьдесят лет советской истории (1936 - 1986 гг.)» - Келдыш Мстислав Всеволодович
Лавров Святослав Сергеевич (1923 - 2004), академик специалист в области вычислительной математики Архив Ершова ИСИ СО РАН. Фонд 4. Фонд не обработан. Часть документов оцифрована.

<ul style="list-style-type: none"> • http://ershov.iis.nsk.su/ru/archive/group?nid=395465 • 90 лет со дня рождения С.С. Лаврова (жизнь ученого в фотографиях, документах и воспоминаниях) http://lavrov.iis.nsk.su/
<p>Баталов Борис Васильевич (1938 - 1989), член-корреспондент специалист в области автоматизации проектирования СБИС и аппаратуры на их основе АРАН Ф.1982.</p> <p>Фонд не обработан, представлена историческая справка.</p>
<p>Сотсков Борис Степанович (1908 - 1972), член-корреспондент специалист в области механики, расчета надежности элементов и устройств автоматики и вычислительной техники АРАН Ф.1748.</p> <p>Крайние даты документов фонда: 1924 - 1973 Объем единиц хранения: 41</p> <p>Представлено обозрение фонда, историческая справка, перечень описей.</p>
<p>Люстерник Лазарь Аронович (1899 - 1981), член-корреспондент Специалист по проблемам вариационного исчисления, функционального анализа, топологии, вычислительной математики; АРАН. Фонд 1891.</p> <p>Фонд не обработан, есть историческая справка и обозрение фонда</p>
<p>Ляпунов Алексей Андреевич (1911 - 1973), член-корреспондент Создатель операторного метода программирования.</p> <p>1. АРАН. Фонд 1875.</p> <p>Крайние даты документов фонда: 1930 - 1970 Объем единиц хранения: 113</p> <p>Представлено обозрение фонда, историческая справка, перечень описей.</p> <p>2. ОА СО РАН. Фонд 6. 3. Сайт "Музей А.А. Ляпунова" 4. Фотографии А.А. Ляпунова на сайте "Фотолетопись СО РАН с 1957 г."</p>
<p>Чебышев Пафнутий Львович, (1821-1894), математик, механик, ординарный академик АН (1859) АРАН Ф.505</p> <p>Крайние даты документов фонда: 1841 - 1894 Объем единиц хранения: 108.</p> <p>Представлено обозрение фонда, историческая справка, перечень описей.</p>

В архиве Российской академии наук созданы фонды ряда организаций, деятельность которых связаны с кибернетикой, вычислительной техникой и программированием. Как правило, в них представлена управленческая и научная документация, ежегодные планы и отчеты по НИР, материалы научных семинаров и конференций, личные дела сотрудников, бухгалтерская документация, документы местных комитетов профсоюзов.

Особого внимания и дальнейшего исследования заслуживает фонд Института точной механики и вычислительной техники АН СССР [АРАН. Ф.1559]. Этот фонд включает в себя 97 единиц хранения за период с 1948 по 1964 год, т.е. за тот период времени, когда создавались ЭВМ первых двух поколений. Так как этот институт был создан в 1948 г. на базе Отдела точной механики Института машиноведения, Отдела приближенных вычислений Математического института и Лаборатории электро моделирования и электротехники Энергетического института, то интересны документы, связанные с работами коллективов, перешедших из этих учреждений. Кроме уникальных документов по работам в Лаборатории № 1 С.А. Лебедева, с исторической музейной точки зрения, также уникальными являются материалы по разработке мощного дифференциального анализатора и безламповой электронной вычислительной машины с использованием бесконтактных реле на феррит-диодных элементах ЛЭМ-1 Л.И. Гутенмахера. Ответом на частый вопрос, были ли знакомы наши разработчики первых ЭВМ с зарубежными работами, могут служить документы по научным связям института, по участию сотрудников в международных конференциях. Данный фонд заслуживает дальнейшего кропотливого исследования.

Остальные фонды организаций, деятельность которых была связана с информатикой, вычислительной техникой и программированием представлены в таблице 2.

Таблица 2

Отделение нанотехнологий и информационных технологий (ОНИТ РАН)
<p>Математический институт им. В.А. Стеклова Академии наук СССР АРАН Ф.383</p> <p>Крайние даты документов фонда: 1930 – 1982. Объём единиц хранения: 1022 Представлено обозрение фонда, историческая справка, перечень описей.</p>
<p>Институт автоматки и телемеханики Академии наук СССР АРАН. Фонд 444.</p> <p>Крайние даты документов фонда: 1934 – 1944. Объём единиц хранения: 475 Представлено обозрение фонда, историческая справка, перечень описей.</p>
<p>Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша Академии наук СССР АРАН. Фонд 1939.</p> <p>Крайние даты документов фонда: 1947 – 1988. Объём единиц хранения: 905. Представлено обозрение фонда, историческая справка, перечень описей.</p>
<p>Институт проблем кибернетики Российской академии наук АРАН. Ф.2061.</p> <p>Крайние даты документов фонда: 1984 – 1994. Объём единиц хранения: 308. Представлено обозрение фонда, историческая справка, перечень описей. АРАН. Фонд 2061. Оп.2</p> <p>В описи итоговой научной инвентаризации за 1986 – 1994 гг. перечислены отчеты по завершённым научно-исследовательским работам и диссертациям по темам, связанным с разработкой супер систем, супер ЭВМ и их математическим обеспечением, в частности с супер ЭВМ «Электроника СС БИС», элементной базой техники сверхвысокого быстродействия.</p>
<p>Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского Академии наук СССР АРАН Фонд. 209.</p> <p>Крайние даты документов фонда: 1931 – 1947. Объём единиц хранения: 376. Представлено обозрение фонда, историческая справка, перечень описей. Представляют интерес документы, связанные с разработками И.С.Брука.</p>
<p>Научный совет по комплексной проблеме "Кибернетика" Академии наук СССР АРАН. Фонд 1807.</p> <p>Крайние даты документов фонда: 1959 – 2004. Объём единиц хранения: 611. Представлено обозрение фонда, историческая справка, перечень описей.</p>
<p>Оргкомитет III Всесоюзного математического съезда АРАН. Фонд 651.</p> <p>Крайние даты документов фонда: 1955 – 1957. Объём единиц хранения: 13. Представлено обозрение фонда, историческая справка, перечень описей. На съезде работала специальная секция кибернетики, на которой был сделан ряд докладов по программированию и теоретическим проблемам новой науки.</p>
<p>Вычислительный центр Российской академии наук АРАН. Фонд 1918.</p> <p>Крайние даты документов фонда: 1955 – 2009. Объём единиц хранения: 811. Представлено обозрение фонда, историческая справка, перечень описей.</p> <p>Материалы об участии в работе Международной федерации по обработке информации, Международного научного комитета по проблемам окружающей среды, Международного института прикладного системного анализа (1961-1982); о проведении научных совещаний, конференций и симпозиумов (1967-1988); отчеты об эффективности международного научного сотрудничества по проблеме "Научные вопросы вычислительной техники" (1973-1977).</p>
<p>Вычислительный центр коллективного пользования Российской академии наук АРАН. Ф.2062.</p> <p>Крайние даты документов фонда: 1988 – 1994. Объём единиц хранения: 226. Представлено обозрение фонда, историческая справка, перечень описей.</p> <p>Вычислительный центр существовал в 1987-1994 гг. в составе Отделения информатики, вычислительной техники и автоматизации. В 1994 г. на базе Вычислительного центра и Института проблем кибернетики создан Институт высокопроизводительных вычислительных систем</p>
<p>Институт высокопроизводительных вычислительных систем Российской академии наук АРАН Ф.2118</p> <p>Крайние даты документов фонда: 1994 – 2001. Объём единиц хранения: 119. Представлено обозрение фонда, историческая справка, перечень описей.</p>

Временный научно-технический коллектив «Старт»
Архив Ершова ИСИ СО РАН. Фонд 2.
Фонд не обработан, представлены краткие сведения о фондообразователе.

В Российском архиве научно-технической документации на данный момент представлено несколько фондов, связанных с вычислительной техникой и автоматизированными системами управления. В 2002 году крупнейший отечественный специалист в области создания ЭВМ Виктор Владимирович Пржиялковский (1930 - 2016) передал в РГАНДТ документы, связанные со своей научной и служебной деятельностью, протоколы сессий Совета Главных конструкторов Единой системы электронных вычислительных машин (ЕС ЭВМ) и ряд других документов. Изучение его личного архива позволит полнее и точнее отразить историю создания ЭВМ в нашей стране, и в особенности историю создания ЕС ЭВМ. Документальные фонды генерального директора НПО «Агат» Алексея Алексеевича Мошкова [ГРАНДТ. Ф. 226] и его первого заместителя Ярослава Афанасьевича Хетагурова [РГАНДТ. Ф. 225] поступили в архив соответственно в 2003 и 2004 годах. А.А.Мошков является специалистом в области создания АСУ подводных лодок и надводных кораблей. Его фонд охватывает период с 1945 по 2002 год, в него включена 121 единица хранения: документы научной, изобретательской, служебной и педагогической деятельности, биографические документы и фотодокументы. Я.А.Хетагуров является специалистом в области информационных систем и средств вычислительной техники, боевых информационно-управляющих корабельных систем для подводных лодок и надводных кораблей. Кроме документов научной, изобретательской и служебной деятельности (всего 230 единиц хранения за период с 1934 по 2001 год) в фонд включена аналитическая записка «О развитии гидроакустических систем на цифровой вычислительной технике», автографы 38 участников пуска советской жидкостной двухступенчатой баллистической ракеты для вооружения подводных лодок комплекса Д-9. Документальные фонды Российского архива научно-технической документации требуют дальнейшего внимательного изучения. В частности, Московский завод счетно-аналитических машин совместно с Институтом точной механики и вычислительной техники передал техническую документацию в полном комплекте по лучшей полупроводниковой машине, созданной в СССР, БЭСМ-6. Данная документация может служить существенной поддержкой при изучении музейного предмета «Быстродействующая электронная вычислительная машина БЭСМ-6», который экспонируется в Политехническом музее.

Обзор документальных материалов по истории вычислительной техники в архивах России требует дальнейших исследований и написания отдельных статей.

Литература

1. Постоянная комиссия при Отделе прикладной физики Московского музея прикладных знаний. Протоколы 200 заседаний с 26 октября 1872 года по 26 октября 1902 года. Москва, 1902. - 142 с.
2. Самосчеты академика Буныковского. №п 3. Памятники науки и техники в музеях России: Альбом. Выпуск 2.-М.: Знание, 1996.-168с. ил.
3. Ананьева О.А. Особенности формирования коллекции счетной техники в Политехническом музее. Советский научно-технический музей: Проблемы и перспективы. Сборник научных трудов. Академия наук УССР. Центр исследования научно-технического потенциала и истории науки. Всесоюзное общество «Знание» Политехнический музей. Киев, Наукова думка, 1990. - - С.95-97.
4. Ананьева О.А. Музейное собрание вычислительной техники. Сборник трудов Государственного Политехнического музея (к 120-летию).- М: Знание, 1992. - С.73-77.
5. Арифмометры В.Т.Однера. №п 11 Памятники науки и техники в музеях России: Альбом. Выпуск 2.-М.: Знание, 1996.-168с. ил.
6. Собрание документов выставки «Социалистический учет». ПМ фонд 39.
7. Ананьева О.А. Вычислительные машины для выполнения арифметических действий. Арифмометры, суммирующие и табличные машины: Научный каталог. М.: "ИПП "Куна", 2007.
8. Статистическая машина Г.Голлетира №п 39. Памятники науки и техники в музеях России (к 120-летию Государственного Политехнического музея): Альбом.-М., Знание, 1992.-149с. ил.
9. Ананьева О.А. Московский завод счетно-аналитических машин «САМ». Инженерное наследие Москвы в собрании Политехнического музея: Альбом-сборник. - М.: ООО «Пронто-Москва», 2000. - с. 120 - 129. ил.
10. Русские счетные линейки в собрании Политехнического музея. Вычислительный прибор инженера К.Гуцевича. История техники и музейное дело. Материалы VIII Международной научно-практической конференции 2 - 4 декабря 2014 года. Выпуск 7. - Москва, 2015. - с.263 – 268.
11. Соловьева О.В. Водяные вычислительные машины. Журнал «Наука и Жизнь» — М.:, 2000. — № 4.
12. Кабанова Е.А. Гидравлические вычислительные машины В.С. Лукьянова. Труды Годичной научной конференции Института истории естествознания и техники им. С.И.Вавилова, 2014. – М.: ЛЕНАНД, 2014. – с. 537 – 540.
13. Смолевицкая М.Э. Фондовое собрание «Электронные цифровые вычислительные машины» в Политехническом музее. / Сборник трудов Международной конференции «Развитие вычислительной техники в России и странах бывшего СССР: история и перспективы (SORUCOM)», г.Петрозаводск, Карелия, 3 - 7 июля 2006 г.
14. Смолевицкая М.Э. Уникальная коллекция России – компьютеры в Политехническом музее – газета «Информатика». – М.: Издат. дом «Первое сентября», № 21, 1-15 ноября 2007. – с.35-38, ил.
15. Смолевицкая М.Э. Компьютеры в Политехническом. – М.: Московский Журнал, №12, 2007. – с.54 – 59, ил.
16. Смолевицкая М.Э. Супер-ЭВМ академика В.С.Бурцева. – История техники и музейное дело: материалы 5-й научно-практической конференции, 12-13 декабря 2006 г.: вып.4, Ч.2 / Федеральное агентство по культуре кинематографии Российской Федерации, Политехнический музей. - М.: Политехнический музей, 2007. - 72с.
17. Смолевицкая М.Э. Поколения ЭВМ, УВМ и БЦВМ в Политехническом музее. – История техники и музейное дело: материалы 5-й научно—практической конференции, 12-13 декабря 2006 г.: вып.4, Ч.1 / Федеральное агентство по культуре и кинематографии Российской Федерации, Политехнический музей. - М.: Политехнический музей, 2007. - с.122 – 132.
18. Smolevitskaya M. The Computers Collection at the Polytechnic Museum // Making the History of Computing Relevant. IFIP WG 9.7 International Conference, HC 2013, London, UK, June 17 -18, 2013. Revised Selected Papers. Springer Heidelberg Dordrecht London NewYork. Editor Arthur Tatnall – p. 53 – 63.
19. Смолевицкая М.Э. Начало информатики в России: уникальные документы из собрания Отдела письменных источников Политехнического музея / Истории техники и музейное дело: материалы VII научно-практ. конф., 8-9 декабря 2010 г. Вып. 6. – М.; Спб.: Нестор-История, 2013. – с.100 – 105.
20. Михаил Александрович Карцев – выдающийся конструктор отечественных вычислительных комплексов. Проблемы культурного наследия в области инженерной деятельности: сб. ст. / Политехн. музей; Вып. 5. – М.: Двигатель, 2007- с. 293 – 321.
21. Исаак Семенович Брук – родоначальник отечественных малых вычислительных и управляющих машин. - Проблемы культурного наследия в области инженерной деятельности: сб. ст. / Политехн. музей; Вып. 5. – М.: Двигатель, 2007. - с. 322 – 334.
22. Смолевицкая М.Э. Личные фонды основоположников отечественной электронной вычислительной техники в Политехническом музее // Труды годичной научной конференции Института истории естествознания и техники РАН. – М.: ЛЕНАНД, 2014. – с.314 – 317.
23. Smolevitskaya M. The Personal Documentary Funds of the Computer Technology Founders at the Polytechnic Museum // 11th IFIP TC 9 International Conference on Human Choice and Computers, Turku, Finland, 30 July – 1 August 2014 Proceedings. Editor Kai Kimppa. – p. 203 – 213.

Памяти Владимира Николаевича Березина

Соболь Вадим Маркович

АО НИИАА им. ак. В.С. Семенихина
гл. спец. АО «Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт автоматической аппаратуры им. академика В.С. Семенихина»
sobolvm@yandex.ru

Годы летят, и, увы, многое теряется из виду! Остаются в памяти только «верстовые столбы» самых значимых встреч и событий, и ещё – добрая светлая память сердца. Коснусь нескольких событий, связанных с Владимиром Николаевичем Березиным¹ и оставивших заметный, я бы сказал, судьбоносный след в моей профессиональной жизни.

Начало наших деловых отношений с ВН восходит к весне 1973 года. В ту пору в СССР строили утопический коммунизм, всенародно обещанный пламенным Генсеком Никитой Хрущевым. Коммунизм непременно должен был наступить в 1980 году. Стране многого ещё не хватало, но при этом все в Москве знали, что «в принципе все есть». Тем не менее, на этом фоне повседневных лишений самого элементарного, ни у кого не было и близко тени сомнений в нашем неоспоримом могуществе и прочности страны. Как тут не вспомнить восхитительный КВН, в котором лукавым эзоповским языком рассказывалось о стране сказок, в которой наряду со сказочными успехами были сказочные недостатки.

В НИИАА шла очередная структурная реорганизация. Руководство института, с верноподданнической оглядкой на тогдашнее высшее руководство страны, лихо преобразовывавшее колхозно-совхозные совнархозы в совхозно-колхозные, самозабвенно создавало новые подразделения, отделы, сектора, перетасовывало сотрудников, формировало новые коллективы, меняя привычный тематический профиль их работы и даже профессии. Так разработчиков аппаратных средств, с большим опытом работы, успевшим зарекомендовать себя на создании сложной цифровой техники, различных комплексов, процессоров, контроллеров внешних устройств и каналов и т.п., спешно перековывали в исключительно востребованных новыми задачами программистов, круто меняя их профессиональную судьбу.

К моменту этой структурной институтской перестройки отдел ВН был всецело занят разработкой системных программ крупного проекта «Алмаз», который совместно с институтом «Восход» велся в интересах развития средств управления ПВО. Он с головой был поглощен организацией решения многочисленных задач операционного обеспечения многомашинного вычислительного комплекса, когда на него внезапно обрушилась абсолютно новая фантастически сложная проблема создания базовой системы обмена данными в масштабе страны. Для ускоренной реализации этой глобальной задачи потребовались значительные производственные и людские ресурсы. Поэтому ВН пришлось отказаться от ведения работ по ОКР «Алмаз» и передать их другому специально созданному подразделению. Вот так мне предложили завершить едва начатые ВН работы в части общего ПО комплекса «Алмаз».

К тому времени в составе небольшой группы из двух инженеров и лаборанта, которую я, тогда ведущий инженер, неформально возглавлял, была завершена программная полномасштабная функциональная модель ЭВМ 5Э76Б. Разработка шла в авральном порядке под непосредственным руководством д.т.н. Николая Яковлевича Матюхина. Сроки были сжатыми, и чтобы уложиться в них, апологет автоматизации проектирования ЦВМ на ЭВМ будущий член-корр Николай Яковлевич, которого за глаза сотрудники называли НЯМ-НЯМом, поручил мне создать адекватную функциональную модель проектируемой машины. На модели без изготовления «железа» превентивно была полностью отлажена вся микропрограмма процессора и контроллера межмашинного канала. Я намеревался и дальше развивать созданную модель, когда внезапно Евгений Георгиевич Сталин, «перетаскивший» некогда меня в НИИАА из института космического приборостроения, с одобрения НЯМ-НЯМа предложил мне возглавить сектор операционных систем. Этому сектору и передавалась от подразделений ВН разработка программных драйверов для контроллеров всех внешних устройств проекта «Алмаз». Для меня это было новое дело, поскольку в своих повседневных «модельных» задачах больше тяготел к «железу» – аппаратным средствам проектируемых комплексов. И вот в этот переломный момент моей профессиональной деятельности меня в буквальном смысле спас ВН.

Прекрасный организатор, с большим опытом работы, ВН всегда придерживался золотого правила разработчика, образно сформулированного знаменитым американским авиаконструктором Дугласом:

¹ Березин Владимир Николаевич (1930–2007) – начальник Научно-технического центра систем передачи данных НИИ автоматической аппаратуры (АО НИИАА), д.т.н., профессор

«Самолет взлетает тогда, когда вес его конструкторской документации превышает вес самолета». Таковы неизменные требования к детализации всех программных, конструкторских и технологических документов. В методологии проектирования любых сложных программных систем ВН неизменно предварительно создавал солидный пакет информационно-логических протоколов, в которых с ювелирной тщательностью отражал малейшие подробности функционирования будущего изделия или его соответствующего компонента. Детально расписывались все будущие инфологические и датологические структуры, перечень программных интерфейсов в виде набора системы команд и т.п. Это было непросто тривиальное описание, а точное указание, как, в каких комбинациях, использовать интерфейсные программные команды.

Именно этот пакет протоколов явился для меня тем «спасательным кругом», который так вовремя и совершенно бескорыстно «бросил» мне ВН. Несмотря на страшный дефицит кадровых программистов, он «пожертвовал» мне двух лучших своих профессионалов – Мишу Лесова и Володю Эпштейна, хорошо осведомленных с «алмазной» тематикой. ВН, ценитель прекрасного, был неравнодушен к красивым программисткам, но все же «отстегнул», скрепя сердце, нам в помощь и привлекательную блондинку Людмилу Мещерякову. В целом же коллектив моего нового сектора состоял из бывших «аппаратчиков», разработчиков «железа». Вспоминаю, как Тамара Никифорова, непосредственный разработчик «железного» межмашинного канала, объединявшего шесть ЭВМ 5Э76Б в единый комплекс восприняла, словно китайскую грамоту, «березинский» протокол программной организации этого межмашинного обмена, пытаясь осмыслить совершенно новый для неё уровень управления. Так что начинать работы по «Алмазу» пришлось не с нуля. Сам принцип организации и реализации любых новых проектов предварять осмыслением и созданием информационной базы в виде пакета протоколов и соглашений ВН привил мне на всю мою профессиональную жизнь. Это пригодилось мне в последствие при создании целой «флотилии» коммуникационных систем документального обмена. Поэтому с полным основанием воспринимаю ВН как своего Учителя, о чем ему с благодарностью говорил, а он со свойственным ему природным юмором слегка подтрунивал над моими слащавыми словами признательности.

И все же, несмотря на такую существенную поддержку, работа по «Алмазу» протекала натужно и без особого успеха. У молодого коллектива, несмотря на энтузиазм и ненормированное рабочее время, не хватало опыта, не хватало машинного времени, но у всех было неимоверное желание довести начатое ВН дело до завершения².

ВН, несмотря на жуткую занятость, как мог, выручал нас, где советом, а где и дефицитным машинным временем. Но он не был добреньким дядей, любую нашу программистскую глупость, а тем более нерадивость, с язвительностью высмеивал. В делах ВН был суров и непримирим. В минуты крайнего раздражения его могучая «бульдोजья» челюсть неимоверно выпячивалась вперед а-ля итальянский дуче, парализуя провинившегося. Для тех же, кто, оправдываясь, рисковал вступать с ним в пререкания, он, с тяжелым взором, произносил пару коверканных слов: «Сисяс уснаес» из хохмы про дурака, вырвавшего зуб у спящего дракона. Но чаще всего ВН просто по-доброму высмеивал своим неизменным «кхе-кхе-кхе» и наставлял нерадивого на путь праведный. Так общими усилиями и при постоянной поддержке ВН мы в итоге своим коллективом преодолели все стоявшие «алмазные» трудности.

1975 год. В огромном бетонном подземелье заработало, наконец, то, что в полном смысле слова, предназначал ВН. На широкоформатном экране, как в самом современном кинотеатре, светится огромный контур карты Европы со всеми НАТОвскими самолетами, отображая воздушную обстановку (высоту, координаты, скорость, состав самолетных групп и т.п.), на всем западноевропейском пространстве. У многочисленных операторов на индивидуальных мониторах, словно у депутатов в нынешней Государственной Думе, по желанию мог быть высвечен любой фрагмент воздушного пространства. Комплекс из пяти матюхинских основных ЭВМ 5Э76Б и ещё одной резервной, готовой подхватить работу любой другой ЭВМ, с березинским интеллектуальным ПО, в режиме non-stop устойчиво несет боевое дежурство.

Наш триумф был оценен Родиной правительственными наградами. И с нами в знаменитом Георгиевском зале Кремля получал орден ВН! Вручал награды заместитель председателя президиума Верховного Совета СССР М.А. Яснов. На большой широкоформатной фотографии был запечатлен выстроенный в несколько рядов весь творческий коллектив, трудами которого создано было это «алмазное» изделие. А после парадного кремлевского приема мы вместе с ВН «обмывали» наши награды

² Мы задерживали смежников из «Восхода», на что по-дружески, но все же, по-партийному довольно жестко, реагировал главный инженер «Восхода» Грибов, грозя начальнику нашего подразделения Н.Я. Матюхину в случае дальнейшего затягивания работ включить на нас «говномет» на полную катушку.

на хрестоматийно известном балконе кафе 15-го этажа гостиницы «Москва». ВН был в ударе, без конца шутил, буквально фонтанировал байками, прибаутками, анекдотами. В приподнятом великодушном настроении мы, тогда такие ещё молодые, «ржали» от его шуток до упада...

В конце восьмидесятых завершилась разработка коммуникационного комплекса телеграфного обмена (КТО), составлявшего основу будущей автоматизированной системы документального обмена. ВН, как начальник всего программистского подразделения отвечал и за этот фронт работ, проводимых в его ведомстве. Предстояли ответственные испытания, а у разработчиков ПО, не сходились концы с концами в самом главном параметре КТО – вместо требуемых 64-х телеграфных установок он коммутировал только половину – 32 ТГУ. Причина была в исключительно малой оперативной памяти вычислителя «Электроника 81» – всего 64 Кб. В это «прокрустово ложе» надо было втиснуть протоколы телеграфного обмена, абонентский протокол, протокол передачи телеграфной информации, административное управление комплексом, регистрацию и обработку статистических данных обмена, всю многоуровневую транспортную составляющую для связи с абонентами БСОД и т.д. Это сейчас программисты избалованы гигантской производительностью вычислителей и колоссальными объемами их памяти. А тогда надо было применять немалую изворотливость, чтобы уместить программы в скудные объемы памяти.

Каждый раз на многочисленных совещаниях, где обсуждались эти проблемы, ВН был крут, беспощаден и невероятно настойчив, а беспомощные программисты пытались аргументировано доказать недостижимость требуемых показателей из-за аппаратных ограничений. Но за плечами у ВН был разработанный сложнейший ЦКС «Континент», в составе которого коммутатор на 16 ТГУ, и он мог довольно уверенно утверждать, сколько потребуется вычислительных ресурсов для 64 абонентских установок. Требовался поиск нестандартного решения, но какого именно – неизвестно.

В ту пору, помимо общего руководства программным проектом и взаимодействия со специалистами отдела, которым руководил Е.Г.Сталин, мне пришлось доводить до кондиции ряд функциональных, вспомогательных и отладочных программ (утилит), в частности, начальный, а затем и системный загрузчик ПО, после завершения работы которого собственно начинались выполняться все основные программные задачи КТО. Первоначальный технологический вариант загрузчика, созданный одним не очень опытным специалистом, отнимал у программистов слишком много дефицитного машинного времени на загрузку. Пришлось взяться за оптимизацию функций загрузчика. Встревоженный нашими просчетами ВН застал меня на стенде именно за этим делом. С мрачным подавленным видом он почти умоляющим голосом попросил меня срочно переключиться на поиск выхода из создавшегося положения и заняться неразрешенной проблемой усеченных возможностей КТО. Никогда ни до, ни после я не видел ВН в таком угнетенном состоянии...

С этого момента начался многолетний период телеграфной коммутации. Опытнейший ВН предсказал, что для решения возникшей проблемы нужен какой-то неформальный программный «трюк», потому что в лоб проблему не решить. Пришлось погрузиться в глубины чужих программ. Каждый, кому доводилось заниматься этим делом, копаться в исходниках, лишенных, как правило, четких и ясных комментариев, поймет меня, насколько это утомительное и нудное занятие. После тщательного «препарирования» объемистого ПО, удалось все же распознать «ахиллесову пяту» проблемы. По счастью, после недолгих раздумий, решающий проблему «трюк», на который намекал ВН, мною был найден! Все, кто утверждал, что решение найти невозможно, были по своему правы, но исходили из общепринятого канонического решения – за каждым внешним устройством закрепляется свой управляющий процесс (драйвер), со всеми своими атрибутами: дескриптором процесса, индивидуальным рабочим пространством (стеком) и другими программными средствами (векторами прерываний, глобальными переменными и т.п.). Все это неизбежно требовало уйму памяти, которой на управление 64-мя ТГУ явно не хватало. Я по неведению отступил от этого классического правила, и запустил для всех ТГУ всего один процесс ввода, разделив по минимуму только индивидуальные переменные. И решение сложилось.

Окрыленный успехом ВН воспрянул духом, просветлел, и никого из оппонентов не попрекнул даже намеком, несмотря на немало потраченных нервов, времени и средств убеждения. Государственные испытания КТО прошли вполне удовлетворительно, КТО была присвоена литера О1, тамбовский завод изготовил 17 комплектов изделия. Но, увы, беспрецедентный развал СССР почти полностью похоронил намеченное внедрение КТО. Тем не менее, он был установлен на пяти объектах Заказчика: в Москве, в Московской области, в Североморске, в Петербурге и под Петербургом. На базе КТО в сочетании с БСОД весьма продуктивно заработала автоматизированная система документального обмена. Занятна эксплуатационная судьба КТО. Там, где он заменял непосредственные связи между телеграфными установками на коммутируемые связи, первоначально его внедрение встречали с глухим ропотом, а спустя некоторое время после освоения не могли без него обходиться. Ежедневно тысячи срочных сообщений передавались с КТО во все удаленные концы страны напрямую и через БСОД, созданную ВН.

Особое внимание ВН уделял проблемам качества разрабатываемых программ, надежности и устойчивости их функционирования. В своей фундаментальной работе «Разработка программного обеспечения центра коммутации пакетов» (Сб. Вопросы кибернетики. Протоколы и методы коммутации в вычислительных сетях. М. 1986 г.) он одним из первых обосновал парадигму информационной надежности программ и вычислительного процесса. ВН глубоко понимал, что многие части программного обеспечения слишком сложны и их невозможно полностью проверить за конечный отрезок времени. В отличие от большинства высоких руководителей ВН ясно сознавал, что программирование – это творческий процесс, для завершения которого требуется определенный промежуток времени, который не сократится, даже если подключить больше людей³. Для выявления и устранения программных ошибок в процессе разработки излюбленным коньком ВН было всяческое одобрение и поощрение дополнительно создаваемого программистами разнообразного отладочного инструментария: различных имитаторов, тестов, подпрограмм трассировки и утилит, позволявших глубоко диагностировать функциональные программы, имитировать полунатурные нагрузки на испытываемые комплексы и эффективно решать головоломки, возникающие при отладке. Он неизменно напоминал коллегам о вездесущем неумолимом законе Мерфи: «если какая-нибудь неприятность (в программе) может произойти, она случится» и со смехом добавлял известный комментарий Каллагана: «Мерфи был оптимист!». По мнению ВН законченной программой является только та, в которой нет ошибок, а не та, которая правильно функционирует большую часть времени.

Поэтому, когда Юрий Васильевич Голубев запустил свой имитатор сетевой нагрузки для ЦКС, вскрывавший массу недочетов в отлаживаемых программах с учетом многочисленных режимов их работы, то на всех пятиминутках ВН возглашал: «Голубев!, Голубев!, Голубев! Твоему имитатору цены нет», – призывая коллег активно следовать такому профессиональному подходу. А когда проводили комплексную отладку АКЦ, КТО и КАПС, ВН был в восторге, ознакомившись на стенде с возможностями созданного совместно с Игорем Ударцевым телеграфного имитатора. «Это же готовая кандидатская диссертация!». Точно также когда-то он высоко оценил весьма оригинальный тест межмашинного обмена комплекса «Алмаз», подготовленный прикомандированной к нам от предприятия «Восход» Лидой Кузьминой. Она реализовала формирование заявок на обмен, используя генератор случайных чисел, позволяющий стохастически воспроизводить широкий спектр разнообразных значений параметров заявок. ВН при этом, встав с огромными кулаками в боксерскую стойку глухой защиты, весьма наглядно изобразил, что, увы, не всегда возможно в каждой программе вот так защищаться и контролировать на допустимость все входные параметры, а как надо бы, во избежание непредсказуемых результатов.

По поводу «боксерских навыков» ВН однажды поведал любопытную байку, что по молодости, защищая честь некой дамы (дело происходило на смотровой площадке на Ленинских горах), он получил ошеломляющий нокаутирующий удар от незнакомца, которым оказался ... знаменитый боксер Сергей Королев. Оглушенный ВН, по его признанию, мгновенно полностью отключился не испытав даже боли, а растерянный Королев, не рассчитавший своей силы, тут же стал приводить его в чувство и раскаянно приносить свои извинения. ВН гордился этим своим рыцарским афронтом. Не был злопамятен, также как, впрочем, и не «калькулировал», кому он сделал добро. Ему претила низменная радость, которую Достоевский с презрением называл «административным восторгом»: ущемить человека, оказавшегося в зависимости от него.

Последние годы жизни д.т.н. ВН преподавал в МИРЭА, консультировал по разным техническим вопросам, возникающим в текущей работе НТЦ СПД. Для студентов ВН подготовил учебное пособие по языку Си, изобилующее доступными приемами программирования, существенно облегчавших освоение профессионального языка. Но уж после этого был абсолютно непримирим на зачете, если нерадивый студент вместо изящной «Си-шной» инкрементации $i++$ использовал запись $i+1$. Когда временами мне приходилось заглядывать в его служебный кабинет, он находил несколько свободных минут на неформальное общение. Словоохотливый ВН был большой знаток и любитель бардовских песен, знал невероятное число стихов, которые читал нам запоем наизусть. С особенным восторгом он вспоминал свои походы с друзьями на байдарках по северным порожистым рекам, палаточную туристическую вольницу и веселящий душу дым у костра с кипящим котелком. Бесконечно глубокими были философские рассуждения этого мудреца, повидавшего многое на своем веку. Он явственно ощущал жизнь как бесконечную борьбу – борьбу мнений, борьбу выбора путей развития, человеческих

³ По этому поводу ВН всегда припоминал анекдот, когда малолетний сынишка попросил у матери подарить ему сестренку к близящемуся дню рождения. А мама объяснила, что есть небольшое затруднение, связанное со временем. «А ты поступи как папа, подклочи к этому побольше людей», – посоветовал сын...

отношений. Он понимал, что естественное, свойственное человеку честолюбие и индивидуальное стремление к совершенству не должно перерождаться в корыстную амбициозность – коллективный труд должен быть открытым для совместного поиска правильных как человеческих, так и профессиональных инженерных решений. И сам всегда следовал этому своему кредо, щедро раздавая интересные технические идеи. На совещаниях, научных советах и других публичных диспутах ВН как заправский бойцовский петух умел жестко отстаивать свое мнение, чеканя слова хорошо поставленным лекторским голосом.

ВН постоянно обуревали тяжелые пассионарные раздумья о Родине в связи с творящимся беспределом в стране, но в душе его всегда тлела надежда на её неизбежное духовное и материальное возрождение. Его задевала укоренившаяся приземленная оценка нашим обществом инженерного труда. Он с печалью повторял «бородатый» анекдот об учителе, увещевавшем школьников, поднявших в классе гомерический хохот, когда услышали, что чей-то папа по профессии не продавец, не завсклада, не менеджер, а простой инженер – «нельзя смеяться, дети, если в семье несчастье!». В понятии ВН инженерный труд незаслуженно лишили коннотации творческого. Творческими работниками считаются артисты, художники, музыканты... А все, кто создает совершенно новые неслыханные и невообразимые ранее приборы, изделия, методы лечения, исследуют живую природу, словом создают то, чем повседневно пользуется весь мир, в том числе и «творческие работники», оказываются в массе своей забытыми и просто выпавшими из славной категории творцов. Теперь, как не раз говаривал ВН, высокооплачиваемые шуты и скоморохи оказываются более востребованы интеллектуально скудеющим обществом, чем академики и нобелевские лауреаты. По мнению ВН высочайшее звание «народный артист», увы, безнадежно девальвировало на эстрадных подмостках. Он сетовал, что нелегкая жизнь вынуждает народ искать примитивные легкодоступные удовольствия.

Вместе с тем, доктор наук, ВН никогда не страдал заносчивостью, высокомерием и безмерной гордыней. Он всегда был доступен и открыт для коллег. ВН с большим удовольствием поддерживал все наши корпоративные междусобойчики и посиделки, при случае со всеми запросто «хлебал» вино и «горькую», сыпал цветистыми кавказскими тостами, пел застольные песни и раздрающие душу проникновенные русские романсы, веселился как молодой жених, постоянно подтверждая истинность шутливой постулаты барона Мюнхгаузена: «Ничто так не свидетельствует об уме человека, как его способность валять дурака». ВН до конца жизни остался жизнелюбивым, любознательным человеком, заражал нас хорошим настроением, заряжал своей неутомимой энергией. Таким и остался в сердцах тех, кто его знал, кто прошел с ним нелегкую жизненную и производственную школу, для тех, кто, как и я, считал его своим Учителем.

Евгений Александрович Кривошеев: биографический очерк создателя ЭВМ для противоракетного комплекса С300

Софронов Павел Дмитриевич, генеральный директор ЗАО «Технор»,
Москва, Россия
sofronovpd@zaotehnor.ru

Поляков Аркадий Константинович, к.т.н., доцент кафедры ВМСС МЭИ
Москва, Россия
poliakovak@mpei.ru

Ключевые слова: ИТМ и ВТ, ЭВМ 5Э265 и 40У6,
противоракетный комплекс С300 и С300П

Евгений Александрович Кривошеев (1932–2006).

Короткие строки биографии с официального сайта ИТМ и ВТ [6]: окончил Московский энергетический институт, был принят на работу в Институт точной механики и вычислительной техники Академии наук СССР (ИТМ и ВТ), принимал участие в создании, наладке и внедрении крупных вычислительных систем, награжден, отмечен, всю жизнь проработал в ИТМ и ВТ. И вся информация. Большое видится на расстоянии, с расстояния длиной в сорок лет попытаемся понять, что же было сделано при участии этого человека и его коллег.

Из воспоминаний академика РАН Б.А. Бабаяна о первых в мире испытаниях противоракетной системы [5]: «В сентябре 1958 года мы впервые приехали на Балхаш. В эту первую группу входили Дмитрий Борисович Подшивалов, Геннадий Георгиевич Рябов, Андрей Михайлович Степанов, Юлий Хананович Сахин, Евгений Александрович Кривошеев, Игорь Константинович Хайлов, Евгений Волков и я. Волков был во главе программистов, Кривошеев вел центральную

часть машины, я занимался системой ввода-вывода. М-40 уже была установлена на 40-й площадке полигона и занимала один из залов главного командно-вычислительного центра. Второй зал, предназначенный для машины М-50, был еще пуст. Мы начали настройку М-40. Машина была очень ненадежной. Каждое утро мы сталкивались с одной и той же проблемой: приходим в зал, включаем ЭВМ, а она «молчит». Ищем причины, меняем 20 – 30 блоков и только после этого М-40 входит в работу. Идут испытания. Слышим сообщение о том, что баллистическая ракета уже пущена. Начинается самый ответственный период. И вдруг... взрывается одна из мощных ламп ЭВМ. В запасе всего несколько минут, в течение которых Кривошеев чудом успевает починить машину. Включаемся вовремя. «Дунай-2» захватывает цель. Очередной эксперимент заканчивается удачно. Выводим информацию на печать, облегченно вздыхаем и в ту же секунду... машина ломается вновь».

Середина 60-х, самый разгар холодной войны и гонки вооружений. Супердержаве крайне необходима очередная суперсовременная система обороны от средств воздушного нападения. Уже не летают над Москвой недостижимые самолеты-шпионы и легендарная «Печора» один за другим валит в небо Вьетнама американские фантомы и летающие крепости. Скоро счет пойдет на тысячи. Но наша страна окутана сетью баз, и задача ставится соответствующая угрозе: создать покрывающую всю



территорию неуязвимую мобильную систему противовоздушной обороны, способную уничтожить тысячи целей, одновременно посягнувших на суверенитет супердержавы. Несколько лет на зеленом сукне в министерстве Радиопромышленности лежит заказ. Для разрабатываемой будущей системы противоракетной обороны С300 нужен транспортируемый управляющий цифровой вычислительный комплекс (ЦВК) с заданными для того времени характеристиками по производительности, объемам памяти, габаритам и надежности. Желавших взяться и выполнить заказ долгое время не находится. Решение сложнейшей задачи берет на себя директор ИТМиВТ академик Сергей Алексеевич Лебедев. Для этого ученого нерешаемых задач нет, тем более в вычислительной технике. Он прекрасно видит на многие годы вперед, и знает, куда и как будет развиваться вычислительная техника: появление интегральных микросхем полностью изменит ее облик, назначение и статус в обществе. Знает, что другого пути развития у института просто нет, а огромные ресурсы военного заказа – единственная возможность для продолжения работ по воплощению в реальность цели всей жизни – созданию вычислительных систем сверхвысокой производительности. Институт к этому времени безусловный лидер в области вычислительной техники не только в СССР, но и в Европе. Создан первый отечественный «миллионник» БЭСМ-6 – самая быстрая ЭВМ, разработанная в то время в Европе. Серийно производятся предыдущие БЭСМ и специализированные ЭВМ 5Э52 и 5Э92. Эти успехи меркнут перед тем, что предстоит сделать: комплекс с характеристиками не хуже чем у БЭСМ-6, занимающей помещение площадью 300м² и объемом 1500м³, необходимо разместить на площади 1,5м² в объеме 2,5м³. Из всего, что необходимо для решения: архитектура, элементная база, технология разработки и технология производства – нет ничего. В 1969 году на уровне центрального комитета и правительства СССР принимается решение, определяющее ИТМиВТ разработчиком этого ЦВК. Главный конструктор комплекса – академик С. А. Лебедев, его заместители Всеволод Сергеевич Бурцев и Евгений Александрович Кривошеев[1-4].

Евгений Александрович Кривошеев пришел в ИТМ в 1956 году после окончания МЭИ. Здесь же, в институте, им была выполнена первая практическая работа, посвященная разработке динамического триггера на электронных лампах, ставшая его дипломным проектом. Начав с азов вычислительной техники, далее он занимался разработкой, наладкой и испытаниями вычислительных комплексов для систем противоракетной обороны. За десять с небольшим лет получил богатый опыт по всем стадиям разработки, подтвержденный дипломом кандидата технических наук. В 1970 году в штате института была создана лаборатория Специализированных вычислительных комплексов во главе с Е.А. Кривошеевым. Появились вспомогательные лаборатории, занимающиеся элементной базой и источниками питания, технологией многослойных печатных плат, памятью для будущего ЦВК, системами автоматизации проектирования и программирования. По-видимому, от этой точки необходимо начать отсчет начальной фазы реализации проекта: разработки конструкторской документации, изготовления, наладки и проведения испытаний. И здесь, не умаляя значения ни одного из них, необходимо сказать, что с самого его начала в связи с болезнью Главного конструктора С.А.Лебедева руководство проектом осуществлялось В.С. Бурцевым. Его выдающаяся роль в этой разработке несомненна. На него выпали заботы по взаимодействию с «верхним» эшелонem неповоротливой планово-административной системы, «пробиванию» элементной базы, технологии производства в институте и на заводе, координации смежных исполнителей. На Кривошеева было возложено решение технических и инженерных вопросов проектирования и руководство коллективом разработчиков и прикомандированным персоналом смежных организаций. Штат лаборатории Кривошеева составлял около сорока человек, но, несмотря на подготовку, полученную в ведущих вузах СССР – Энергетическом, Физико-техническом, Инженерно-физическом, Авиационном – им приходилось на месте приобретать необходимые профессиональные навыки. Кривошеев и его сотрудники взаимодействовали со всеми сторонними исполнителями проекта, поэтому фактически руководимый им коллектив по численности был существенно больше. Евгений Александрович нашел выход в создании системы взаимоотношений, основанной на полном доверии внутри коллектива и осознанной ответственности. Считая себя равным со всеми, невзирая на должность, он заменил административное положение простым уважением к себе и требовал таких же отношений между сотрудниками. Его широкий технический кругозор и опыт позволяли ему профессионально решать вопросы из области теплотехники, надежности, конструкторского проектирования и программирования: Коллектив работал по десять – двенадцать часов в сутки, проектировал схемы, создавая макеты и образцы, выходя в бесконечные ночные смены для отладки. В разработке была и чисто техническая проблема, порожденная низкой надежностью элементной базы (эта проблема стоит перед электронной промышленностью России и сегодня), печатных плат и ручного монтажа. Элементарный расчет показывал, что элементная база и технология производства не дают требуемых техническим заданием показателей надежности. Более того, работоспособность ЦВК ставилась под сомнение вплоть до завершения Государственных испытаний. Достичь приемлемых показателей надежности можно было за счет резервирования, причем именно «горячего» с оперативной автоматической заменой отказавшего оборудования – воздушный бой

скоротечен, счет времени идет на секунды. Для нового ЦВК, учитывая многоплановость его применения, разработкой «боевого» программного обеспечения занимались сами разработчики систем. Как правило, ни о какой отказоустойчивости создаваемых ими программ они слышать не хотели - слишком много было своих забот. Поэтому, комплекс должен был обеспечивать отказоустойчивость на аппаратном уровне. Простые в реализации мажоритарные схемы отказоустойчивости заведомо не проходили по причине трехкратного увеличения объема аппаратуры. В клубке противоречий между производительностью, объемом оборудования и его надежностью, отказоустойчивостью и ремонтпригодностью, в конце концов, был найден разумный компромисс в виде архитектуры отказоустойчивого многопроцессорного модульного ЦВК с полным аппаратным контролем и автоматической системой резервирования. Реконфигурация, то есть замена неисправного модуля и информационное восстановление, осуществлялись за тысячные доли секунды. Реально за это время никаких изменений в небе не происходит, отсюда и отсутствие реакции системы на отказы аппаратуры ЦВК.

Из прежнего «ничего» ценой огромного напряжения и усилий всего института постепенно появлялось «все». Количество типов электронных плат исчислялось сотнями. Ни о какой ручной раскладке тысяч связей на восьми и более слоях не могло быть и речи. В институте была разработана мощная система автоматизации проектирования, достаточно эффективно выполнявшая размещение элементов и трассировку плат в автоматическом режиме. Режимы ручного или полуавтоматического взаимодействия с САПР не могли быть реализованы в принципе: эпоха пользовательских интерфейсов еще не наступила. САПР работал в монопольном режиме от магнитной ленты с логическим массивом, описывающим схему, и управлением от колоды перфокарт. Автоматическая трассировка средней по размерам платы в то время занимала до двадцати часов машинного времени, при среднем времени между отказами у этой машины в три – пять часов. Грамотно и быстро страссировать ячейку было искусством, овладеть которым приходилось в процессе разработки. Вычислительный центр работал круглосуточно и комплекты документации непрерывным потоком шли в опытное производство. На производстве, что называется, «с листа» шло изготовление. По сути, институт представлял собой большой конвейер с непрерывным циклом работы, подчиненный единой цели. Прошло не так много времени – два с половиной года, а опытный образец ЦВК, изготовленный серийным заводом, поступил на наладку и заводские испытания. Был назначен и конечный срок, срыв которого мог иметь негативные последствия не только для руководителей проекта, но и для института. Сроки готовности системы ПВО не выдерживались и ЦВК, совершенно логично, оказался зонтиком, прикрывающим от гнева сверху. Нет ЦВК – нет системы. Испытания и доводка ЦВК велись на территории завода в режиме круглосуточной трехсменной работы. Режим работы мало чем отличался от того, что был в военное время. И Бурцев, ставший к тому времени фактически директором института, и Кривошеев также постоянно присутствовали на Загорском электромеханическом заводе. Заводские испытания были завершены в 1974 году. Под гарантии устранения полученных замечаний начались реальные поставки комплексов в войска. Напряжение хоть в какой-то степени спало и казалось, что дальше все пойдет гладко по накатанной схеме: устранение замечаний, государственные испытания и серия на заводе. Реальность оказалась гораздо сложнее.

Первые ЦВК были достаточно сырыми – имели ошибки, да и отказы сыпались непрерывным потоком. Но именно на них предстояло пройти весь цикл испытаний, включая полигонные со стрельбами по реальным целям. Завод был просто не в состоянии решить эти проблемы в одиночку. Несомненное влияние на дальнейший ход проекта оказали складывающаяся обстановка в стране, да и в самом институте. С провалом косыгинских реформ неуклонно надвигался период, далее получивший название «застоя». Административная система по инерции продолжала работать, но темпы и эффективность неуклонно падали. Переносы сроков стали, скорее нормой, чем исключением. Институт, создавая до того уникальные вычислительные комплексы при участии того же завода, не имел опыта крупносерийного производства, в котором сопровождение производства – это долгий и непрерывный процесс.

С 1975 года, не дожидаясь окончания государственных испытаний, был начат серийный выпуск ЦВК 5Э26. Постепенно иссякает поток проблем, связанных с ошибками в аппаратуре и программном обеспечении, для этого большая серия – отличное средство для тестирования. А еще раньше, по завершению заводских испытаний, направление деятельности лаборатории начинает смещаться. Проект ЦВК утратил для института первоочередное значение. Он выполнил стратегические задачи: дал ресурсы, технологии и наработки, необходимые для разработки высокопроизводительных ЭВМ. В непримиримой борьбе научных школ, какую из ЭВМ разрабатывать: БЭСМ-10, как продолжение традиционной линии БЭСМ или нарождающийся претенциозный «Эльбрус». Две сразу хиреющее государство уже явно не тянуло. Выбор пал на Эльбрус и проект возглавил В. С. Бурцев, ставший его главным конструктором. Как и Лебедев, он стремился к своим вершинам в создании высокопроизводительных систем и этот проект стал приоритетной программой для него самого и института. Таким образом Кривошеев, оставаясь заместителем главного конструктора ЦВК, реально же стал конструктором Главным. Трудно

объективно оценить, что для него и коллектива было проще: в пылу энтузиазма провести «от нуля», за четыре года разработку, отладку и заводские испытания, доказав, что ЦВК существует, или такие же четыре года заниматься его сопровождением и внедрением в производство с бесконечными типовыми, периодическими и прочими испытаниями, проверками режимов использования элементной базы, тестопригодности ячеек, эффективности системы контроля и реконфигурации, ожидая окончания государственных испытаний всей системы. Слишком новым и непривычным оказалось изделие, названное 5Э26, для тех, кто должен был поставить подписи под актами с положительными результатами его испытаний.

В свое время было назначено несколько организаций, призванных для обслуживания ЦВК в процессе эксплуатации. Штаты привлеченного для этого персонала были в десятки раз больше штата лаборатории. Но, ни одна из производственных, эксплуатационных проблем или проблем, связанных с использованием ЦВК, не решалась без привлечения представителей института. Все подлинники документации хранились в архиве опытного завода, однако вместо понятного ныне юридического термина «владелец документации» использовался совершенно другой «держатель подлинников», означавший, что вся ответственность за документацию возложена на Главного конструктора и его штат. Волею административной системы, никогда не знавшей истинной стоимости инженерного труда, лаборатория, изначально созданная для целей разработки и готовая заниматься этим дальше, фактически превращается в центр сервисного обслуживания для сопровождения документации, поддержки серийного выпуска и применения ЦВК. Четыре года, вплоть до окончания государственных испытаний С-300, сотрудники и их руководитель провели в пространстве между заводами изготовителями, полигонами и стендами главных конструкторов систем. Возможность получить квалифицированную помощь в любом месте и в любое время простым звонком в министерство вполне устраивала пользователей ЦВК. Руководство института, целиком занятое проектом «Эльбрус», против такого развития событий особо не возражало. Была от этого и польза. Многолетняя вахтовая работа с постоянным пребыванием на заводе или испытательном полигоне создала уникальные отношения в коллективе, не вписывающиеся в рамки только производственных. В редкие моменты затишья работ Кривошеев мог объявить на конец недели отгулы, собрать караван автолюбителей на «москвичах» и «копейках» и вывезти желающих с палатками на берег Волги, где в деревенском сарае хранились институтские лодки «казанки». Сам он был фанатом катания на лыжах и горных, и водных. Поколдовав полдня над моторами и собрав из двух один, он начинал «ставить на лыжу» всех желающих. И делал это совершенно профессионально. Для сотрудников и их подрастающих детей на долгие годы любимым местом проведения отпусков стал берег озера Валдай с его ягодами, грибами, рыбалкой и виндсерфингом, набравшим тогда популярность. Понимая, что застойный режим работы способствует потере квалификации, он часто повторял: «Парни, я знаю, как вы умеете работать и выкладываться во времена запарок. Не будьте пижонами, учитесь работать в этих условиях с пользой для дела». Парни и пижоны – это были его стандартные обращения, первое было похвальным; второе произносилось редко, для выражения недовольства кем – то. Именно в это время им организуется библиотечные дни для изучения новых еженедельных поступлений технической литературы. Регулярно начинается действовать семинар, где заслушиваются проблемные вопросы своих разработок и изучается состояние вычислительной техники на западе. Подводятся итоги по разработке: ведущие сотрудники готовят и защищают диссертации. Идет практическое исследование эффективности архитектуры ЦВК и возможных вариантов модернизации с использованием новой элементной базы.

В 1978 году завершились государственные испытания системы С300. В рамках учений с музыкальными названиями «Мазурка» и «Большой вальс» авиация трех округов и беспрецедентное количество мишеней безуспешно пытались прорвать систему обороны созданную С-300. В 1979 году система была принята на вооружение, тогда же было принято решение о модернизации системы и ЦВК 5Э26. В то же время прошли испытания других систем, использующих ЦВК. Успех был очевиден: награды правительства, дипломы лауреатов Государственной премии, защиты докторских и кандидатских диссертаций.

Е.А. Кривошеев стал лауреатом Государственной премии и доктором технических наук. Казалось, его лаборатория получила стабильную и перспективную тематику, обрела самостоятельность, которая ставила ее в один ряд с ведущими лабораториями института, и ее будущее определено на долгие годы вперед.

Но дальнейший ход событий показал, что руководство института было единодушно в одном: все, что напрямую не связано с проектом «Эльбрус» – ему мешает. Вместо развития достигнутых результатов и продолжения работ по ЦВК 5Э26 было предложено взяться за отладку аппаратуры в проекте «Эльбрус». Предложение абсолютно бесполезное технически, но еще раз подчеркивающее, что теперь-то уж точно все силы института сосредоточены именно на этом проекте. Модернизация 5Э26 на долгие годы зависла на перевыпуске документации, то есть перетрассировке всех ячеек и блоков с целью избавления от навесного монтажа. Разработки, базирующиеся на 5Э26, свободно передавались

сторонним организациям, вместе с документацией. К исполнению же предлагались работы по проекту «Эльбрус». Кривошеев, как подчиненный, был обязан брать эти работы на исполнение, и относиться к ним со всей ответственностью. В результате коллектив, в прошлом связанный единой целью, дробился, отколовшиеся части явно или фактически отходили от тематики. Большая часть лаборатории была переведена на разработку специализированных устройств к тому же Эльбрусу, изначально в его архитектуре не предполагавшихся. Устройств, без которых системы цифровой обработки реального времени уже не мыслились: процессоров ЦОС (6ДВФ-1 и МВР-1), и векторного процессора с динамическим управлением конфигурацией исполнительных устройств.

Интерес к 5Э26 вернулся в начале восьмидесятых, когда началась модернизация системы С-300. Заказчики системы, привыкшие видеть институт «под рукой» при всех критических ситуациях, настояли на модернизации 5Э26. Наступил уникальный момент для реального продолжения работ, будь на то желание института и понимание значения руководством именно этой темы для будущего Института. В лаборатории буквально за месяц был проработан технический проект, предполагавший первоочередное решение давно назревших проблем. Простой заменой ферритовой памяти на полупроводниковую и источников питания на импульсные объем, вес и потребляемая мощность ЦВК снижались в два раза. Доработки процессора повышали его производительность и избавляли от ассоциативной памяти. Все это позволяло гарантировать двукратное увеличение производительности и памяти, приведенное к выделенному объему пространства. И только следующим этапом, предлагалось изменение архитектуры процессора, обеспечивающее, как минимум, двукратное увеличение его производительности. Реализация проекта, использующая только осволенную элементную базу, позволила бы получить ЦВК с характеристиками, обеспечивающими потребности как текущей, так и последующей модернизации системы С-300. Можно только догадываться, чем руководствовался главный конструктор ЦВК 5Э26 В.С.Бурцев, отвергнув этот вариант. Возможно тем, что занятый полностью Эльбрусом, он не имел сил и возможности заниматься этим проектом, а векторный процессор, производительность которого получалась на порядок выше, чем у процессора Эльбрус, был в этот момент для него гораздо важнее, чем будущее его же детища, которому он в свое время отдал столько сил? Модернизация свелась к изготовлению ЦВК 5Э265 по переизданной документации в конструктиве, разработанном заводом. Нигде не упоминаемый сейчас, как будто его и не было, 5Э265, легко прошел заводские и государственные испытания. С 1983 года пошел в серию и до развала Союза выпускался двумя заводами. В общем количестве изделий 5Э26 большую часть – 1500 штук составляют именно эти ЦВК. Тогда же выходит постановление о разработке ЦВК 40У6 с параметрами, близкими к ранее отвергнутому варианту модернизации 5Э26 и неясными сроками выполнения, по причине неготовности конструкции и элементной базы. Главным конструктором этого изделия назначен был Е.А. Кривошеев.

После отстранения в 1984 г. В.С. Бурцева от руководства институтом, вся ответственность за разработку 40У6 легла на Кривошеева. Лаборатория была преобразована в отделение Специализированных вычислительных комплексов, где собрали всех, имеющих прежде отношение к разработке 40У6. Навязанная соображениями унификации конструкция ЦВК была совершенно непригодна для многопроцессорного комплекса с общим полем памяти. Низкая степень интеграции элементной базы не позволяла создавать законченные устройства в компактном объеме и быстродействие пожиралось длинами связей. Внешний интерфейс ЦВК состоял из нестандартных каналов, к тому же не имевших апробации у заказчика. Вся разработка больше напоминала эксперимент для проверки новых идей и решений для грядущей модернизации системы. Несмотря на эти трудности, ЦВК был разработан, а ряд решений сделал его уникальным. Все модули ЦВК в дополнение к аппаратному контролю имели встроенную систему программного контроля, по результатам работы которой определялась конфигурация ЦВК и непрерывно оценивалось состояние резерва. Система реконфигурации получила пятикратное (по количеству процессоров) резервирование. Впервые были реализованы энергонезависимые устройства хранения информации на микросхемах статической памяти. В системе команд появились операции вычисления элементарных функций, их время выполнения составляло единицы микросекунд. Такое же время требовалось процессору для реакции на прерывание. При тактовой частоте 3 мГц средняя производительность процессора ЦВК составляла 750 тыс. CISC команд в секунду. Отладка, испытания и запуск в серийное производство ЦВК 40У6 в целом были завершены в 1988 году. Всего было выпущено 200 этих комплексов[1]. Это была последняя машина, разработанная под руководством Евгения Александровича Кривошеева. Она же была последней, доведенной до производства и в истории института. На этом месте можно бы и окончить повествование, поскольку дальнейшие события для Кривошеева и его лаборатории оказались не подъемом к новым вершинам, а сползанием с горы в селевом потоке, который нельзя ни остановить, ни изменить его направление».

А. Поляков: «На этой невеселой ноте бывший начальник отдела ИТМ и ВТ Павел Дмитриевич Софронов закончил в 2011 году свои воспоминания о Евгении Александровиче Кривошееве и замечательных достижениях его коллектива. Продолжая его воспоминания, не могу не перефразировать

известную фразу В.И. Ленина о том, что «коммунизм есть советская власть плюс электрификация всей страны». Лозунг «советская власть плюс Эльбрусизация всей страны» так же оказался далеким от реальности. Серия первых Эльбрусов не стала столь успешной как Э265 – 40У6, своеобразных автоматов Калашникова в области ЭВМ, в основном из-за того, что перекладывание на аппаратуру многих функций системного программного обеспечения не соответствовало тогдашнему уровню надежности отечественной элементной базы. Американцы, в том числе фирма Бэрроуз, в свое время в 1970-х годах отказались от развития линии ЭВМ со стековой архитектурой и повышенным уровнем внутреннего языка и тогда только руководство ИТМиВТ продолжило и развило эту линию.

Закат ИТМиВТ как головного центра по отечественным супер-ЭВМ и ЭВМ специального назначения нельзя рассматривать в отрыве от распада страны в 90-х годах. В нулевые годы, когда мне приходилось бывать в ИТМ и ВТ в проходной института основную массу посетителей составляли покупатели косметики, склады которой располагались на его территории. На одном из этажей главного корпуса висела табличка отделения американской компании SUN Microsystems. Распад такого коллектива, как коллектив ИТМ и ВТ, следует отнести к одной из невосполнимых потерь отечественной вычислительной техники.

Возвращаясь к своим встречам с Е.А. Кривошеевым, хочу отметить его поразительную скромность и деликатность. Он никогда не говорил о своих наградах и успехах. Будучи председателем Государственной экзаменационной комиссии (ГЭК) на кафедре Вычислительных машин и систем МЭИ, доброжелательно выслушивал и оценивал защиты дипломных проектов. В частных беседах делился проблемами ремонта своего автомобиля (Москвич или Жигули, не помню). В последние годы своей жизни с грустью отмечал нарастание признаков неизлечимой болезни, во многом вызванной сверхнапряженным ритмом работы.

В конце очерка приведу фрагмент интервью с академиком В.С. Бурцевым проведенным сотрудниками журнала «Электроника» в начале 2000-х годов[7]: «Сейчас огромные средства расходуют не оптимально, вкладывают в заведомо нереализуемые проекты. В значительной мере это происходит из-за того, что утеряна преемственность разработок, не используется огромный опыт еще отчасти сохранившихся коллективов и специалистов. А этот опыт стоит очень дорого. Кроме того, военные заказы следует выполнять на отечественной элементной базе. К сожалению, на рынке она не выдерживает никакой конкуренции. Но чтобы развивать технологию элементной базы, необходимо продукцию продавать – иначе откуда возьмутся деньги? А продавать ее можно только в составе конкурентоспособных систем. Ответственно утверждаю, что нет принципиальной разницы – на одной или пяти микросхемах будет реализован процессор для таких комплексов, как С-300 или С-400. В любой системе процессор – это около 10% оборудования. От того, что в зарубежных системах одна плата памяти, а у нас – две, ничего не изменится. Лучше реализовать процессор на трех–пяти ИС вместо одной, но зато на своих, и так, как этого требует система. Для большинства систем управления такое увеличение объема оборудования вычислительных средств, а также его веса и потребляемой энергии практически не скажется на характеристиках. Я уже говорил, что мы в состоянии создавать суперкомпьютеры, не уступающие по производительности американским, даже если прекратятся зарубежные поставки процессоров. Еще раз повторю: для развития отечественной вычислительной техники и ее форпоста – высокопроизводительных систем – необходимо соблюдение трех условий: применение отечественной элементной базы, проведение разработок на конкурентной основе, преемственность поколений».

Фото Е.А. Кривошеева, помещенное в начале статьи, предоставлено ИТМиВТ. Его удалось получить при содействии заместителя директора института, которому авторы статьи выражают свою искреннюю благодарность.

Литература

1. История отечественной вычислительной техники /Под. ред. Ф.С. Юнина. М.: Изд. дом Столичная энциклопедия. 2014. С. 296-301.
2. <http://www.computer-museum.ru/>
3. Электронная вычислительная машина специализированная ЗРС С-300ПТ, С-300ПС, С-300Ф <http://www.russianarms.ru/forum/index.php/topic,11637.0.html/>
4. Семейные истории. Главный командно-вычислительный пункт, ЦВС и ЭВМ М-40 <http://www.famhist.ru/famhist/ap/006a3442.htm>
5. ИТМ и ВТ. <http://www.ipmce.ru/about/history/leading/krivosheev/>
6. <http://www.electronics.ru/journal/2000/4/>

Цифровая вычислительная техника в советском народном хозяйстве

Сусов Роман Владимирович, к.э.н.

МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана
Мытищи, Россия
susovroman@mail.ru

Ключевые слова: вычислительная техника, ЭВМ, экономика СССР, ОГАС.

Первые отечественные ЭВМ появились в самом начале 1950-х гг. и применялись в основном для выполнения сложных математических расчетов, связанных с обороной страны, в космической и ядерной программах [1]. К середине 1950-х гг. для решения всех вычислительных задач в советском союзе существовало немногим более десяти ЭВМ первого поколения. К ним относятся единичные экземпляры МЭСМ (1951 г.), БЭСМ-1 (1952 г.), М1 (1952 г.), М2 (1953 г.), ЦЭМ-1 (1953 г.), ЦЭМ-2 (1955 г.) а также 8 экземпляров первой советской серийной ЭВМ "Стрела" (1953-1956 гг.). Нет никаких свидетельств, что хотя бы один из этих ЭВМ целенаправленно применялся для решения экономических задач. Одновременно с этим за рубежом уже в 1951 году был создан один из первых британских компьютеров LEO1 (Lyons Electronic Office 1), известный как первый в мире компьютер, разработанный специально для обработки коммерческих данных в компании Lyons and Co., одной из лидеров по производству и поставке пищевых продуктов в Великобритании. Уже тогда LEO1 успешно использовался для решения таких разнообразных задач управления предприятием, как расчёт цен, обработка заказов, расчет графика поставки товаров, расчёт зарплаты сотрудников, учёт товаров [2]. Еще одним примером начала использования вычислительной техники за рубежом для решения экономических задач является созданная в 1951 г. в США серийная коммерческая ЭВМ UNIVAC I [3]. Эта машина успешно применялась не только для решения военных и научных задач государственного значения, но и в Бюро переписи населения США, и в частных компаниях General Electric, MetLife, U.S. Steel, DuPont, Franklin Life Insurance, Westinghouse Electric Corporation, Consolidated Edison и других.

В СССР ЭВМ начали производиться в промышленных масштабах во второй половине 1950-х. Созданная в 1957 г. ЭВМ общего назначения "Урал-1" [4] изначально была спроектирована с прицелом на широкое серийное производство [2] и с 1957 г. по 1961 г. была произведена в количестве 183 экземпляров. ЭВМ "Урал-1" положила начало широкому внедрению ЭВМ для решения разнообразных инженерно-технических и планово-экономических задач в многочисленных научно-исследовательских институтах и на предприятиях. На базе ЭВМ "Урал-1" было сконструировано целое семейство универсальных и специализированных ЭВМ "Урал" первого поколения и в период с 1955 по 1975 гг. выпущено почти 700 машин данного типа, что составляло значительную часть парка советских цифровых ламповых машин того времени [5]. Машины данного семейства обладали рядом рекордных для серийных универсальных отечественных ЭВМ того времени характеристик: скорость ввода данных с перфоленты, скорость вывода алфавитно-цифровых данных, емкость ферритовой оперативной памяти, максимально допустимая емкость памяти на магнитном барабане и магнитной ленте и др. [5].

В 1958 г. в двух экземплярах была выпущена ЭВМ "Киев" [6], известная как первая советская машина, задуманная не только для решения широкого круга математических задач, но и для научно-экспериментальных работ, связанных с исследованиями алгоритмов управления производственными процессами [7]. В 1960-1961 гг. на ЭВМ "Киев" проводились эксперименты по управлению технологическими процессами на расстоянии более 500 км. с использованием телеграфных связей на Днепродзержинском металлургическом заводе им. Ф. Э. Дзержинского [7]. Реализация рекомендаций ЭВМ "Киев" позволила повысить эффективность управления процессом выплавки стали и достигнуть экономии во времени цикла выплавки на 2,7%, что соответствовало существенному увеличению количества производимой стали [7]. Позднее на ЭВМ "Киев" была реализована первая отечественная система управления базами данных "Автодиректор", позволяющая хранить данные в виде таблиц, записанных на электронный магнитный носитель. Как говорил автор машины С.А. Лебедев на встрече с Н.С. Хрущёвым "В таком виде информацию легко структурировать, находить и обрабатывать. К тому же табличный вид привычен для работников Госплана, им так будет легче работать с данными, получаемыми от ЭВМ" [8]. Таким образом ЭВМ "Киев" стала первым опытом советских ученых в использовании вычислительной техники в народном хозяйстве.

В 1959 была разработана и запущена в серийное производство универсальная ЭВМ первого поколения "Минск-1", положившая начало целому семейству ЭВМ "Минск". В 1962 г. на основе полупроводниковых элементов разработана ЭВМ второго поколения "Минск-2", ставшая первой в советском союзе машиной малого класса с возможностью ввода, обработки и вывода текстовой

информации [9], что позволяло его применять не только для научно-технических расчетов. Вместе с этим ЭВМ "Минск-2" включал минимальный набор устройств ввода-вывода и недостаточную ёмкость оперативной памяти, что не позволяло использовать его в полной мере для решения экономических задач. В то время в стране благодаря пропаганде автоматизированных систем управления академиком В.М. Глушковым начал появляться интерес к применению ЭВМ для решения народнохозяйственных задач. И первой машиной, разработанной в 1966 г. специально для обработки экономической информации и управления производством, стала ЭВМ "Минск-23" [10]. Важными с точки зрения эффективного решения экономических задач конструктивными особенностями ЭВМ "Минск-23" была система команд, позволяющая эффективно обрабатывать большие массивы данных, наличие необходимого системного программного обеспечения и универсальный интерфейс связи с внешними устройств, позволяющий подключать до 64 устройств [11]. ЭВМ типа "Минск-23" были положены в основу нескольких автоматизированных систем управления, такими предприятиями как Новочеркасский электровозостроительный завод, Московское объединение "Мосмолоко", а также в основу системы продажи и резервирования авиабилетов Аэрофлота [12]. Однако несмотря на заложенные в ЭВМ "Минск-23" богатые возможности для решения экономических задач, вопреки ожиданиям конструкторов, было выпущено всего 28 экземпляров и широкого распространения машина не приобрела. В 1968 г. была выпущена ЭВМ "Минск-32" [13], которая объединила в себе лучшие черты предшествующих моделей и по своей логической структуре не уступала зарубежным ЭВМ аналогичного класса [14], однако стала последней машиной семейства. Всего с 1959 по 1975 гг. было выпущено более 4000 машин семейства "Минск", из которых чуть менее 3000 составляли ЭВМ "Минск-32", что сделало это семейство машин самым массовым в стране в те годы, а ЭВМ "Минск-32" - самой широко используемой ЭВМ второго поколения в советском народном хозяйстве. Кроме этого, на совещании СЭВ в Будапеште в 1972 г. ЭВМ "Минск-32" была признана базовой для организации автоматизированных систем управления в странах СЭВ. [14].

В 1958 г. была создана первая отечественная управляющая машины широкого назначения на полупроводниковых элементах ЭВМ "Днепр" [15]. За десять лет с 1961 г. по 1971 г. было выпущено около 500 таких машин, применявшихся для решения планово-экономических задач и для управления технологическими процессами не только на промышленных предприятиях СССР, но и в других странах социалистического блока [16]. На базе ЭВМ "Днепр" были созданы система комплексной автоматизации проектирования и изготовления деталей судовых корпусов на Николаевском судостроительном заводе, система управления колонной карбонизации на Славянском содовом заводе, система управления выплавкой стали на Днепровском металлургическом заводе им. Ф.Э. Дзержинского [17].

Известно немало других ЭВМ первых поколений, применявшихся в народном хозяйстве. В 1958-1965 гг. было создано семейство ЭВМ "Раздан" общего назначения. На базе модели "Раздан-3" в 1967-1977-х гг. была разработана система для автоматизации процесса продажи железнодорожных билетов "МАРШРУТ-1", который долгое время применялся на нескольких железнодорожных станциях Москвы и затем был положен в основу автоматизированной системы управления "Экспресс" первого поколения. В 1962 г. была создана ЭВМ "УМ-1НХ" (управляющий комплекс для народного хозяйства) [18] - машина, специально разработанная для решения задач контроля и управления на предприятиях. ЭВМ "УМ-1НХ" применялась для контроля технологических процессов на заводе цветных кинескопов "Хроматрон", для управления Воткинской ГЭС, для управления нажимным устройством блюминга на Череповецком металлургическом заводе, для контроля и регулирования 2-го блока Белоярской АЭС. В 1965 г. была создана ЭВМ "М-220" [19], которая применялась для научно-технических расчетов на предприятиях. В 1968 г. была создана ЭВМ "Рута-110", включающая комплекс устройств, предназначенный специально для построения систем обработки данных [20].

В докладе ЦРУ "Компьютеры в советской экономике" от 1966 г. [21,22], подготовленного для объединенной экономической комиссии конгресса США, говорится, что на тот момент существовало мало свидетельств, что вычислительная техника на постоянной основе использовалась для обработки данных в СССР до начала 1960-х гг. Действительно, несмотря на то, что в СССР уже начиная с 1950-х гг. демонстрируется интерес к управлению промышленными процессами на основе ЭВМ, практическое их применение в этой области развивалось крайне медленно. Только начиная с 1957 г. предпринимаются попытки использования ЭВМ для управления промышленными процессами, такими как химическое производство, нефтепереработка, распределение электроэнергии, выплавка и прокат стали, управление движением поездов. [21]. Начиная примерно с 1962 г. СССР в медленном темпе начинает устанавливать ЭВМ на предприятиях и в органах государственного управления для обработки данных, управления производственными процессами и ведения бухгалтерского учета. [21]. Медленное осознание важности вычислительной техники советским правительством, и вытекающее из этого недостаточное выделение ресурсов на разработку и производство ЭВМ, нехватка квалифицированного персонала для технического обслуживания и программирования, недостаточное проведение прикладных исследований промышленных процессов, которыми необходимо управлять, разработка узкоспециализированных

машин для решения в основном военных и научных задач, а также слабые исследования в области разработки и производства необходимого для обработки экономических данных периферийного оборудования, такого как программирующие устройства, запоминающие устройства и устройства ввода-вывода, серьезно затормозило использование вычислительной техники в народном хозяйстве [23].

Американские производители вычислительной техники, напротив, уже с середины 1950-х гг. сосредоточились на разработке дополнительных запоминающих устройств, повышении скорости обработки данных и увеличении количества и эффективности устройств ввода/вывода и упрощения использования компьютеров [21]. О понимании важности данного направления всем мировым сообществом в то время свидетельствует организация работы специальной секции "Революция в деловой информации - ее системе и методах" на международном конгрессе управления в 1963 г., посвященного вопросам автоматизации обработки информации при помощи быстродействующей электронно-вычислительной техники [24]. Во многих странах мира и, прежде всего в США, ЭВМ в то время уже активно используются практически на всех этапах коммерческой деятельности, начиная с исследования рынка и заканчивая бухгалтерским учетом [21]. По оценке авторов уже упомянутого доклада ЦРУ от 1966 г. на тот момент СССР отставало от США в области вычислительной техники приблизительно на пять лет. [21]. При этом отставание в разработке периферийных устройств, необходимых для эффективной обработки экономической информации, было настолько значительным, что по мнению академика А.А. Дороницына его невозможно было сократить за приемлемый отрезок времени путем создания аналогичных отечественных разработок [21].

Сложности сбора, обработки, хранения, упорядочивания и поиска постоянно увеличивающегося потока информации естественным образом сопровождающего рост экономики СССР и постепенное осознание эффективности методов распределения ресурсов и планирования при помощи математических методов, которые еще начиная с 1939 г. предлагались Л.В. Канторовичем, А.И. Китовым, В.М. Глушковым и другими учеными [25,26,27,28,29], привело к тому, что к середине 1960-х гг. советское правительство осознало потребность в вычислительной технике для советского народного хозяйства и отставание СССР в этой сфере. В официальной программе пятилетнего плана развития СССР 1966-70-х гг., принятой Постановлением Центрального комитета КПСС и Совета Министров СССР, большое внимание уделяется наращиванию производства ЭВМ для обработки больших объемов экономической информации [21]. Для реализации этой программы в 1965 г. В.Д. Лебедев, занимавший пост заместителя председателя Совнархоза СССР, озвучил планы по повышению эффективности управления предприятиями путем установки ЭВМ на 119 заводах и комбинатах в 1965-1966 гг. [21]. В 1963-1964 гг. В.М. Глушков организовал работы по проектированию автоматизированной системы управления крупносерийным производством на Львовском телевизионном заводе, а позднее - на Кунцевском радиозаводе, которые задумывались как типовые системы для приборостроительных и машиностроительных отраслей промышленности [29]. Кроме этого, по инициативе В.М. Глушкова, начиная с 1960-х гг., проводились научные исследования в области экономической кибернетики по таким направлениям как сетевое планирование и управление, теория расписаний и календарное планирование, нелинейное и стохастическое программирование, дифференциальные игры, динамические модели экономики, методы дискретной оптимизации [29]. Результаты этих исследований были положены в основу математического обеспечения многих автоматизированных систем управления технологическими процессами, и предприятиями. Таким образом, в начале 1960-х гг. начали широко применяться автоматизированные системы управления предприятиями. В.М. Глушков в книге [31] пишет, что в начале 1960-х на многих больших предприятиях, в крупных транспортных и статистических управлениях, при морских пароходствах уже успешно функционируют свои информационно-вычислительные центры. А практически в каждом министерстве есть свой Главный информационно-вычислительный центр (ГИВЦ). Сбор, переработки и хранение информации с помощью ЭВМ приобрели за последние годы большой размах и помогают успешно решать разнообразные задачи управления народным хозяйством. Но это только первые шаги повсеместной автоматизации переработки информации, только начальные этапы создания ОГАС [31], которую можно считать самой грандиозной и масштабной задумкой того времени.

Идею создания национальной сети вычислительных центров для сбора и обработки экономической информации и решения проблем планирования и контроля в народном хозяйстве стран впервые озвучил А.И. Китов в 1959 г., предложив создать единую автоматизированную системы управления для вооружённых сил и для народного хозяйства страны на основе сети вычислительных центров, однако в то время идея не нашла поддержки в советском правительстве [30]. Позднее, начиная с 1962 г., В.М. Глушков целенаправленно в течении многих лет предлагал создать ОГАС - общегосударственную автоматизированную систему сбора и обработки информации для учета, планирования и управления народным хозяйством СССР [31]. По мнению В.М. Глушкова создание действительно эффективной системы управления экономикой возможно лишь на основе правильного сочетания трех компонент - организации, экономических механизмов и автоматизации обработки

информации на основе диалога человек-машина, при этом на долю человека на любом уровне развития автоматизации управления должны оставаться формулировка целей и задач управления, а также оценка подготавливаемых решений и придание им окончательной юридической силы [32]. Результатом разработки и внедрения ОГАС в СССР должен был стать высокий уровень синхронизации производства во всех звеньях народного хозяйства, сокращение количества сырья и оборудования, хранящегося на сотнях тысяч складов и длительное время не участвующего в материальном производстве, более гибкое планирование, точно учитывающее имеющиеся возможности и ресурсы [31].

В.М. Глушков понимал, что создание ОГАС потребует ускорения работ в области вычислительной техники и научных методов управления экономикой, а также построения огромной сети вычислительных центров на территории всей страны [29]. По подсчетам А.А. Дороницына, для развертывания подобной системы необходимо было более четырех тысяч средних и крупных ЭВМ, в то время как все количество ЭВМ в СССР в то время не превышало трех тысяч и лишь меньшая их часть могла войти в состав ОГАС [21]. В.М. Глушков оценивал программу создания ОГАС как более сложную, чем программы космических и ядерных исследований вместе взятых, и, по его подсчетам, для выполнения программы создания ОГАС требовалось 15-20 лет и не менее 20 миллиардов рублей [29,31]. Вместе с этим В.М. Глушков провел расчеты, что при правильной организации работ по созданию ОГАС, через пять лет затраты на неё начнут окупаться, а после завершения всех работ по развертыванию системы возможности советской экономики по меньшей мере удвоятся [29]. Перспективность создания ОГАС подтверждается оценкой аналитиков ЦРУ, которые считали, что шаги в направлении её создания значительно повысят эффективность обработки данных на всех уровнях экономики и предоставят новые возможности по сокращению расходов и увеличению объемов производства на многих предприятиях [21].

Несмотря на то, что проект ОГАС был одобрен Советом Министров СССР, на заседании Политбюро ЦК КПСС в его воплощении было отказано [29]. В.М. Глушков, аналитики ЦРУ и многие другие понимали, что успешное функционирование и даже просто сохранение централизованной командно-административной советской экономики в значительной степени зависят от возможности эффективной обработки и своевременного анализа большого количества информации, что в масштабах огромной страны представляло собой задачу, не имеющую равных в человеческой деятельности [21,31]. ОГАС могла предоставить такую возможность, дав существенный прирост производительности в области обработки данных, однако данный проект так не был реализован, и, к сожалению, слова В.М. Глушкова “В конце 70-х годов все равно придется вернуться к ОГАС, иначе экономика развалится!” стали пророческими для советской экономики [29].

Литература

1. Крайнева И.А., Пивоваров Н.Ю., Шилов В.В. Становление советской научно-технической политики в области вычислительной техники (конец 1940-х – середина 1950-х гг.). // Идеи и идеалы — 2016. — №3. Т1. — С. 118-135.
2. Bird, P.J. LEO: The First Business Computer. Wokingham: Hasler Publishing Co., 1994.
3. Kenneth Flamm. Creating the Computer: Government, Industry and High Technology. — Washington, D.C.: Brookings Institution, 1988. — P.70-76 — 210 p.
4. Рамеев Б. И. Универсальная автоматическая цифровая машина типа "Урал" — Москва, 1956 г.
5. Смирнов Г.С. Семейство ЭВМ "Урал-1". Страницы истории разработок. — Пенза, 2005.
6. Глушков В.М., Ющенко Е.Л. Математическое описание ЭВМ «Киев» — Киев: Гос. изд-во техн. лит-ры УССР, 1962.
7. Дашевский Л. Н., Шкабара Е. А. Как это начиналось (Воспоминания о создании первой отечественной электронной вычислительной машины — МЭСМ). — М.: «Знание», 1981. — 64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Математика, кибернетика», № 1).
8. Симонов С. Цвет сверхдержавы - красный. Трилогия. — Издательство: СИ, 2015. — 664 с.
9. Пржиялковский В. В. Конструкция и эксплуатационные характеристики вычислительной машины «Минск-2». М., Статистика, 1964.
10. Принципы работы ЭВМ "Минск-23" / М. С. Марголин, М. Г. Скоромник, Г. К. Столяров, Л. Т. Чупригина ; ЦСУ СССР. Глав. упр. вычислит. работ. - Москва : Статистика, 1970. - 151 с. : ил..
11. Королев Л.Н. Структуры ЭВМ и их математическое обеспечение : [Учеб. пособие для вузов по спец. "Прикл. математика"]. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Наука, 1978. - 351 с.
12. Виртуальный компьютерный музей. Серия ЭВМ «Минск». URL:<http://www.computer-museum.ru/histussr/55.htm> (дата обращения 03.05.2017).
13. Пржиялковский В. В., Смирнов Г. Д., Пыхтин В. Я. Электронная вычислительная машина «Минск-32». М., Статистика, 1972.
14. Виртуальный компьютерный музей. ЭЦВМ Минск-32. URL:<http://www.computer-museum.ru/histussr/9.htm> (дата обращения 03.05.2017).
15. Ющенко Е.Л., Малиновский Б.Н., Полищук Г.А., Ядренко Э.К., Никитин А.И. Управляющая машина широкого назначения "Днепр" и программирующая программа к ней. Справочник программиста. Киев, Наукова думка, 1964.
16. Малиновский Б. Н. Цифровые управляющие машины и автоматизация производства.. — Москва: Наука, 1963.
17. Виртуальный компьютерный музей. Управляющая машина широкого назначения (УМШН) "Днепр". URL: <http://www.computer-museum.ru/histussr/dnepr.htm> (дата обращения 03.05.2017).
18. Виртуальный компьютерный музей. Управляющий комплекс для народного хозяйства УМ1-НХ. URL:<http://www.computer-museum.ru/histussr/um1nh.htm> http://www.computer-museum.ru/books/vt_face/prilogenie_16.htm (дата обращения 03.05.2017).
19. Королев Л. Н. Структуры ЭВМ и их математическое обеспечение. М., Наука, 1974.
20. «Рута-110» // Энциклопедия кибернетики. — Киев: Главная редакция УСЭ, 1974. — Т. 2. — С. 301.
21. Доклад ЦРУ "Компьютеры в советской экономике" от 1966 г. URL: https://www.cia.gov/library/readingroom/docs/DOC_0000231548.pdf (дата обращения 03.05.2017).
22. Перевод доклада ЦРУ "Компьютеры в советской экономике" от 1966 г. URL: <http://statehistory.ru/4600/Doklad-TSRU-1966-g--Kompjutery-v-sovetskoj-ekonomike/> (дата обращения 03.05.2017).
23. Дубинина С.А. Мякинина Н.П. Советское государство и НТР: проблемы и достижения (50-60-е годы XX в.) [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. — 2013. — № 4. URL: <http://www.science-education.ru/110-9850> (дата обращения: 03.05.2017).
24. Форрестер Д. Основы кибернетики предприятия (Индустриальная динамика). — М.: Прогресс, 1971. — С. 340.
25. Канторович Л.В. Математические методы организации планирования производства. Л.: Издание Ленинградского государственного университета, 1939. — 67 с.
26. Китов А.И. Кибернетика и управление народным хозяйством // Кибернетику – на службу коммунизму. Сб. статей под ред. А. И. Берга. Том 1. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961. — С. 203-218.
27. Берг А.И., Китов А.И., Ляпунов А.А. О возможностях автоматизации управления народным хозяйством // Проблемы кибернетики. Выпуск 6. М.: Физматгиз, 1961. С. 83-100.
28. Берг А.И., Китов А.И., Ляпунов А.А. Радиоэлектронику — на службу управления народным хозяйством // Коммунист. 1960. № 9. С. 21-28.
29. Информационные технологии в СССР. Создатели советской вычислительной техники / Ю. В. Ревич, Б. Н. Малиновский.: БХВ-Петербург. – Санкт-Петербург, 2014.
30. Ревич Ю. Математик Анатолий Китов: Обогнать США, не догоняя! // Родина, №117(1), 2017.
31. Глушков В.М., Валах В.Я. Что такое ОГАС? – М.: Наука, 1981 – 160 с., ил.
32. Глушков В. М. Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС. – М., «Статистика», 1975.

История развития графических методов проектирования ПО в СПбГУ

Терехов Андрей Николаевич, д.ф.-м.н.

Брыксин Тимофей Александрович, к.т.н.

Литвинов Юрий Викторович, к.т.н.

Кафедра системного программирования СПбГУ

Системы реального времени

В начале 1980-х годов коллективу лаборатории системного программирования Ленинградского государственного университета пришлось заняться совершенно новой тематикой – программированием цифровых телефонных станций, которые являются классическим примером систем реального времени (СРВ).

Многие авторы признают программирование СРВ самой трудной задачей нашей специальности по следующим причинам:

1. Необходимость укладываться в жёсткие временные ограничения, вне рамок которых важная информация просто пропадает;
2. Обычно СРВ управляются не одной ЭВМ, а многими, соединёнными в сложноустроенные сети, поэтому в СРВ входит вся многообразная тематика сетей (протоколы, устойчивость к сбоям и отказам, реконфигурация, пропускная способность и т.д.);
3. Любая цифровая телефонная станция включает в себя большие базы данных (абоненты, блоки аппаратуры, учёт трафика и т.д.), поэтому и проблематика БД, сама по себе весьма не простая, в полном объёме включается в СРВ;
4. Часто (особенно для больших станций) станцией управляет один или несколько операторов, поэтому все проблемы человеко-машинных интерфейсов также приходится решать в процессе проектирования цифровых телефонных станций;
5. Самая большая трудность при отладке СРВ заключается в неповторяемости ситуаций. Станция может успешно работать 2 года, а потом вдруг «вылететь», причём понять причину отказа очень трудно. В СРВ обычно много критических интервалов, если программист при входе в такой интервал забудет опустить семафор, но при выходе его поднимет, то такая ошибка может долго не проявляться, то есть долго не возникает ситуация, когда 2 процесса попадают в критический интервал одновременно. Разумеется, есть способы борьбы с такими ошибками, например, использование мониторов Хоара вместо семафоров Дейкстры, постоянная трассировка процессов (правда, это значительно замедляет работу станций), отладка с механизмами поиска ситуаций гонок (к слову, 20 лет назад таких механизмов ещё не было) и так далее.

Перечисленные выше проблемы носят, скорее, технический характер, но есть ещё множество организационных проблем, которые относятся к науке под названием «Программная инженерия». Это проблема организации больших коллективов, управление бюджетом и сроками, психология взаимоотношений специалистов разного возраста и квалификации и многое другое.

Из такого рода проблем на нас наибольшее впечатление произвела проблема «Вавилонской башни». Дело в том, что станцию проектируют специалисты самых разных профилей, говорящие на разных языках:

1. Связисты, знающие протоколы, по которым станция общается с абонентами и другими станциями. Этим протоколам очень много, часть из них является международными стандартами, другие применяются только в нашей стране (например, ИКМ-15/16 – сельская связь), есть специальные протоколы, которые применяются в военной связи и т.д.
2. Алгоритмисты, знающие стандарты Международного союза связи (раньше этот союз назывался ССИТТ, теперь – ITU-T) и на основе этих стандартов разрабатывают алгоритмы работы станции. Знание международных стандартов необходимо, иначе к станции нельзя будет подсоединить телефоны разных производителей, а саму станцию нельзя будет включить в существующую сеть связи, состоящую из станций разных производителей.
3. Инженеры, проектирующие телефонное оборудование, которое должно соответствовать телефонным протоколам.

4. Инженеры, проектирующие управляющие ЭВМ и протоколы, их связывающие. Отдельную трудность здесь составляет наличие интерфейсов с телефонным оборудованием (обычно эти интерфейсы отличаются от традиционных).
5. Наконец, программисты, которые заставляют всё вышеперечисленное работать. Именно программисты ответственны за всю работу. Если, скажем, инженеры создали какой-либо интерфейс в 10 раз медленнее, чем записано в ТЗ, то заставлять укладываться в нужные рамки будут именно программистов, поскольку времени на перевыпуск оборудования уже не будет. Если алгоритмисты допустили ошибку, то эта ошибка выявится только на стадии комплексной отладки. И опять исправлять программистам.

То утверждение, что все эти специалисты говорят на разных языках, вовсе не является метафорой. У них разный профессиональный жаргон, многочисленные (причём, совершенно разные) сокращения, разные способы объяснения решения задач.

Нам понадобилось не менее двух лет, чтобы научиться понимать всю эту «братию». Особенно нас раздражала каста алгоритмистов с их объяснениями типа «Возьми это самое, там, на этом...»

Оказалось, что проблема взаимопонимания специалистов разных профилей носит международный характер. Над решением этой проблемы работали большие группы в ССИТТ (МККГТ – международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии). Специалисты ЛНПО «Красная Заря», работающие в этих группах, в начале 1984 года привезли и показали нам рекомендацию Z.100 с описанием графического языка SDL (Specification and Description Language). Основная идея этой рекомендации состояла в том, что человек значительно легче воспринимает графические изображения (диаграммы), чем тексты.

Нам эта идея понравилась. Уже к концу того же 1984 года молодой кандидат физико-математических наук Фима Монарх реализовал первый в СССР графический редактор SDL. Однако графическим его можно было назвать с известной натяжкой. В те годы у нас ещё не было графических дисплеев и принтеров. Фима рисовал ромбики, прямоугольники, соединительные линии и другие объекты SDL крестиками, звёздочками и другими символами, которые можно напечатать на АЦПУ (алфавитно-цифровое печатающее устройство). Нас это не пугало, довольно быстро мы набрали на этом редакторе полный набор алгоритмов для одной из проектируемых нами станций. Получилась толстая (сантиметров 10–12) пачка больших листов бумаги.

Действительно, алгоритмы стало легче читать, вводить в курс дела вновь пришедших специалистов, но, в любом случае, это был набор «картинок для начальников». Никакой отладки по этим бумагам делать было нельзя.

Тогда Наталия Вояковская сделала интерпретатор SDL на ЕС ЭВМ. Тогда мы работали на дисплеях ЕС 7920, на которых рисовался телефон с опущенной трубкой. Нажимая на разные клавиши, можно было «поднять» трубку, набрать номер и потом пошагово проследить работу алгоритма, прыгая по элементам диаграмм на языке SDL. Особенно важно было увидеть, на какую диаграмму и с какими параметрами попадает посылаемый сигнал.

Но для полноценной отладки нужна была БД. Аспиранты Аня Бульонкова (из Академгородка Новосибирска) и Володя Парфёнов решили и эту задачу. Аня реализовала СУБД на базе стратегии тщательного замещения. Если в процессе исполнения транзакции происходил сбой, то после перезапуска мы мгновенно возвращались на состояние начала транзакции безо всякой журнализации, так как внутри транзакции все блоки писались на новое место (предыдущее содержимое блока не трогалось). В случае успешного завершения транзакции целый список старых блоков заменялся на новый список одной неделимой физической записью на диск.

Володя Парфёнов реализовал автоматическую генерацию данных по создаваемой человеком формальной схеме. Он придумал язык для этих целей и его реализацию. Только через 7-8 лет после него появился UML с очень похожими возможностями, но Володя успел получить свою долю славы. Я до сих пор рассказываю студентам, как мне звонил заместитель Министра промышленности средств связи генерал-лейтенант КГБ со скандалом, куда это я отпустил столь важного специалиста. Мне стоило большого труда объяснить, что это молодой специалист, выпускник мат-меха этого года, и уехал он командиром студенческого стройотряда.

К 1989 году все инструментальные средства были перенесены с ЕС ЭВМ на персоналки (тогда мы работали на болгарских персоналках Правец 16 – копиях IBM PC XT), графические технологии прочно завоевали своё место при проектировании телефонных станций и других СРВ [1,2]. В 1991 году А.Н.Терехов защитил докторскую диссертацию по этой тематике в Академгородке Новосибирска.

Языки для создания информационных систем

В конце 90-х годов нам поручили заниматься информационной системой нашего СПбГУ. После тщательного анализа предметной области оказалось, что надо сгенерировать более 100 таблиц в разных базах данных, сформировать порядка 200 форм ввода информации и запрограммировать более 1000

отчетов. Традиционной технологией в то время была MS Visual Basic, которая имела некоторый набор инструментов для этих задач, но, все равно, объем работы был слишком большой.

Ответственным исполнителем этой темы был Саша Иванов, который начал с ручного программирования отдельных задач, но при этом старался заметить и обобщить общие подходы, приемы и шаблоны программирования. Уже были известны инструменты, которые по диаграммам ERD (сущность-связь) генерировали базы данных, но уступали по эффективности ручному программированию, например, по построению системы индексов. Саше Иванову удалось расширить набор атрибутов элементов диаграмм, вместо ERD он начал применять диаграммы классов UML с их новыми возможностями наследования и агрегирования и добился сравнимого с ручным качества автоматически сгенерированного кода. Как всегда, все инструменты как графических редакторов, так и генераторов кода мы создавали сами. Наш многолетний опыт показывает, что использование своих, а не заимствованных средств программирования предпочтительнее - всегда можно что-то улучшить, добавить новые функции, да и обучение новых сотрудников проходит легче.

В информационных системах типа разрабатываемой нами для СПбГУ почти нет алгоритмических действий, основу составляют различные поиски, например, чтобы найти студента в подсистеме «Студент», нужно выбрать факультет, в нем выбрать направление обучения, группу и только потом указать фамилию, имя и отчество искомого студента. Аналогичным образом можно собрать в специализированном графическом редакторе сложную форму, содержащую данные из разных таблиц, просто «перетаскивая» мышкой элементы из разных таблиц на общую форму. Если добавить десяток фильтров и кнопок сортировки по разным ключам, то оказывается, что больше ничего и не надо.

В результате Саше Иванову и возглавляемому им коллективу удалось реализовать более 15 подсистем информационной системы СПбГУ [3,4], не написав ни одной строчки на MS Visual Basic, которые проработали более 15 лет (система «Студент» работает до сих пор). Все проектирование выполнялось с помощью графических редакторов с автоматической генерацией кода на MS Visual Basic. Небольшая доводка все же требовалась, но это никак не было связано с логикой работы – подбор цветов, расположение окошек на диаграмме и другие “красивости”. Из-за этого возникла проблема ground-robin - при внесении изменений в проект и регенерации кода не должны пропадать ранее сделанные ручные правки, эта проблема также была решена.

Саша Иванов по результатам этих работ подготовил и защитил кандидатскую диссертацию. Интересно, что при написании обзора литературы он обнаружил термин «Информационные системы, ориентированные на данные», довольно точно отражающий суть наших работ. Несколько работ по реализации таких систем можно было не делать самим, а воспользоваться готовыми работами. Жалко, что аспиранты почти всегда пишут обзор литературы в конце работы, а не в самом ее начале!

DSL (Языки, ориентированные на отдельные предметные области)

Естественно, мы ожидали, что многие программисты будут применять столь удобные, на наш взгляд, технологии, но массового перехода на графические методы не произошло. Мы долго не могли понять, в чём дело. Сейчас мы думаем, что SDL и появившийся позже универсальный язык UML слишком мелкозернисты, слишком сильно похожи на текстовые алгоритмические языки – те же присваивания, циклы, условия и т.д.

Программное обеспечение больших объемов вообще сложно воспринимаемо, его трудно представить себе визуально, а держать в голове сотни тысяч строк программного кода одновременно невозможно. Визуальное моделирование, по мнению многих исследователей, могло бы помочь в решении этой проблемы [5]. При таком подходе программа представляется в виде набора моделей на графических языках, описывающих систему с различных точек зрения: от требований до описания деталей реализации. Пока визуальное моделирование активно применяется только при анализе и проектировании, и в подавляющем большинстве случаев визуальные модели используются только как часть технической документации и как средство передачи информации программистам, тогда как было бы полезнее автоматически генерировать код системы по визуальным моделям.

В случае с визуальными языками общего назначения¹ полноценное создание системы с использованием только графических языков чрезвычайно сложно по ряду причин, основной из которых

¹ Визуальный язык, так же как и текстовый, может быть определён как совокупность артефактов, синтаксических правил, выражающих допустимые способы связи артефактов, и семантики, выражающей значение комбинации артефактов. В текстовых языках в роли артефактов выступают текстовые символы, образующие цепочки, в визуальных языках – графические символы, расположенные в двумерном пространстве.

является семантический разрыв между моделями и кодом. Однако зачастую оказывается, что можно создать свой визуальный язык под конкретную предметную область или даже конкретную задачу. Более того, используя знания о предметной области при разработке инструментария для этого языка, можно добиться полной генерации работающего исходного кода системы по визуальным моделям. Сами модели при этом могут оставаться достаточно близкими к предметной области, чтобы их могли создавать и использовать даже непрограммисты. Такой подход называется предметно-ориентированным визуальным моделированием (Domain-Specific Modelling, DSM). Результаты ряда исследований [6-9] указывают на то, что он оказывается весьма эффективным, в том числе отмечается повышение производительности труда программиста от трёх до десяти раз.

Разумеется, создание визуального языка, графических редакторов, генераторов и других инструментальных средств для этого языка “с нуля” под каждую конкретную задачу было бы неоправданно трудоёмким. По этой причине были созданы инструментальные средства, позволяющие в большой степени автоматизировать этот процесс, такие инструменты называются DSM-платформами или metaCASE-системами. Такие системы позволяют создавать визуальную технологию (называемую DSM-решением) за время порядка дней, что делает это экономически оправданным даже для небольших проектов. В основе DSM-решений лежат языки DSL (Domain Specific Language), создаваемые специально для каждой узкой предметной области. Эти языки создаются экспертами, хорошо знающими свою предметную область. Каждая графическая иконка обозначает крупное действие, то есть заменяет десятки и сотни строк кода. Например, если на таком языке нарисовать сценарий поведения пользователя мобильного приложения (авторизация, выбор из меню, конкретные действия), то это и будет конечным алгоритмом, из которого можно полностью автоматически сгенерировать код.

На самом деле текстовые DSL мы создавали больше 40 лет назад на базе Алгола 68 (правда, тогда термина DSL не существовало). В этом языке впервые появились возможности описания новых типов данных и операций над значениями таких типов. Например, для создания языка планиметрии можно описать типы **точка**, **прямая**, **окружность** и т.д., а также операции **построить** с двумя операндами типа **точка** и результатом типа **прямая**, **пересечь** с двумя операндами типа **прямая** и результатом типа **точка** и т.п. При этом пользователь может годами писать программы на этом специализированном языке, не подозревая, что он пишет на Алголе 68 и использует стандартный транслятор, но, разумеется, наглядности графических образов такой подход лишен.

Одним из исследовательских проектов в области графического предметно-ориентированного моделирования стал проект QReal [10-12], выполненный на кафедре системного программирования Санкт-Петербургского государственного университета (кафедра образована на базе одноименной лаборатории в 1996 году). Проект ставил перед собой цель создания DSM-платформы (т.е. QReal является метатехнологией), достаточно простой в использовании, чтобы свой визуальный язык в течение нескольких часов мог создать даже человек, который использует её впервые. Платформа при этом достаточно функциональна, чтобы с её помощью можно было разрабатывать большие и сложные визуальные технологии².

Платформа QReal:Robots

С помощью метатехнологии QReal были созданы решения для систем реального времени, описания бизнес-процессов по стандарту BPMN, реализации мобильных приложений, проектирования кристаллов и др., но самым удачным, на наш взгляд, стало решение по программированию роботов QReal:Robots [13-14].

Концептуально программа на языке QReal:Robots представляется в виде набора элементарных команд роботу, связанных стрелками, означающими передачу управления между блоками. Пример программы представлен на рисунке 1.

² Домашняя страница проекта QReal на GitHub, URL: <https://github.com/qreal/qreal>

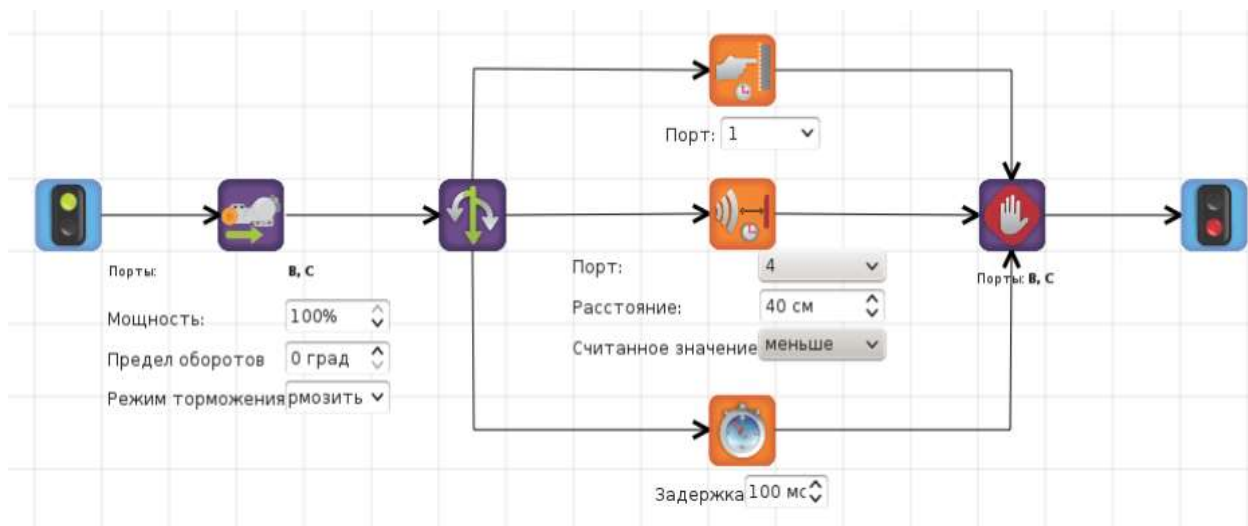


Рис 1. Пример программы в QReal:Robots

Созданную на визуальном языке программу можно исполнить прямо на компьютере, посылая команды роботу через Bluetooth или USB. При этом текущий исполняемый блок будет подсвечиваться, будут выводиться показания сенсоров и значения переменных и будет возможность остановить или даже изменить программу в процессе выполнения. По диаграмме также можно сгенерировать код на языке С, оттранслировать и загрузить его на робот и исполнить на роботе. При этом отладочная информация выводиться не будет, но робот будет способен действовать автономно, без связи с компьютером. Кроме того, программу можно исполнить вообще без робота, на двухмерной модели, запущенной внутри среды QReal:Robots. Двухмерная модель реализует фиксированную конфигурацию робота (трёхколёсную тележку, типичную для задач, требующих перемещения робота в пространстве, например, при движении по линии или игре в робофутбол). Однако есть возможность задать конфигурацию и положение сенсоров, элементы внешнего мира, включая стены, цветные линии и области на полу.

Визуальный язык состоит из порядка двадцати блоков и одного вида связи, поддерживает математические выражения с арифметическими операциями и тригонометрическими функциями, использование переменных, доступ к текущим значениям сенсоров прямо из выражения. Присутствует поддержка параллельно исполняемых фрагментов программы, условного оператора и циклов.

Команды школьников, использовавшие QReal:Robots как основное средство программирования, выступали на многих соревнованиях по робототехнике и показали достойные результаты.

Заключение

Накопленная история использования графических методов проектирования ПО показывает, что при наличии мощной инструментальной поддержки использование предметно-ориентированных визуальных языков реализует принципиально новый подход к созданию сложных систем с довольно низким порогом вхождения для новичков и многократным увеличением производительности профессионалов. Для этого в распоряжении проектировщиков должен быть обширный набор программных средств, начиная от визуальных редакторов и репозитория и заканчивая средствами отладки, контроля версий и процессов рефакторинга создаваемых моделей. Платформы DSM помогают ускорить и автоматизировать процесс создания подобных инструментальных средств, позволяя применять данный подход к разработке программного обеспечения для различных предметных областей и наборов задач. При этом DSM-решение создаёт, как правило, один очень опытный разработчик (или небольшая команда опытных разработчиков), а пользуется этим решением большое количество людей, которые иногда даже могут не обладать навыками программирования.

Литература

1. Терехов А.Н., RTST — технология программирования встроенных систем реального времени. Записки семинара Кафедры системного программирования "Case-средства RTST++". 1998. С. 3.
2. Парфенов В.В., Терехов А.Н., RTST — технология программирования встроенных систем реального времени. Системная информатика. 1997. С. 228.
3. Terekhov A.N., Romanovskii K.Yu., Koznov D.V., Dolgov P.S., Ivanov A.N. RTST++: Methodology and CASE tool for the development of information systems and software for real-time systems. *Programming and Computer Software*. Vol. 25. № 5. 1999. С. 276–281.
4. Терехов А.Н., Кияев В.И., Комаров С.Н., Принципы информатизации системы управления в Санкт-Петербургском Государственном Университете. Вестник Санкт-Петербургского университета, Серия 8: Менеджмент. № 2. 2004. С. 151–200.
5. Кознов Д.В., Основы визуального моделирования, БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет-университет информационных технологий - ИНТУИТ.ру, 2008.
6. Weiss, D., Lai, C. T. R. *Software Product-line Engineering*, Addison Wesley Longman, 1999.
7. Kelly, S., Tolvanen, J.-P. Visual domain-specific modeling: benefits and experiences of using metaCASE tools, in: Bezivin, J., Ernst, J. (Eds.), *Proceedings of International workshop on Model Engineering, ECOOP 2000*.
8. Kelly, S., Tolvanen, J. *Domain-Specific Modeling: Enabling Full Code Generation* // Wiley-IEEE Computer Society Press. 2008. 448 p.
9. Kieburtz, R., et al. A software engineering experiment in software component generation, *Proceedings of 18th International Conference on Software Engineering*, Berlin, IEEE Computer Society Press, March, 1996.
10. Терехов А.Н., Брыксин Т.А Литвинов Ю.В., Смирнов К.К., Никандров Г.А., Иванов В.Ю., Такун Е.И., Архитектура среды визуального моделирования QReal. Системное программирование. Т. 4. СПб.: Изд-во СПбГУ. 2000. С. 171–196
11. Кузенкова А.С., Дерипаска А.О., Таран К.С., Подкопаев А.В., Литвинов Ю.В., Брыксин Т.А., Средства быстрой разработки предметно-ориентированных решений в metaCASE-средстве QReal // Научно-технические ведомости СПбГПУ, Информатика, телекоммуникации, управление. Вып. 4 (128). СПб.: Изд-во Политехнического Университета. 2011. С. 142–145.
12. А. Н. Терехов, Т. А. Брыксин, Ю. В. Литвинов. QReal: платформа визуального предметно-ориентированного моделирования // Программная инженерия. – № 6. – 2013. – С. 11–19.
13. Andrey Terekhov, Yuri Litvinov, Timofey Bryksin, QReal:Robots an environment for teaching computer science and robotics in schools, *Proceedings of the 9th Central & Eastern European Software Engineering Conference in Russia*, ACM New York, NY, USA ©2013
14. А. Н. Терехов, Т. А. Брыксин, Ю. В. Литвинов, Среда визуального программирования роботов, QReal:Robots, Сборник тезисов III Всероссийская конференция «Современное технологическое обучение: от компьютера к роботу», 2013

Исполнители Звенигородского: эпоха от «Агатов» 1980-х до современности

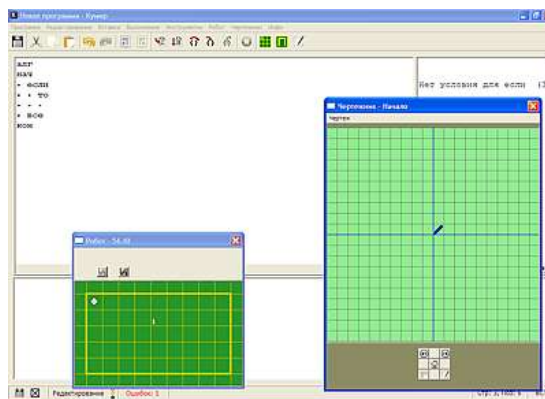
Тихонова Татьяна Ивановна

Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, Новосибирск
tanja@iis.nsk.su

Введение

В середине семидесятых годов, в условиях недостаточной технической поддержки, безмашинный вариант преподавания основ программирования на базе языка Робик [1], созданного Геннадием Анатольевичем Звенигородским для начального обучения, послужил мощным средством для вовлечения младших школьников в мир компьютеров. Робик как методологическая основа, способствовал быстрому осваиванию детьми информационных технологий и позволял в ненавязчивом стиле игры привить навыки алгоритмического мышления.

Прием опережающего обучения программированию на базе исполнителей хорошо зарекомендовал себя. Учитывая появление новых технологий и областей их применения, необходимо ориентировать преподавателей информатики на раннее ознакомление с этими технологиями учащихся начальной школы. Такой подход позволяет не только развить навыки алгоритмического мышления, но и научить поиску красивого решения поставленной задачи, опирающегося как на готовые алгоритмы, так и на собственные изыскания, сформировать привычку аккуратной и систематической работы. Использование исполнителей для обучения программированию позволяет на интуитивном уровне заложить основополагающие навыки и обеспечить более качественную подготовку специалистов в области информатики и вычислительной техники.



В середине 90-х годов еще только начинали говорить о широком распространении компьютерных сетей, телекоммуникаций, банковских систем, автоматизации торговой деятельности. На сегодняшний день глубокого понимания природы асинхронных процессов и вытекающих из нее механизмов корректной работы [2] должны добиться не только специалисты, разрабатывающие программное обеспечение, но и пользователи программных средств. Учитывая заложенные в Робике точки роста, а именно возможность писать программы для семейства исполнителей, предложено было [3] взять за основу для развития на интуитивном уровне понимания параллельного решения задач на компьютере общеизвестные процессы и явления, связанные с коллективным поведением, ориентация в которых не вызывала бы особых трудностей.

Робик позволяет каждому ученику придумать и реализовать свой алгоритм поведения исполнителей. Ребенок моделирует работу Дежурника, Муравья, Машиниста в соответствии со своим типом мышления, складом характера.

Базовый язык Робика включает в себя объекты типа *числа*, *текст*, *функции* и операции *цикл*, *ввод*, *вывод*, *условие*, *вкл* и *выкл исполнителя*. Хотя в каждый момент времени включен один, учащиеся знают о существовании многих исполнителей. Этот факт позволил естественно обосновать переход к выполнению программы коллективом исполнителей. Одновременное введение нескольких однотипных или разных исполнителей позволяет решить новые типы задач, моделировать обстановку, в которой работают исполнители, помимо существующих понятий освоить принципы параллельного программирования; ознакомиться с технологиями клиент-сервер.

Для решения поставленных задач можно рассматривать расширение возможностей имеющихся исполнителей Г.А. Звенигородского, а можно создавать новых исполнителей, взяв героев из известных всем детям сказок или придумать собственных забавных (или не очень) персонажей.

Тематически близкие работы

В направлении создания программ, идеологически близких в Робик, работали многие группы авторов. Широко известны Кушниренко А.Г. и Лебедев Г.В. с группой разработчиков. Работая по концепции алгоритмического языка А.П. Ершова, трудились над созданием системы КуМир (в базовой части были реализованы исполнители Чертежник и Робот).

Широкий класс исполнителей был разработан группой, занимающейся Роботландией. В Новосибирске Ю.А. Первин работал под руководством А.П. Ершова. Здесь он познакомился с

А. Дувановым. Активно увлеченный как программированием, так и созданием обучающих программ для школьников, А.А. Дуванов начал разработки Роботландии и продолжил эту работу в Переславле-Залесском.

Роботландия давно нашла признание. В состав пакета для обучения школьников входит Оболочка пакета. Используется в качестве графической оболочки для запуска остальных программ.

Исполнители



Погружение в мир исполнителей Роботландии начинается с программы Квадратик, в которой предстоит исследование среды и системы команд исполнителя. Затем решаются содержательные задачи в средах Машиниста, Автомата и Плюсика. С последним исполнителем связано много интересных вычислений на стеке.

Черные ящики

Любимая многими учителями старой закалки тема. Дети активно используют игру не только на уроках, но и в свободное время.

Программирование



Кукарача – едва ли не первый исполнитель Роботландии. Это модификация Муравья Звенигородского. Клетчатая среда исполнителя и простейшая система команд (ВВЕРХ, ВНИЗ, ВПРАВО, ВЛЕВО) позволяют очень наглядно увидеть результат работы программ. Знакомство с основами алгоритмическими структурами (процедура, ветвление, цикл) происходит на базе простого языка программирования. Хотя в языке нет даже переменных, можно при желании, запрограммировать очень сложные задачи.

В основном в данном пакете рассматриваются графические исполнители и тренажеры. В базовой части происходит использование единичных исполнителей, что отсекает класс задач по параллелизму.

В Новосибирске работа с исполнителями традиционно ведется по сей день. В школах используются пакеты программ, написанные не только современными программистами, но и модификации пакетов прикладных программ, разработанных в конце прошлого – начале этого века. Как правило, такого рода программы могут быть написаны студентами в качестве дипломной работы. Например, под руководством Т.И. Тихоновой, разработан пакет исполнителей «Три поросенка», в котором поддержано освоение синхронных и асинхронных процессов с возникновением помех. Студентами трех поколений под руководством Л.В.Городней разработаны исполнители языка Робик «муравьи», с помощью которых охватывается класс задач, направленных на изучение понятия "параллельного программирования". Работа доросла до использования заложенных в исполнителе возможностей расширения ее до приложения клиент-сервер, а система команд, будучи общей для всех включенных Муравьев, дополнилась двумя командами. Муравьи могут выполнять предписания вперед, назад, вправо, влево, захватить, отпустить. Работа исполнителей Муравьев может происходить в режиме имитации однопроцессорной и многопроцессорной машин. Число процессоров сопоставлено с числом вводимых в реализацию задачи исполнителей. В первом случае за один такт работы виртуального процессора системы происходит выполнение текущего элементарного предписания одного

включенного на данный момент исполнителя. Во втором случае происходит выполнение предписаний всех включенных исполнителей, если взаимодействие параллельно выполняющихся предписаний разных исполнителей окажется корректным.

Исполнители Робика—Дежурики являются предшественниками Муравьев. Они представляют другой класс задач, на котором объясняются более ранние понятия программирования. Модификация современной версии Дежуриков была разработана Л. Ефимовой.



Каждый из дежурных имеет свою систему предписаний, для наглядности вводятся мальчик и девочка, это упрощает распределение обязанностей дежурных. Есть обязанности, которые дежурные могут выполнить только вместе, например, поправить парту. Могут найтись предписания, которые не будут использованы в процессе исполнения.



Последовательность выполнения предписаний (команд) может зависеть друг от друга и быть независимой.

Заключение

Разработка программного обеспечения уже не является привилегированным занятием небольшого количества подготовленных специалистов. На сегодняшний день уже в школьном возрасте можно выделить немногочисленную, но с горячим энтузиазмом использующую свои собственные программы группу детей,

которым нравится управлять работой компьютера. Им, как предполагаемым специалистам в области программирования, особенно необходимо понимание сути работы с машиной.

Разработка и создание многочисленных исполнителей возможны силами старшекласников по предложенным проектам учителей. Такого рода работа регулярно осуществляется на Летних школах юных программистов. Исполнители берут начало от методики Звенигородского и формируют современный подход к программированию, так как направлены на реализацию приложений для телефонов, планшетов и т.п. Но такого рода механизм подходит лишь для экспериментальной обкатки методики преподавания. Разработка качественного учебного программного обеспечения должно соответствовать общетехническим и психолого-педагогическим требованиям, осуществляться под контролем комиссии по приемке качественного ПО, приемлемого для использования в широком обучении школьников.

Потребность во все более мощных компьютерах определяется запросами коммерческих приложений и интенсивных по вычислениям научных и технических приложений требуют разработки методов параллельной обработки информации многопроцессорных вычислительных средств.

Для адекватного восприятия современного технического потенциала необходимо начинать подготовку специалистов именно в раннем школьном возрасте, чтобы опередить формирование навыков приведения процессов к последовательным программам. Эту задачу можно успешно решить, используя методику создания игровой среды обучения, в которой взаимодействуют различные исполнители, решающие одну общую задачу.

Задумка группы авторов, придумавшей исполнителей в качестве альтернативы для широкого охвата привлеченных к новой дисциплине – программированию, оказалось выверенной, обкатанной десятилетиями, дополняемой методикой. Многочисленные последователи опираются на метод обучения в среде исполнителей не только в младшем школьном возрасте, но и в более старших возрастных группах. Исполнители являются важной составляющей нынешнего ЕГЭ, входят во многих регионах в «олимпийскую» подборку заданий школьных олимпиад.

В отличие от обстановки 70-80 годов уже прошедшего столетия, в нашем насыщенном техникой мире общество испытывает необходимость в большом количестве специалистов, являющимися активными пользователями. Этой цели способствует обучение информатике с включением различных исполнителей в качестве формирования аппаратного мышления. Большинство людей, использующих в работе компьютер, не пишет собственных программ, но разумное применение программного обеспечения, ориентированного на помощь в различных сферах человеческой деятельности, должно быть сформировано как важная составляющая культуры взаимодействия в мире компьютеров.

Литература:

1. Звенигородский Г.А. Первые уроки программирования. М.: Наука, 1985.
2. Olszewski J. CSP Laboratory // The Papers of the 24-th SIGCSE Techn. Sympos/ on Computer Scu Education, Indianapolis, Indiana, Feb/ 18 s 19, 1993. s Indianapolis, 1994.
3. Городняя Л.В., Тихонова Т.И. // Программные системы. Новосибирск: Ин-т систем информатики СО РАН, 1995. С. 37-45.

Начало создания промышленной основы разработок и поставок пакетов прикладных программ научно-исследовательского профиля на Казанском заводе ЭВМ

Девятков Владимир Васильевич, д.э.н.

Академия наук Республики Татарстан,
Казань, Россия
vladimir@elina-computer.ru

Трегубов Владимир Михайлович, к.т.н.
VMtregubov@kai.ru

Тумбинская Марина Владимировна, к.т.н.
tumbinskaya@inbox.ru

Якимов Игорь Максимович, к.т.н.

Казанский национальный исследовательский технический университет им.

А.Н. Туполева – КАИ, Казань, Россия,
yakimovigormaks@mail.ru

Ключевые слова: история вычислительной техники, пакеты прикладных программ, Казанский завод ЭВМ

Первая попытка к созданию единой промышленной основы разработки и поставки пакетов прикладных программ (ППП) в СССР предпринята в СКБ Казанского Завода ЭВМ (КЗЭВМ) в 1975 году. Инициатива создания этого направления работ принадлежит заместителю начальника СКБ И.А. Корниенко, который в составе СКБ фактически на «голом» месте организовал специализированный отдел прикладных программ №12. Основу отдела, кроме трёх квалифицированных приглашённых программистов, составили молодые специалисты выпускники КАИ и КГУ. В отделе прикладных программ СКБ Казанского завода ЭВМ были разработаны, сданы в промышленную эксплуатацию и входили в состав прикладного программного обеспечения ЕС ЭВМ следующие пакеты прикладных программ (ППП):

1. Решения матричных задач.
2. Математического программирования.
3. Вычисления **собственных значений** матриц. Решения полной проблемы собственных значений.
4. Решения задач математической физики.
5. Моделирования аналоговых систем и непрерывных процессов.
6. Моделирования дискретных систем.

ППП решения матричных задач были предназначены для обработки матриц большой размерности, с автоматическим распределением оперативной и внешней памяти ЭВМ.

ППП решения задач математического программирования были предназначены для оптимизации систем и процессов методами линейного и сепарабельного программирования. Стандартные программы пакета эффективно использовались при решении задач управления в народном хозяйстве.

ППП вычисления собственных значений матриц были предназначены для решения одной из наиболее важных задач вычислительной математики по нахождению **собственных значений** матриц.

ППП решения задач математической физики позволяли решать основные задачи поиска решений дифференциальных уравнений в частных производных. Пакет имел удобный интерфейс ввода исходных данных и вывода результатов.

ППП моделирования аналоговых систем и непрерывных процессов были предназначены для моделирования систем и процессов, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями. Программы пакета успешно применялись в таких областях, как теория автоматического регулирования, электроника, механика и электротехника. Пакет программ имел входной язык, не требующий больших навыков в программировании, он позволял легко описывать модель непосредственно по структурной схеме или системе дифференциальных уравнений, предоставляя возможность построения проблемно ориентированных расширений пакета для различных областей науки и техники.

ППП для моделирования дискретных систем (ПМДС 2.0) позволял проводить исследования информационных (в процессе проектирования и эксплуатации) и вычислительных систем, осуществлять выбор конфигурации средств вычислительной техники, исследовать системы массового обслуживания. Программы

пакета обеспечивали автоматический сбор и выдачу разнообразных статистических данных о функционировании системы, например, коэффициентов использования оборудования, параметров очередей и т. д. [1]. ППП моделирования дискретных систем получил наибольшее распространение в СССР. Это во многом объясняется достоинствами языка GPSS. Основным принципом организации имитационных моделей на языке GPSS в том, что все события в модели происходят при входе движущихся динамических объектов в функциональные блоки и успешно используется до сих пор в современных системах имитационного моделирования. Общее количество поставленных ППП по моделированию дискретных систем составило около 1000 экземпляров [2]. В поставки ППП входило программное обеспечение на 4 магнитных лентах и текстовая документация в трёх экземплярах общим количеством 12 книг. Средняя стоимость одного ППП составляла 1000 рублей.

О широкой популярности разработанных ППП у пользователей свидетельствует объём их поставок, который составил более 5000 экземпляров. Благодаря их появлению Россия перешла на новый более высокий уровень разработки и применения прикладного программного обеспечения. Далее и большинство отечественных разработок в области прикладного программного обеспечения начали оформляться по правилам, разработанным в СКБ Казанского завода ЭВМ, которые соответствовали международным стандартам. Произошёл переход от разработки программ, разового использования к разработке товара – ППП для многократного использования. Наиболее существенный вклад в разработку ППП внесли следующие программисты 12 отдела (по алфавиту): Девятков В.В., Корниенко И.А., Кузьмин Н.А., Пьянов Г.М., Трегубов В.М. Специалисты отдела регулярно устраивали семинары и обеспечивали сопровождение ППП у пользователей. Разработанные в СКБ ППП в 1978 году успешно экспонировались на ВДНХ СССР и удостоились золотых, серебряных и бронзовых медалей. Пакеты прикладных программ, разработанные в 12 отделе Казанского завода ЭВМ широко использовались в инженерных расчётах и в научно-исследовательских работах в России [3]. Сотрудниками СКБ КЗЭВМ защищены три диссертации на соискание ученой степени кандидат технических наук, основой которых явилось имитационное моделирование информационных систем. Девятков В.В. защитил диссертацию по разработке системы моделирования дискретных систем. Мячин В.Н. защитил диссертацию по исследованию функционирования многомашинных вычислительных комплексов на основе имитационного моделирования на языке GPSS. Трегубов В.М. защитил диссертацию по разработке математического и программного обеспечения оптимизации проектных решений на имитационных моделях и применении разработанных программных средств для проектирования АСУ цеха производства печатных плат [7].

Пальма первенства в освоении языка GPSS принадлежит сотруднику МИЭТ (г. Москва) Дедкову Анатолию Федоровичу, по крайней мере, это была первая работа, получившая такой резонанс и вызвавшая практический интерес. Под руководством Дедкова А.Ф. в 1975 году была освоена система GPSS/360 на ЕС ЭВМ. Им был осуществлен перевод документации, объемом примерно в 300 страниц. В связи с тем, что серьезного распространения системы усилиями учебного ВУЗа не получилось, материалы для развития работ были переданы на Казанский завод ЭВМ. Дедков А.Ф. продолжал активно проводить исследования и разработки в данной области. В частности он разработал очень интересную по своим идеям систему ПЛИС на языке PL/I. Кроме работ Дедкова был ряд работ сделанных в других социалистических странах, например, в Болгарии и ГДР. Наибольшую известность в СССР получила разработка из ГДР – СИМДИС, в основном на уровне публикаций из сборника вычислительная техника в социалистических странах.

В 1976 году впервые в СССР коллектив под руководством Якимова И.М. и Девяткова В.В. завершил работы по освоению и промышленному выпуску пакета прикладных программ моделирования дискретных систем ПМДС. В основе этого пакета был язык GPSS/360. Отличительной особенностью работ проведенных в СКБ Казанского завода ЭВМ является то, что это был серийно разработанный пакет программ. Он прошел все виды испытаний, имел полновесный комплект документации удовлетворял требованиям ГОСТ ЕСПД (около тысячи страниц), был подготовлен для серийного тиража (копии и дубликаты программ, кальки документации, методика контроля и приемки), сдан в государственный фонд алгоритмов и программ. Он распространялся как отдельно, так и в составе ЭВМ выпускаемых заводом. Не забываемым моментом в жизни разработчиков и этапом в распространении GPSS в СССР была презентация разработок Казанского завода ЭВМ в актовом зале МГУ в 1976 году для пользователей ЕС ЭВМ. С докладом по ПМДС выступал Девятков В.В. Данный доклад имел огромный успех, и после презентации в течение нескольких часов пришлось отвечать на многочисленные вопросы пользователей. Многие из них стали впоследствии активными пользователями GPSS.

Следующим шагом в работах СКБ Казанского завода ЭВМ был выпуск в 1978 году второй версии пакета – ПМДС 2.0. В основе данного пакета лежал язык GPSS V. Дополнительно к стандартной документации, выпускаемой с пакетом Девятковым В.В. был разработан дополнительно оригинальный документ – справочник по GPSS, содержащий систематизированный подбор справочных материалов и практических примеров моделей. Как показала практика, подобный подход был абсолютно оправдан. Это подтверждает и факт появления впоследствии подобных документов в более поздних системах, например, в GPSS/PC. В общей сложности за период с 1976 по 1985 годы было поставлено пользователям более 1000 копий пакетов. Такого тиража не получил ни один другой пакет имитационного моделирования дискретных систем. Это предопределило доминирующую роль языка GPSS в стране и особенно в учебных заведениях.

Вузы, которые ранее ориентировались на собственные и иногда неплохие разработки, начинают переводить обучение моделированию на язык GPSS. Среди известных Вузов страны первыми внедрили GPSS в учебный процесс МВТУ им. Баумана, МИСИС, МФТИ, ЛИТМО, КАИ, КГУ, РПИ и т.д. [4]. Безусловно, было разработано большое количество моделей имеющих огромную практическую значимость. Мы не владеем полной информацией по стране, но только даже часть известных нам применений показывает, как много было сделано:

- Лосев А.В. - "Исследования иерархической структуры памяти ЕС - 1033 ЕС - 1007";
- Мотолыцкий Е.Б. - "Разработка комплекса моделей системы обработки летных испытаний";
- Девятков В.В. - "Исследования пассажиропотока и загрузки общественного транспорта г. Казани";
- Трегубов В.М., Пьянов Г.М. - "Моделирование АСУ ТП производства печатных плат";
- Гусев В.Ф., Якимов И.М. - "Моделирование телекоммуникационных каналов связи";
- Девятков В.В., Краева В.А. - "Разработка имитационной модели алгоритмов планирования в операционной системе UNIX";
- Мячин В.К. "Исследования и разработка новых алгоритмов в операционных системах ЕС ЭВМ"

Существенную роль в дальнейшем понимании и практическом применении методов имитации сыграли изданные в переводе на русский язык книги Т. Нейлора (1974) и Шеннона (1978). Но особенный вклад внесла книга Томаса Дж. Шрайбера "Моделирование с использованием GPSS", перевод которой вышел в издательстве Машиностроение в 1980 году десяти тысячным тиражом. Это наиболее известная и популярная книга среди всех книг по GPSS. Она даже получила свое название "Красная книга". Следует также отметить публикацию Голованова и Дувакова.

В 1985 году была завершена разработка системы имитационного моделирования ДИСМА. Автором и руководителем работ был Девятков В.В., основные работы по программированию были осуществлены Гиматдиновой С.Г., Чернышевой М.А., Шубиной И.А. и Хайруллиной Д.Г. ДИСМА это диалоговое расширение ПМДС 2.0 для графических станций ЕС ЭВМ - ЕС 7605. В состав системы входил редактор текстов, была возможность прерывания и повторного запуска моделирования, предоставлялись средства графической интерпретации входных и выходных статистических данных, был удобный и наглядный интерфейс при анализе выходных результатов моделирования. Результаты данной работы легли в основу практической части диссертации защищенной Девятковым В.В. Но к сожалению данная система не нашла широкого распространения в связи с перестройкой и появлением персональных ЭВМ. Но по идеям и использованным методам она находилась на уровне передовых мировых разработок, например, NORDEN/360.

В СССР, кроме ЕС ЭВМ (IBM) активно развивалась линия СМ ЭВМ (PDP), которая к началу 80-х годов достигла такого уровня развития, что стало возможным проводить на ней имитационное моделирование. Кроме системы GPSS V, разработанной IBM, в мире появилось очень много разнообразных систем относящихся к семейству GPSS. Одной из них была система GPSS-FORTRAN, разработанная Шмидтом из Германии и позволяющая при моделировании использовать мощные вычислительные и графические средства языка Фортран. Она как раз имела версию, работающую на платформе PDP. В середине 80-х годов в СКБ Трегубовым В.М. и Пьяновым Г.М. под руководством Якимова И.М. была завершена разработка нового программного продукта на базе GPSS-FORTRAN для СМ ЭВМ. Он был назван ПМДС-Фортран [8] и имел удобный входной язык, приближенный к GPSS, а также новые моделирующие возможности по сравнению с GPSS-FORTRAN. ПМДС-Фортран был внедрен в АСУ ТП цеха печатных плат завода ЭВМ и в ряде других организаций. Он не имел такого как ПМДС тиража, но успешно использовался в течение ряда лет. Позже тот же коллектив переписал программные модули ПМДС-Фортран для персональных ЭВМ. ПМДС-Фортран для персональных ЭВМ активно использовался в учебном процессе в Казанском авиационном институте.

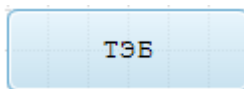
В 1987 году Якимовым И.М., Трегубовым В.М., Девятковым В.В. с привлечением Пьянова Г.М. в рамках программы по разработке автоматизированных систем научных исследований и обучения (АСНИО) был разработан пакет прикладных программ: «Диалоговая система решения задач статистической обработки данных». Этот пакет и «Пакет прикладных программ для моделирования дискретных систем (ПМДС-Фортран) ОС РВ» для ЭВМ, программно-совместимых с СМ-4 в мае 1990 года были сданы в отраслевой фонд алгоритмов и программ Министерства образования СССР (ОФАП-Росминвуза). В 1988 году в СССР стала доступна документация и программные модули системы GPSS/PC, разработанной компанией Minuteman Software. Это были адаптация данной системы, проведенная в Болгарии. Его функциональные возможности, прежде всего интерактивность, существенно превосходили ПМДС-Фортран. Поэтому был осуществлен перевод на него обучения в Вузах. Под редакцией Якимова И.М. был осуществлен перевод фирменной документации по GPSS/PC: руководства и наставления. Данный перевод в электронном виде стал распространяться в стране [5].

Работы по ППП в СКБ КЗЭВМ были завершены в 1983 году в связи с организацией в министерстве радиопромышленности специализированного предприятия по разработке и сопровождению программного обеспечения «Алгоритм». Опыт по разработке, поставке и сопровождению ППП, накопленный в СКБ КЗЭВМ, успешно использован в деятельности предприятия «Алгоритм».

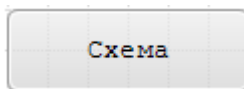
Позднее ППП по моделированию систем ПМДС-Фортран переведён для применения на ЭВМ, программно совместимых с IBM PC, который около пяти лет использовался в учебном процессе Казанского

авиационного института и других вузов, до тех пор, пока не появилась возможность использования американского ППП по моделированию дискретных систем на языке GPSS.

История ПМДС получила дальнейшее развитие. Это связано с деятельностью ОАО «Элина - компьютер», которая в России является официальным дистрибьютором этого пакета. В 2015 году в ОАО «Элина - компьютер» для ПМДС разработан расширенный редактор, позволяющая перейти от процесса программирования моделей дискретных систем к процессу создания рисунка моделируемого объекта – структурной модели. Имитационная модель объекта моделирования, получается, по его структурной модели с добавлением к ней законов функционирования элементов модели и их параметров. Программные модели функционирования элементов, написанные на языке GPSS W, организованы в виде специализированных библиотек, ориентированных на конкретные предметные области. В структурных моделях предусмотрено использование пяти нотаций элементов:



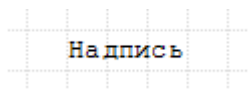
Типовые элементарные блоки (ТЭБ) определяют логически независимые участки кода программы и содержат входы и выходы для связи с другими элементами схемы.



Схемы определяют уровень декомпозиции. Наряду с ТЭБами они имеют входы и выходы. Но в отличие от них, схемы не имеют собственной логики. Вместо неё, они содержат взаимосвязанные ТЭБы и другие схемы.



Связи определяют взаимодействие ТЭБов и схем. С их помощью соединяются входы и выходы ТЭБов и схем. Связи, фактически, определяют направления движения транзактов между ТЭБами.



Надпись является средством документирования схемы. Она не несёт собственной логики. С её помощью можно подписывать необходимые участки схемы.



Изображения являются ещё одним средством документирования схемы. С их помощью можно придать схеме более наглядный вид, или выделить некоторые её участки.

Каждый из перечисленных элементов имеет свои собственные настройки. Например, для изображения, настройками будут картинки и способ их отображения. Для надписи, это будут текст, шрифт и выравнивание. Для связи задаются цвета отображения. ТЭБы и схемы имеют более сложные настройки.

ТЭБ является логически независимым элементом. Он имеет интерфейс, то есть набор входов и выходов, с помощью которых связывается с другими элементами. ТЭБ содержит модель на языке GPSS World, которая определяет логику его работы. Каждый вход ТЭБа представляет собой метку в тексте модели. В расширенном редакторе системы GPSS W имеются специализированные библиотеки ТЭБов. При необходимости имеющиеся библиотеки могут пополняться дополнительными ТЭБами.

Библиотека ТЭБов служит для хранения и использования типовых элементарных блоков. В библиотеке ТЭБ представляется как некоторый логически законченный элемент, который обладает интерфейсом (входами и выходами) и имеет модель на языке GPSS W. Каждый вход элемента представляет собой метку блока модели.

Второй уровень декомпозиции – типовые схемы. Они также имеют входы и выходы, но вместо модели содержат набор взаимосвязанных элементов и не имеет собственной логики. Входы и выходы в нём играют лишь роль передаточных механизмов. Таких уровней декомпозиции в схеме может быть неограниченное количество, что позволит сформировать необходимую иерархическую структуру.

Для наглядности, на ТЭБе и типовой схеме можно размещать изображение и текст. Входы и выходы ТЭБов и типовых схем соединяются посредством связей. Учитывая, что входы и выходы элементарных блоков – это метки операторов, связи можно представить как безусловные переходы между операторами. Такая совокупность связанных ТЭБов и типовых схем организуется в GPSS схему. На её основе строится модель на языке GPSS World. Введённые нотации очень простые и позволяют их быстро освоить, в т.ч. не программистам, что является несомненным достоинством расширенного редактора.

В ПМДС введены дополнительные программные компоненты, позволяющие в значительной мере повысить эффективность исследований на базе имитационного моделирования. Это следующие программные средства:

1. По аппроксимации распределений исходных данных для имитационного моделирования стандартными статистическими законами.
2. Планирования имитационных экспериментов.
3. Построения математической модели на основе регрессионного анализа.
4. Оптимизации.

Введение в ПМДС расширенного редактора вывел этот пакет на уровень современных требований к системам структурного и имитационного моделирования, а сам пакет послужил основой докторской диссертации, защищённой идеологом и руководителем его разработки Девятковым В.В. [9].

Опыт промышленной разработки пакетов прикладных программ, начатой в СКБ КЗ ЭВМ более 40 лет назад, сыграл большую роль в становлении индустрии разработки прикладного программного обеспечения, и в настоящее время прикладное программное обеспечение ЭВМ, как правило, строится на базе пакетов прикладных программ. История становления и развития данного класса программного обеспечения требует пристального внимания со стороны исследователей. Конференция по истории вычислительной техники SoRuCom-2014 [6] дала мощный импульс этим исследованиям.

Литература:

1. Возможности ЭВМ ЕС1033. [Электронный ресурс] – <http://hard-help.ru/stati/vozmozhnosti-evm-es1033.html>
2. Badrutdinova M., Guseev V., Abdrakhmanov A., Yakimov I. The Role of the Kazan Computer Manufacturing Plant in the Development of Computer Technology and Science in USSR and the Comecon Countries // Proceedings - 3rd International Conference on Computer Technology in Russia and in the Former Soviet Union, SoRuCom 2014. 2015. С. 21-27.
3. Petrovsky V., Tumbinskaya M. The history and prospects of information security at Russian enterprises // Proceedings - 3rd International Conference on Computer Technology in Russia and in the Former Soviet Union, SoRuCom 2014. 2015. С. 143-146.
4. Tregubov V., Dyachkov V., Pesoshin V., Sharnin L., Rodnischev N., Chermoshentsev S., Anikin I. Cooperation of computer manufacturing plant and Kazan aviation institute in the field of professional training // Proceedings - 3rd International Conference on Computer Technology in Russia and in the Former Soviet Union, SoRuCom 2014. 2015. С. 212-214.
5. GPSS в СССР. [Электронный ресурс] – http://www.gpss.ru/paper/dev_yak/3_w.html
6. Томилин А.Н., Крайнева И.А., Тумбинская М.В., Трегубов В.М., Абзалов А.Р. Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР: страницы истории // История науки и техники. 2016. № 10. С. 15-26.
7. Трегубов В.М. Разработка математического и программного обеспечения оптимизации проектных решений на имитационных моделях // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Казань, КАИ, 1991, 19 с.
8. Якимов И.М., Девятков В.В., Пьянов Г.М., Трегубов В.М. Пакет имитационного моделирования дискретных систем на фортране // Вычислительная техника социалистических стран. М.: Финансы и статистика, 1989, Вып. 25. С.116-122.
9. Девятков В.В. Разработка методов исследования дискретных систем на основе диалоговой имитации // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 1984, 13 с.

Проект виртуализации электронно-вычислительной машины БЭСМ-6

Томилин Александр Николаевич, д.ф.-м.н.

Институт системного программирования РАН, Москва, Россия, tom11@bk.ru

Смолевицкая Марина Эрнестовна

Политехнический музей, Москва, Россия
msmolevitskaya@yandex.ru

Тумбинская Марина Владимировна, к.т.н.

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ, Казань, Россия
tumbinskaya@inbox.ru

Трегубов Владимир Михайлович, к.т.н.

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ, Казань, Россия
VMtregubov@kai.ru

Абзалов Айрат Ринатович

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ, Казань, Россия
abzalov@list.ru

Ключевые слова: история вычислительной техники и программирования в СССР, ЭВМ БЭСМ-6, Политехнический музей, инфосфера, виртуальная экскурсия, 3D моделирование

Исследования, проводимые социологами разных стран, свидетельствуют о неуклонном росте интереса не только к социально-политической истории, но и к истории техники, как неотъемлемой составляющей культуры современной цивилизации. Все большему количеству людей становятся интересными истоки идей, положенных в основу создания технических сооружений, приспособлений, механизмов и приборов. В центре внимания находятся и судьбы творцов технических средств. Среди музеев политехнического профиля яркая страница принадлежит музеям, акцентирующим внимание на вычислительной технике – материальном носителе научно-технической революции, произошедшей на нашей памяти.

Алексей Лебедев, доктор искусствоведения, руководитель Лаборатории музейного проектирования Школы дизайна НИУ ВШЭ так охарактеризовал особенности музеев: «Существует китайская поговорка: “Расскажите — и я забуду; покажите — и я запомню; дайте мне сделать — и я пойму”. Музеи всегда имели некоторое преимущество перед другими культурными институтами, потому что у них была возможность “показать”». Ведь именно наличие подлинного предмета, возможность его увидеть отличает музей от не музея. Но современный человек привык к компьютерам, всякого рода гаджетам, то есть к интерактивному взаимодействию с окружающими предметами. Придя в музей, он тоже хочет интерактивности» [1]. Сегодня благодаря вычислительной технике изменились и сами средства представления музейной экспозиции. Музей, в том числе, технический, становится виртуальным. Настоящий бум музейной деятельности в Интернете наблюдался с конца 1980-х гг. Наши зарубежные коллеги (правда, в основном это были инженеры и программисты, владеющие соответствующими web-технологиями) создали немало интересных web-сайтов музеев. В России в 1998 г. московский программист Эдуард Пройдаков создал виртуальный компьютерный музей [2], «банк данных, связанный с происхождением и развитием вычислительной техники, прежде всего отечественной». Информационные технологии расширили коммуникативные возможности музеев: ими создаются web-ресурсы, виртуальные коллекции.

В наше время Интернет, как элемент социализации, формирует свою среду (аудиторию) и должен быть наполнен значимой социальной информацией. К такого рода информации относится и история советских технических проектов, которые вызывают ностальгический интерес у разновозрастной аудитории. Таким историко-научным и культурным объектом общенационального значения является гранд отечественного и мирового компьютеростроения – советская ЭВМ БЭСМ-6, созданная под руководством академика Сергея Алексеевича Лебедева. Проектирование и воплощение web-ресурса для виртуальной экскурсии по 3D модели БЭСМ-6, дополненной историко-технической и персональной информацией, является основной задачей, которую ставят перед собой авторы заявленного проекта.

В соответствии с рекомендациями Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 года № 597 и приказа Министерства культуры РФ от 19 июля 2013 года № 760 «Об утверждении плана деятельности Министерства культуры Российской Федерации на период до 2018 года» [3] постулируется в целях дальнейшего сохранения и развития российской культуры в числе прочего создать к 2018 году 27 виртуальных музеев. Поскольку экспозиция музея, как реального, так и виртуального, может быть создана на базе одного значимого экспоната, ЭВМ БЭСМ-6 является достаточно значимой для создания посвященной ей комплексной экспозиции.

Быстродействующая электронная счетная машина – БЭСМ-6

БЭСМ-6 разработана в Институте точной механики и вычислительной техники (ИТМ и ВТ) АН СССР. Выпускалась Московским заводом счетно-аналитических машин (САМ) с 1968 по 1987 год. Главный конструктор БЭСМ-6: Герой Социалистического Труда, академик С. А. Лебедев; заместители главного конструктора: В. А. Мельников, Л. Н. Королев, В. С. Петров, Л. А. Теплицкий.

Подчеркивая значение БЭСМ-6 для народного хозяйства СССР и ее влияние на развитие отечественной вычислительной техники, создатели этой ЭВМ отмечали: «Во второй половине ушедшего столетия основу вычислительных средств большинства крупных вычислительных центров нашей страны составляли машины БЭСМ-6. Сфера их использования превзошла самые смелые прогнозы ее разработчиков. Первоначально предполагалось, что небольшая серия БЭСМ-6 будет использована для решения сложных научных задач в нескольких крупных научных институтах Советского союза, таких как Институт прикладной математики АН СССР и центры ядерных исследований. Реально эта машина нашла самое широкое применение.

На основе БЭСМ-6 были созданы центры коллективного пользования, организованы центры управления в реальном масштабе времени, координационно-вычислительные центры, системы телеобработки и т.д. Машина БЭСМ-6 широко использовалась как инструментальная машина в системах проектирования, для разработки математического обеспечения новых ЭВМ, для моделирования сложных физических процессов и процессов управления» [4].

В рамках конференции SoRuCom-2014 также было уделено внимание БЭСМ-6, рассмотрена ее масштабная значимость в истории вычислительной техники. Вдохновенным трудом коллективов единомышленников – увлеченных инженеров и программистов в романтической обстановке исключительного товарищества и патриотизма создавались все более мощные оригинальные, красивые отечественные вычислительные машины и системы. Об этом был доклад Лауреата Государственной премии СССР д.ф.-м.н., профессора Александра Николаевича Томилина (рис. 1.). Александру Николаевичу в числе прочих посчастливилось работать с академиком С.А. Лебедевым, создателем лучших отечественных ЭВМ. Томилин А.Н. является создателем программного обеспечения, использованного в июле 1975 г. во время советско-американского космического полета «Союз–Аполлон» [5].

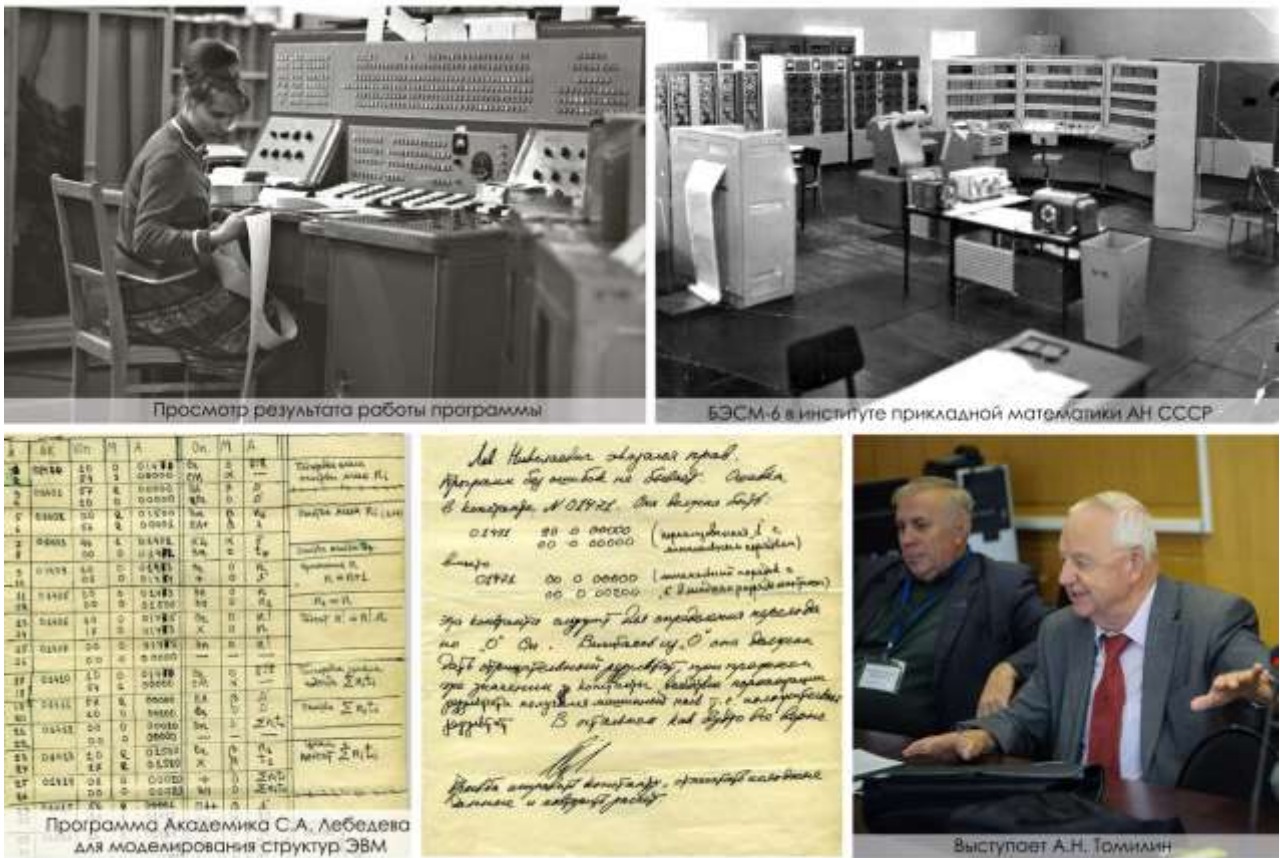


Рис. 1. Выступление участника SoRuCom-2014 А.Н. Томилиной

Также на конференции SoRuCom-2014 Леонид и Вера Карповы представили биографический очерк, посвященный академику Владимиру Андреевичу Мельникову (1928-1993), одному из разработчиков БЭСМ АН СССР. Будучи студентом, он выполнил дипломную работу по конструированию центрального блока управления операциями БЭСМ под руководством главного конструктора машины С.А. Лебедева. Позднее В.А. Мельников участвовал в разработке БЭСМ-2, а в проекте БЭСМ-6 стал заместителем главного конструктора (рис.2). На базе комплекса АС-6 (аппаратура сопряжения с БЭСМ-6), созданного под руководством Мельникова, осуществлялось управление обработкой информации при осуществлении советско-американского полета "Союз-Аполлон" (1975 г.) [5].



Рис.2. Выступление участника SoRuCom-2014 Л.Е. Карпова

Анализ литературных источников показал, что зарубежные ученые также подчеркивают важность и значимость БЭСМ-6 в истории вычислительной техники.

В работе Cain F. «Computers and the Cold War: United States Restrictions on the Export of Computers to the Soviet Union and Communist China» [6] БЭСМ-6 описывается как машина, предназначенная для достижения политического, экономического и технического мирового превосходства над странами, так или иначе принимавшими участие в холодной войне. Отмечается, что «БЭСМ-6 превосходила вычислительные машины своего поколения, так как имела высокое быстродействие и имела возможность осуществлять большое количество логических, арифметических операций за счет 64-х разрядной архитектуры памяти и работы на магнитной ленте. Именно эти факторы позволили БЭСМ-6 быстро занять нишу на мировом рынке вычислительных машин. Так, к примеру, машины БЭСМ-6 оказались в некоторых институтах и конструкторских бюро США, но вскоре после начала экспорта, в США была проведена проверка данных машин на установку устройств шпионажа» [6].

Anders Persson в статье «Early operational Numerical Weather Prediction outside the USA: an historical introduction: Part II: Twenty countries around the world» [7] подчеркивает значимость разработки Советских ученых. В 1969 году вычислительная машина БЭСМ-6 заняла место в метеорологической службе ГДР и позволяла эффективно осуществлять сложные расчеты прогнозирования, включающие в себя такие данные, как экстремальные температуры, осадки, длительность солнечного света и ветра в «приземном» слое атмосферы. С конца 1970-х годов специально обученные сотрудники метеорологической службы осуществляли прогнозирование на БЭСМ-6, запуская программу расчета метеоданных два раза в день отмечает автор статьи.

В работе «Technik versus Konflikt» [8] автор Dittmann F. описывает, что с помощью БЭСМ-6 появилась возможность осуществить передачу данных по разработанной в ГДР в начале 1970-х г. сети передачи данных «Deutsche Post» со скоростью передачи в 1200 бит/с. Передача осуществлялась между 7 вычислительными машинами БЭСМ-6, импортированных СССР в 70-х годах. Выбор пал именно на БЭСМ-6, т.к. машина обладала высоким быстродействием и отлаженной системой обработки данных.

Проект программного обеспечения для виртуальной экспозиции БЭСМ-6

Практика 3D-моделирования отдельных значимых в национальном контексте объектов, пока не достаточно проникла в стены музеев и Интернет. А это актуально для нашей большой страны, ее отдаленных регионов. Проект предусматривает поместить 3D-модель БЭСМ-6 в контекст исторических событий, сопровождавших ее разработку и эксплуатацию, с привлечением визуального ряда из кино-, фоно- и фотодокументов с целью интегрирования его в Интернет-ориентированный ресурс. Разработка и

обнародование программного обеспечения для виртуальной экскурсии на основе технологий 3D моделирования и дополненной реальности, направлены на популяризацию фондового собрания Политехнического музея России, расширение его экспозиционного пространства.

Разработка программного обеспечения сопряжена с массивами информации в двух блоках:

1 блок. Визуализация. Трехмерная модель (3D модель) БЭСМ-6 на основе технологий виртуальной и дополненной реальности, включая визуализацию реконструкции отдельных элементов БЭСМ-6, виртуального вычислительного центра, в котором установлена и работает БЭСМ-6 и отдельных процессов ее функционирования.

2 блок. Информация. Фото, рисунки, чертежи, видео-, аудио файлы по истории создания и эксплуатации БЭСМ-6. Текстовая информация справочного характера. Биографические массивы данных о создателях ЭВМ БЭСМ-6 и ее операционных систем, об областях ее применения.

Предложенное программное обеспечение предполагается использовать в качестве автономного модуля в рамках реализации Федерального проекта «Электронный проект "Большого Музея": Политехнический музей в Сети: экскурсии, лекции, экспонаты».

Анализ решений по виртуализации музейного пространства

В настоящее время виртуальные музеи и сферические панорамы нашли свое воплощение в Сети, в частности, на сайте [9], где представлено 7 музеев, 9 церквей и монастырей, 1 усадьба, 3 страны, а также 3 гостиницы, клуб и ресторан. Объекты визуализированы, снабжены краткими описаниями. 3D панорама Центрального музея Вооруженных сил [10] позволяет осмотреть экспозицию музея. Более, на наш взгляд, содержателен проект «Виртуальный 3D музей “Древнее искусство Сибири”» [11] – интеграционный проект, выполненный тремя сибирскими музеями при поддержке Правительственного гранта. На сайте проекта можно увидеть образцы творчества народов Сибири, выполненные в 3D моделях. Они снабжены картографической и справочной информацией. Этот проект близок по замыслу и воплощению намерениям и задачам проекта, представляемого нами.

В мире идет большая работа по созданию виртуального культурного наследия для систем виртуальной реальности, которая, к примеру, в перспективе даст возможность разместить все музеи, памятники в одном центре Сети. В настоящее время созданы Краков в 3D модели [12] (в Музее Москвы, 2011 г.), Виртуальный Рим, Виртуальный Карфаген и т.д., демонстрация которых на системах виртуальной реальности переносит зрителя на тысячи лет назад. Применение технологий виртуальной и дополненной реальности представлено в исследовании кафедры Исторической информатики Исторического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова по руководством профессора Л.И. Бородкина «Виртуальная реконструкция московского Страстного монастыря (середина XVII – начало XX вв.): анализ эволюции пространственной инфраструктуры на основе методов 3D моделирования» [13].

Создание и демонстрация виртуальных культурных памятников, исторические реконструкции, интерактивные экспонаты, воссоздание уже утраченных объектов и предметов дает возможность перейти на качественно новый уровень представления и трансляции культурного наследия. Использование техники 3D-моделирования ЭВМ БЭСМ-6 усилит данную тенденцию.

Архитектура программного обеспечения для виртуальной экскурсии

Архитектура программного обеспечения для виртуальной экскурсии имеет модульную структуру и содержит три компонента:

1. Компонент базы данных.
2. Функциональный компонент.
3. Пользовательский компонент.

На рисунке 1 представлена схема архитектуры программного обеспечения для виртуальной экскурсии.

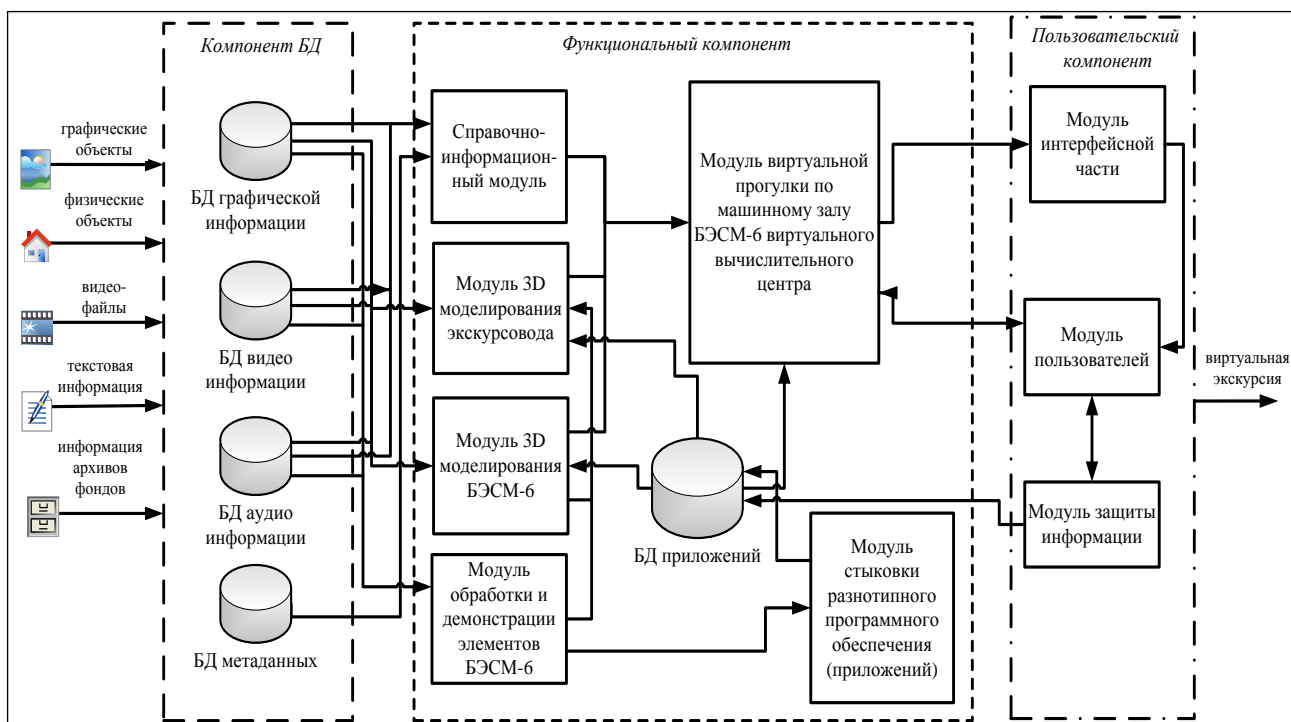


Рис. 1. Схема архитектуры программного обеспечения для виртуальной экскурсии

Компонент базы данных будет содержать базу данных графической информации, базу данных видео-информации, базу данных аудио- информации, базу данных метаданных исходных файлов. Для формирования этих баз данных будут использоваться исходные файлы: графические объекты, физические объекты, видео-файлы, текстовая информация, информация архивных фондов. Исходные файлы являются разнотипными и разрозненными, следовательно, потребуется их обработка.

Функциональный компонент будет содержать: справочно-информационный модуль, модуль 3D моделирования экскурсовода, модуль 3D моделирования БЭСМ-6, модуль обработки информации и демонстрации элементов БЭСМ-6, модуль виртуальной прогулки по машинному залу БЭСМ-6, т.е. виртуального вычислительного центра, модуль стыковки разнотипного программного обеспечения (приложений), базу данных приложений.

В основу реализации программного обеспечения проекта заложены два принципа его функционирования: использование технологий дополненной реальности и виртуализация.

Основой функционального компонента послужит метод с эффектом погружения в атмосферу эпохи, события, вживания в художественный образ, внедрение человека в конкретное время, картину жизни путём воссоздания объекта со всеми его взаимосвязями, включения воображения и ассоциативного мышления посетителя. Цель такого воздействия – пробуждение желания не только узнать, но, главным образом почувствовать» [14]. Функционал программного обеспечения по виртуализации 3D модели БЭСМ-6 будет реализован с использованием технологий дополненной реальности.

Дополненная реальность (augmented reality, AR) – среда с прямым или косвенным дополнением физического мира цифровыми данными в режиме реального времени при помощи компьютерных устройств – планшетов, смартфонов и инновационных гаджетов вроде Google Glass, а также программного обеспечения к ним [15].

В процессе реализации проекта планируется дополнить реальный объект ЭВМ БЭСМ-6 виртуальной реконструкцией событий – ее функционалом. Одновременно с этим, в процессе обработки трёхмерного объекта БЭСМ-6 будут использованы технологии виртуального маркирования и QR-кодов. При помощи камеры, расположенной на вспомогательном техническом устройстве (планшет, смартфон, очки и др.), беспроводной сети wi-fi; будут считываться виртуальные маркеры БЭСМ-6, и по заданному алгоритму информация справочно-информационного модуля программного обеспечения будет воспроизводиться на дисплее технического устройства либо проекционной поверхности.

Для виртуализации ЭВМ БЭСМ-6 будет использовано программное обеспечение – редакторы: для обработки изображений, которые послужат основой для построения трёхмерной модели – Adobe Photoshop, Corel Draw; для создания, редактирования и визуализации 3D моделей, виртуальной реконструкции в реальном времени – Autodesk 3D Max, Autodesk Maya, Blender; для создания панорамных изображений – Kolor Autopano Giga 4.2.3 (склейки плоской панорамы), Pano2VR 5.0.1 Pro (для преобразования сферических или цилиндрических панорамных изображений в форматы Adobe Flash 10, HTML5 с функциями добавления анимации, направленного звука, автоматическим вращением, поддержкой гига пиксельных панорам).

Пользовательский компонент будет содержать: модуль интерфейсной части, модуль пользователей, модуль защиты информации.

Виртуальная часть программного обеспечения проекта нацелена на сетевую аудиторию и ориентирована на web-ресурс. Пользовательский компонент, взаимодействуя с функциональным компонентом, даст возможность погрузиться в частично реконструированный машинный зал вычислительного центра (ВЦ), где находится и работает ЭВМ БЭСМ-6. Пространство ВЦ будет наполнено виртуальными сотрудниками.

В рамках технологии дополненной реальности будут выполнены, голографические модели сотрудников вычислительного центра, осуществляющих загрузку перфокарт в БЭСМ-6, отображения содержимого регистров на пульте управления БЭСМ-6, академика С.А. Лебедева, читающего лекции по информатике. Все эти процессы будут воспроизводиться автоматически при приближении посетителя к экспонату БЭСМ-6 или от прикосновения к пульту управления БЭСМ-6. Оборудование для данной процедуры представляет собой прозрачные экраны, на которые выводится авто стереоскопическое изображение, синхронизированное мультимедийной системой. Авто стереоскопический метод создания трёхмерных изображений включает несколько технологий, не требующих от посетителя музея использования специализированных технических средств (очков, шлемов, гаджетов) для создания иллюзии стереоизображения. Другим способом «воплощения» дополненной реальности является проецирование интерфейса программного обеспечения на различные поверхности.

Информационный блок экспозиции, в состав которого войдет предлагаемое программное обеспечение, будет содержать научно-вспомогательный материал (этикетаж, иллюстрации, схемы, видео, анимацию и так далее), который присутствует практически в каждой экспозиции, а также ссылки на дополнительный материал.

Информационная инфраструктура и преимущества виртуальной экскурсии

Поскольку каждый посетитель сможет самостоятельно совершить экскурсию по экспозиции, посвященной БЭСМ-6, либо, находясь в музее, либо дистанционно, функционал будет снабжен электронным путеводителем (гидом), с помощью которого экскурсант сможет ориентироваться в корпусе многоаспектной информации. Тот блок экспозиции, который будет «обращен» к Сети, предполагается сопровождать средствами обратной связи для посетителей web-ресурса. Это необходимо не только для сбора отзывов посетителей, но и для привлечения дополнительной информации по истории отечественной вычислительной техники, формирования широкого web-сообщества.

Преимущества виртуальной экскурсии на базе 3D модели ЭВМ БЭСМ-6 мы видим в том, что демонстрация предмета осуществится в различных режимах визуализации. Современные информационные технологии позволят представить музейный экспонат в увеличенном или уменьшенном размере, показать его внутреннюю структуру. Дополнительная демонстрация фильма или компьютерной программы экспозиции усилит эффект присутствия, времени и места события. Введение в виртуальную экспозицию материалов, не вошедших в традиционную экспозицию, позволит более глубоко и всесторонне познакомиться с объектом. Виртуальный показ части экспонатов поможет расширить экспозиционное пространство, сделать его более глубоким. Может понадобиться и реконструкция утраченного или частично утраченного объекта, события, явления или процесса с использованием средств компьютерного 3d моделирования до их разрушения или изменения.

Заключение

Популяризация артефакта из фондового собрания Политехнического музея на базе интерактивной технологии является вторым проектом команды исполнителей. Первый был посвящен популяризации конференции по истории вычислительной техники SoRuCom-2014, прошедшей в Казани в 2014 г. [16]. Предлагаемый проект, хотя и находится в русле наметившегося тренда по визуализации музейной экспозиции, но все-таки отличается от предыдущих сложностью задачи, детализацией компонентов и блоками сопровождения. Уверены, что он гармонично будет вписан в существующие проекты реконструкции музея.

Реализация программного обеспечения позволит шире использовать образовательный и просветительский потенциал музейного артефакта, который не используется в полной мере. 3D визуализация позволит наглядно представить масштаб технического проекта БЭСМ-6, web-ресурс даст возможность шире пропагандировать коллекции Политехнического музея не только в Сети, но и в экспозиции, на выездных экскурсиях и конференциях. В перспективе планируется создание инструмента с функцией модерации для осуществления интерактивного взаимодействия пользователей на сайте Музея. Наличие обратной связи позволит Политехническому музею получить дополнительные материалы по истории вычислительной техники.

В 2016 г. заявка на реализацию проекта была подана в РФФИ. При двух положительных рецензиях она не получила поддержки Фонда по финансовым обстоятельствам.

Литература:

1. Точка зрения. Научные музеи. [Электронный ресурс] – <https://postnauka.ru/talks/32658>.
2. Виртуальный компьютерный музей. [Электронный ресурс] – <http://www.computer-museum.ru>.
3. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2012 г. № 597. О мероприятиях по реализации государственной социальной политики. [Электронный ресурс] – <http://www.kremlin.ru/acts/bank/35261>.
4. Власов В.К., Смелянский Р.Л., Томилин А.Н. Лев Николаевич Королёв: Биография, воспоминания, документы. – М.: МАКС Пресс, 2016. – 272 с.
5. Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР: страницы истории (по материалам конференции SoRuCom-2014) [Текст] / М.В. Тумбинская, А.Н. Томилин, И.А., В.М. Трегубов, И.А. Крайнева, А.Р. Абзалов // Сборник научно-популярных статей и фотоматериалов – победителей конкурса РФФИ 2016 г. Под ред. В.А. Шахнова. М., 2016. Вып.19. С. 293–315.
6. Cain F. Computers and the Cold War: United States Restrictions on the Export of Computers to the Soviet Union and Communist China // *Journal of contemporary history*. 2005. Vol 40(1), 131–147. DOI: 10.1177/0022009405049270
7. Persson A. Early operational Numerical Weather Prediction outside the USA: an historical introduction: Part II: Twenty countries around the world // *Meteorological applications*. 2005. Vol. 12, 269–289. doi:10.1017/S1350482705001751
8. Dittmann F. Technik versus Konflikt. [Электронный ресурс] – http://zeithistorische-forschungen.de/sites/default/files/medien/material/2012-2/Dittmann_2009.pdf
9. Виртуальные экскурсии и 3d путешествия. [Электронный ресурс] – <http://www.panotours.ru/muzei.html>.
10. Центральный музей Вооруженных сил Российской Федерации. [Электронный ресурс] – <http://www.cmaf.ru/visitor/3d>.
11. Виртуальный 3D музей "Древнее искусство Сибири". [Электронный ресурс] – <http://www.artefact.tsu.ru/virtualmuseum>.
12. "Краков в формате 3D" в Музее Москвы. [Электронный ресурс] – <http://www.museum.ru/N43889>.
13. Проект «Виртуальная реконструкция московского Страстного монастыря (середина XVII – начало XX вв.): анализ эволюции пространственной инфраструктуры на основе методов 3D моделирования». [Электронный ресурс] – <http://www.hist.msu.ru/Strastnoy/index.html>.
14. Миловидов С.В. Принципы «дополненной реальности» и интерактивная реконструкция в музеях. [Электронный ресурс] – <http://sias.ru/publications/magazines/kultura/2013-4/sotsialnaya-filosofiya-i-sotsiologiya/848.html>.
15. Что такое дополненная реальность? [Электронный ресурс] – <http://arnext.ru/dopolnennaya-realnost>.
16. Томилин А.Н., Крайнева И.А., Тумбинская М.В., Трегубов В.М., Абзалов А.Р. Развитие вычислительной техники и ее программного обеспечения в России и странах бывшего СССР: страницы истории // *История науки и техники*. 2016. № 10. С. 15-26.

Репрезентации кибернетики и сетевых проектов в советском обществе 1960-х – 1970-х гг.: социально-политический контекст информационных технологий

Ульянова Светлана Борисовна, д.и.н.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Санкт-Петербург, Россия
oulianova@mail.spbstu.ru

Никифорова Наталия Владимировна, к. культурологии

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Санкт-Петербург, Россия
nnv2012@gmail.com

Сидорчук Илья Викторович, к.и.н.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Санкт-Петербург, Россия
chubber@yandex.ru

Доклад посвящен репрезентациям компьютерной техники и информационных технологий в советском обществе 1960-х – 1970-х гг. Ряд современных исследователей отмечает, что сегодня интернет и информационное общество неизбежно связываются с идеями демократии, свободы, коммерции, децентрализации. Однако в советском проекте информационные технологии были призваны служить официальной идеологии и принципам плановой экономики. Обращение к документальным и нарративным источникам показывает, что информационные технологии оказались нагруженными разными культурными смыслами, а видение конфигурации и задач электронной коммуникационной системы (иерархичность/децентрализованность, вертикальность/горизонтальность) обусловлено политическим контекстом. Основное внимание в докладе уделено разнице в интерпретации социокультурных последствий автоматизации и развития информационных технологий в капиталистических и социалистических странах.

Ключевые слова: история советской кибернетики, репрезентация техники, социотехническое воображаемое, история науки, советская научно-техническая периодика

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 17-03-00799.

Введение

История советской кибернетики, ее выдающихся представителей и проектов, в частности, Общегосударственной автоматизированной системы учета и обработки информации (ОГАС) изучена достаточно полно. Первыми обратились к ней иностранные специалисты, задававшиеся вопросами перспектив компьютеризации советской экономики [1, 2]. В постсоветское время эстафету подхватили их отечественные коллеги, которых, прежде всего, интересовали причины провала, казалось бы, перспективных и многообещающих проектов [3, 5]. В частности, среди работ стоит выделить диссертацию А.В. Кутейникова, посвященную ОГАС (Общегосударственная автоматизированная система учёта и обработки информации) [4]. Интенсификация интереса к теме в последнее время связана, в первую очередь, с той ролью, которую компьютеры и Интернет играют в жизни современного человека, заставляя обращаться к прошлому в попытках понять, почему все вышло именно так, а не иначе, и был ли возможен «советский Интернет» [6]. Сегодня Интернет воспринимается в связи с единым информационным пространством, идеями либерализма, демократии, коммерции, рыночных взаимоотношений [7]. Однако эти представления – вовсе не нечто само

собой разумеющееся. Цели советских проектов связывались с плановой экономикой и возможностью улучшить социалистическое общество, то есть не были наполнены сегодняшними коннотациями.

Кибернетика была реабилитирована в СССР в конце 1950-х гг. в рамках политики десталинизации. Из маргинальной дисциплины, подвергнутой резкой критике советских идеологов [8], она превратилась в метапроект советской науки, призванный объединить естественные, точные и общественные науки. С 1961 г. стали выходить сборники «Кибернетику – на службу коммунизму», где, в частности, говорилось о том, что применение кибернетических моделей и компьютеров способно произвести переворот в управлении народным хозяйством, трактуемым как «сложная кибернетическая система, включающая в себя огромное количество различных взаимосвязанных контуров управления» [9, с. 207]. В значительной степени благодаря заместителю министра обороны СССР в 1953-1957 гг., председателю Научного совета по комплексной проблеме «Кибернетика» при Президиуме АН СССР академику А.И. Бергу, кибернетика и сетевые информационные проекты частично вошли в программу КПСС, принятую на XXII съезде в 1961 г.: «В течение двадцатилетия осуществится в массовом масштабе комплексная автоматизация производства со все большим переходом к цехам и предприятиям-автоматам, обеспечивающим высокую технико-экономическую эффективность. Ускорится внедрение высокосоввершенных систем автоматического управления. Получат широкое применение кибернетика, электронные счетно-решающие и управляющие устройства в производственных процессах промышленности, строительной индустрии и транспорта, в научных исследованиях, в плановых и проектно-конструкторских расчетах, в сфере учета и управления» [10, с. 372].

В этот период было несколько идей создания информационных сетевых проектов для управления экономикой. В 1959 г. руководитель головного вычислительного центра Министерства обороны СССР (ВЦ-1) А.И. Китов предложил своей проект, основанный на использовании единой информационной вычислительной системы для военных и гражданских нужд. Он был отвергнут, так как не соответствовал доминировавшей установке на разграничение военных и гражданских разработок. Проект руководителя Киевского института кибернетики АН УССР В.М. Глушкова начала 1960-х гг. на первых порах получил поддержку сверху. Ученый предложил объединить Автоматические системы управления (АСУ) всех уровней – от предприятий до министерств – в единую систему сбора и обработки экономической информации для учета, планирования и управления советской экономикой: Единую государственную сеть вычислительных центров (ЕГСВЦ). Это был амбициозный и даже утопический проект, предполагавший оптимизацию плановой экономики, новые перспективы информационного обмена, включая получение информации от рабочих на местах, упрощение бюрократических процедур, а также внедрение безденежной экономики (что резонировало с марксистским видением коммунистического общества). Важным аспектом идеи В.М. Глушкова была значительная децентрализация системы – она предполагала удаленный доступ для многих пользователей, которые могли бы вносить, обрабатывать и получать актуальные данные в реальном времени. Это чем-то напоминает сегодняшние облачные сервисы [6, р. 113]. Однако проект, став предметом межведомственных споров, в результате которых первоначальная идея о единой информационной системе оказалась «потеряна», был реализован лишь частично. Таким образом, научные разработки информационных сетевых проектов технически могли реализоваться, но политическая элита была не готова к их внедрению [об истории кибернетики в СССР см.: 4, 6, 11, 12].

Популяризация кибернетики как эффективного механизма экономического прогресса

1960-е и первая половина 1970-х гг. стали временем активной популяризации кибернетики на страницах советской печати. О ней писалось как о науке молодых, талантливых и смелых [13, с. 6; 14, с. 24]. Советским читателям предлагались описания возможностей кибернетики в различных отраслях экономики – транспорте, химической промышленности, сооружении газопроводов и даже в архитектуре [15, 16, 17, 18, 19]. Активно обсуждалась возможность использования ЭВМ в медицине. В.М. Глушков полагал, что компьютер сможет систематизировать все данные о больном, напомнит, когда выписанному пациенту надо прийти на контрольный осмотр, «а когда будет создана объединенная система медицинских компьютеров, спасти человека будет гораздо легче»: «какое бы несчастье ни случилось, в какую бы больницу ни попал пострадавший, ЭВМ в считанные секунды “выяснит” у машины той поликлиники, где раньше лечили пациента, все необходимые данные» [20, с. 14]. При этом рапортовалось об уже свершившихся успехах использования ЭВМ при исследовании центральной нервной системы [20]. Кибернетика могла оказаться очень полезной при подготовке спортсменов, причем как шахматистов, так и футболистов и бегунов [21].

Еще одной областью, где использование ЭВМ представлялось наиболее перспективным, было образование. Так, студенческое конструкторское бюро Московского энергетического института создало робота-экзаменатора. Создатели уточняли, что робот может быть использован только для проверки текущего материала, а не на экзаменах, но при этом выражали надежду на его более широкое использование [22]. Также обсуждался успех автоматизированных школьных и университетских аудиторий, которые обеспечивали бы рациональное взаимодействие учителя и учеников через систему обратной связи [23].

Заместитель председателя Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике Д. Жимерин в статье, приуроченной к началу создания ОГАС, сравнивал ее с озером Байкал, где вместо самого большого запаса чистой пресной воды в мире хранится нужная для развития экономики информация: «Когда пытаешься мысленно представить себе весь этот огромный комплекс, невольно возникает мысль о Байкале.

Более трехсот тридцати рек несут ему свои воды. У них множество притоков, в которые, в свою очередь, впадают многочисленные ручьи. А ручьи берут свое начало в родниках и ключах. Сравнение не случайно. В системе ОГАС тоже есть свои реки и притоки, только течет по ним не вода, а информация, разнообразные сведения о производственной деятельности трудовых коллективов» [24, с. 4].

Сложилась определенная иконография автоматизации управления, ключевыми сюжетами которой были инженер-программист или оператор на фоне пульта управления или в окружении вычислительных машин, значительно превосходящих его или ее по размерам (часто в карикатурах это обыгрывалось через машину, пугающе нависшую над человеком); крупные планы перфокарт, интегральных схем – визуальных символов новой технической революции. Медийный образ кибернетики и планов автоматизации промышленности сообщал, в первую очередь, об их необычайной эффективности, возможности использования в различных областях человеческой деятельности.

Автоматизация управления – новая утопия?

Кибернетические проекты были своего рода новой утопией, в пределе обещавшей преодоление технических, социальных и экономических проблем и построение благополучного общества [25, с. 26]. Будущее, которое могло сложиться благодаря внедрению АСУ, рисовалось так: «Завод будущего. На нем нет рабочих – одни станки. А рядом - заводоуправление, наполненное экономистами, технологами, математиками... они управляют процессом, в котором не заняты люди. Они готовят приказы о перевооружении завода новыми станками, анализируют конъюнктуру спроса, выясняют наиболее рациональную структуру связей со смежниками, строят прогнозы научно-технического прогресса и решают еще целый комплекс задач, требующих творчества и мысли – этой извечной прерогативы человека» [26, с. 4].

Подобное решение – подача сложной, непонятной обывателю идеи через апелляцию к мотиву чудес – уже стало традиционным в пропаганде технологий. К мотиву волшебства, например, прибегали в своих маркетинговых стратегиях электрические компании в XIX веке. Объяснить, что такое электричество простому потребителю было трудно, а вот образ волшебного расторопного слуги, облегчающего жизнь, позволял сфокусировать внимание на наглядности результата новинки вместо технических деталей [27, 28]. Но одно дело электричество, благо которого показать сравнительно просто. Намного сложнее добиться лояльного отношения массового потребителя к большой металлической коробке с лампочками, проводами и перфокартами. Более того, актуальным становился вопрос о том, что машины могут сделать многие профессии устаревшими. В статье, посвященной Электронной цифровой вычислительной машине (ЭЦВМ) «Киев», разработанной в Киевском институте кибернетики, утверждалось, что уже сегодня она может выступить в качестве педагога, корректора и сортировщика почты, врача-диагноста и библиографа. Также «просятся в строй машины-инженеры: проектировщики, плановики, экономисты и даже командиры производства, а также машины – статистики и бухгалтеры, а может быть, научные работники!..» [29, с. 20-21].

«Очеловечивание» машин – тема, активно обсуждавшаяся в печати в рассматриваемый период. Тон дискуссии во многом задал академик А.Н. Колмогоров, отказывавший кибернетике в праве на чудо, будь то сочинение музыки или лечение людей и полагавший, что машины способны выполнять лишь вспомогательные операции в соответствии с целями, поставленными человеком [30, с. 33]. Эстафету подхватил один из последовательных сторонников кибернетики, директор Института философии АН ЧССР Э. Кольман, утверждавший, что кибернетические методы не могут заменить собой методы биологии, психологии, политэкономии и др. наук [25, с. 24].

Сторонники кибернетики говорили о невозможности остановить прогресс, тем более в XX веке в Советском Союзе: «Кто осмелится поставить предел человеческому познанию? Кто, подобно средневековым церковникам, в наше время укажет науке: “Вот это разрешается, а это – табу”? Ведь все равно появится Галилей со словами: “А все-таки она вертится!”» [29, с. 21]. Нашествие машин трактовалось как неизбежное благо, не опасное для человека. Про институт В.М. Глушкова говорилось, что он успешно решает новые проблемы – не просто «важные, но еще недавно, пожалуй, и фантастические» [31, с. 30]. Так, речь шла не только о том, что машины уже сейчас «предсказывают исход футбольных матчей», «смогут доказать любую теорему, если она в принципе доказуема», «прочитать и переработать за два рабочих дня весь многомиллионный книжный фонд Библиотеки имени Ленина», но и о построении модели мозга [31, с. 30-31].

Компьютеры уже наделялись эмоциями, им давались имена, писались их биографии. Упоминалось и про успешные опыты в США, и про нашу разработку по имени Эмик, рожденную все в том же Институте кибернетики АН УССР: «Он будет испытывать множество эмоций: тоску и радость, желание и страх, тревогу и удовольствие. О своих чувствах он никому не расскажет вслух [он тоже лишь пачка карточек], но его ответы на вопросы пройдут обработку не только логическую, но и эмоциональную - это и определит их содержание, тональность и направление» [32, с. 29]. Неоднократно отмечалось, что мир стоит на пороге создания искусственного интеллекта, что его появление нисколько не удивит ученых, а «эвристическое программирование» обещает огромные перспективы [33, 34].

Репрезентация советских и иностранных проектов

Отсылки к западному опыту редко были идеологически ненасыщенными – согласно позиции власти, развитие кибернетики в СССР могло проходить только путем, отличным от капиталистического. Советские специалисты, ссылаясь на ленинский принцип единства политического и хозяйственного руководства,

отмечали, что совершенствование управления – это политическая проблема [35, с. 2-3]. Неизменно подчеркивалось, что реализация проектов создания автоматизированных систем во благо людей возможна исключительно в социалистическом обществе. Об этом говорилось и в решениях XXII съезда КПСС: «В отличие от капитализма плановая социалистическая система хозяйства сочетает ускорение технического прогресса с полной занятостью всего трудоспособного населения. Автоматизация и комплексная механизация служат материальной основой для постепенного перерастания социалистического труда в труд коммунистический» [10, с. 369]. Эту мысль подхватили советские публицисты и ученые, в частности, И.В. Бестужев-Лада и Р.А. Фесенко, добавив к ней тезис о том, что кибернетизация будет способствовать вызреванию предпосылок социализма в недрах капиталистической системы и ее краху [цит. по: 3, с. 148]. Известный экономист С.А. Хейнман отмечал, что «созидательные возможности научно-технической революции осуществимы в интересах всего народа и прогресса человечества лишь в условиях социалистической экономики» [36, с. 74-75]. Коммунистическое общество складывается, согласно государственной идеологии, в результате сознательной и целенаправленной деятельности народных масс, руководимых СССР: «Основа социалистического хозяйства – планирование. <...> Может ли кибернетика помочь решению столь важных задач? Не только может, но уже помогает, а в дальнейшем, при более широком использовании электронных машин, эта помощь окажется решающей» [37, с. 30]. В отличие от западной, социалистическая кибернетика будет безопасной, так как в ней нет побуждений корысти и угнетения, «которые свойственны капитализму», поэтому пессимистический взгляд на будущее в связи с ее развитием не обоснован: «Только при социализме можно наилучшим образом использовать электронно-вычислительную технику. В странах, где все делается на благо людей, ЭВМ станут неоценимыми помощниками» [39, с. 31; см. также: 38, с. 2].

Пресса пропагандировала использование ЭВМ в СССР, но часто высмеивала подобные опыты на Западе: «В одном из ресторанов Эдинбурга официантов заменили сложные пульта с кнопками, а кассирш – вычислительные машины. Особого энтузиазма среди посетителей это изобретение не вызывает» [40]. Сообщение о другом случае встречаем в журнале «Смена» в рубрике «Альбом курьезов»: в одном из банков США электронно-счетная машина, новинка и гордость конторы, допустила ошибку и приятно удивила клиента, указав, что на его счету не 200, а 43498 долларов [41].

Иногда описание использования ЭВМ на Западе напрямую связывалось с порочностью капиталистического строя. Об опыте компьютерного подбора брачного партнера «Техника – молодежи» писала: «Конечно, нравы буржуазного общества сказываются и тут. Избыток девушек - повисить для них цену за услуги брачной машины. Есть ребенок - еще прибавить. Мала ростом или габариты меньше стандартных - тройная плата» и т.д. [42, с. 14].

В соответствующем ключе преподносились и конкретные проекты национальных информационных систем в США (Таймнет, Сайбернет, Арпанет), Канаде (Кенсим), Японии. Хотя им и не отказывали в потенциальных возможностях «общегосударственного подхода к развитию экономической информации», «реальная действительность в условиях капитализма исключает принципиальное решение проблем создания единой общегосударственной системы сбора и обработки экономической информации. Подлинное развитие экономической информации на единых методологических основаниях возможно только в условиях социализма» [43]. Чилийский проект Киберсин, разработанный британским кибернетиком С. Биром по приглашению президента-социалиста С. Альенде, в научно-популярной прессе СССР не освещался. Возможно, свою роль сыграл «троцкизм» С. Бира, нашедшего вдохновение при разработке системы в текстах Л.Д. Троцкого, где тот критиковал советскую бюрократию [44, р. 292].

Заключение

Обращение к документальным и нарративным источникам показывает, что информационные технологии могут быть нагружены разными культурными смыслами, а видение конфигурации и задач электронной коммуникационной системы (иерархичность/децентрализованность, вертикальность/горизонтальность) оказывается обусловлено политическим контекстом. Современные исследователи истории техники уделяют внимание политическим импликациям технологических проектов, подчеркивая, что технологическая система – результат социальных взаимодействий. В советской прессе 1960-х – 1970-х гг. развернутое освещение получили проекты в области экономической кибернетики – специфического советского направления, сформировавшегося на волне актуализации кибернетики как научного метапроекта СССР. Подчеркивались новые возможности в области автоматизации управления, способные преобразовать и улучшить жизнь. Кибернетика трактовалась как своего рода панацея от экономических и социальных проблем. В советской научно-популярной прессе при описании кибернетики в целом, внедрения ЭВМ, новых подходов к автоматизации управления внимание фокусировалось на эффективности нововведений, способных избавить человека от рутинного механического труда и освободить руки для творчества. Подчеркивалась значимость новых информационных технологий для оптимизации процессов плановой экономики. Иностранцы проекты описываются очень тезисно, с обязательными комментариями относительно разницы в результатах внедрения в социалистических и капиталистических странах.

Список литературы

1. Bartol M. Kathryn Soviet computer centres: Network or tangle? // *Soviet studies*. 1972. Vol. 23. № 4. P. 608-618.
2. William J. Conyngham Technology and decision making; some aspects of the development of OGAS // *Slavic Review*. 1980. Vol. 39. № 3. P. 426-445.
3. Бокарев Ю.П. СССР и становление постиндустриального общества на Западе, 1970-1980-е годы. М.: Наука, 2007.- 381с.
4. Кутейников А.В. Проект общегосударственной автоматизированной системы управления советской экономикой (ОГАС) и проблемы ее реализации в 1960-1980-х гг. Дисс. на соиск. учен. ст. к.ист.н. М., 2011.
5. Paramonov V. Implementation of ACS into the National Economy of the USSR in 1960-1970s: Conception and Materialization // *Third International Conference on Computer Technology in Russia and in the Former Soviet Union. SoRuCom 2014*. 13-17 October, 2014. Proceedings. Kazan, Russia, 2014. P. 131-136.
6. Peters B. How not to network a nation. The uneasy history of Soviet Internet. Cambridge, MA: MIT Press, 2016.- 298 pp.
7. Gross T. Technological Support for E-Democracy: History and Perspectives // *11th International Workshop on Database and Expert Systems Applications*, 4-8 Sept. 2000. Greenwich, London, UK. Proceedings. Los Alamitos, 2000. P. 391-395.
8. Shilov V. Reefs of Myths: Towards the History of Cybernetics in the Soviet Union // *Third International Conference on Computer Technology in Russia and in the Former Soviet Union. SoRuCom 2014*. 13-17 October, 2014. Proceedings. Kazan, Russia, 2014. P. 177-182.
9. Кибернетику на службу коммунизму: сборник статей. Том 4 / Под ред. А.И. Берга, М.: Энергия, 1967.- 343 с.
10. Материалы XXII съезда КПСС. М.: Госполитиздат, 1961.- 464 с.
11. Gerovitch S. InterNyet: Why the Soviet Union Did Not Build a Nationwide Computer Network // *History and Technology*. 2008. Vol. 24. P. 335-350.
12. Gerovitch S. From Newspeak to Cyberspeak: A History of Soviet Cybernetics. Cambridge, MA: MIT Press, 2002.- 369 pp.
13. Архипенко А. Наука молодых: кибернетика // *Смена*. 1968. № 23. С. 6-8.
14. Берг А. Кибернетику - на службу коммунизму // *Техника – молодежи*. 1962. № 3. С. 24-25.
15. Кузнецов П. Химическая кибернетика // *Техника - молодежи*. 1962. № 2. С. 22-25.
16. Анкваб В. Химия и кибернетика // *Техника - молодежи*. 1970. № 4. С. 18-19.
17. ТУ-154 на высоте // *Огонек*. 1971. № 17. С. 28-32.
18. Автоматизированная наука управления // *Наука и жизнь*. 1972. №6. С. 2-6.
19. Архитектура и ЭВМ // *Наука и жизнь*. 1971. №3. С. 39-45.
20. Глушков В.М. Электронный эскулап // *Техника – молодежи*. 1973. № 10. С. 12-14.
21. Аркадин Л. Кибернетика и спорт // *Техника – молодежи*. 1964. № 10. С. 15-16.
22. Робот-экзаменатор // *Техника - молодежи*. 1962. №3. С. 25.
23. Автоматизированная аудитория // *Наука и жизнь*. 1971. №4. С. 41.
24. Жимерин Д. Байкал информации // *Техника – молодежи*. 1971. №10. С. 4-5.
25. Кольман Э. Могут ли машины обладать психикой? // *Техника – молодежи*. 1962. № 1. С. 24-26.
26. Моисеев Н. Современные методы управления и научно-технический прогресс // *Наука и жизнь*. 1971. №1. С. 2-8.
27. Gooday G. Domesticating Electricity: Technology, Uncertainty and Gender, 1880–1914. London: Pickering & Chatto, 2008.– 292 pp.
28. Никифорова Н.В. Превращение электричества из диковинки в новинку. Подходы к изучению культурной истории электрификации // *Общество. Среда. Развитие*. СПб.: Астерион, 2016. С. 48–55.
29. Кокин Л. Образование незаконченное кибернетическое // *Смена*. 1964. № 16. С. 20-21.
30. Колмогоров А.Н. Автоматы и жизнь // *Техника – молодежи*. 1961. № 11. С. 31-33.
31. Мякушков В. Кибернетика мозга // *Техника-молодежи*. 1964. № 1. С. 30-31.
32. Губерман И. Машина улыбается, машина грустит // *Смена*. 1967. № 4. С. 28-29.
33. Пути автоматизации // *Наука и жизнь*. 1972. № 11. С. 6–10.
34. Машины играют в каллах // *Наука и жизнь*. 1971. №10. С. 106.
35. Кириллин В., Глушков В. Проблемы управления народным хозяйством - в центре внимания науки // *Наука и жизнь*. 1971. № 1. С. 2-6.
36. Хейнман С. Научно-техническая революция и структурные изменения в экономике СССР // *Коммунист*. 1969. №14. С. 63-75.
37. Берг А. Кибернетику – на службу коммунизму (Продолжение) // *Техника – молодежи*. 1962. № 4. С. 30-32.
38. Кольман Э. Кибернетика и общество // *Техника – молодежи*. 1965. № 11. С. 2-4.
39. Глушков В. Во имя раскованного интеллекта // *Техника – молодежи*. 1967. № 10. С. 30-32.
40. Кибернетика на кухне // *Техника – молодежи*. 1961. № 11. С. 41.
41. Ошибка счетной машины // *Смена*. 1966. № 4. С. 18.
42. Силекеп В. ЭВМ на службе Гименя // *Техника – молодежи*. 1969. № 12. С. 14-15.
43. Информация экономическая // *Экономическая Энциклопедия*. Политическая экономия. М.: Советская энциклопедия, 1975. С. 59–61.
44. Eden M. Cybernetic Revolutionaries: Technology and Politics in Allende's Chile. Cambridge, MA: MIT Press, 2014.- 343 pp.

Новосибирский филиал Института точной механики и вычислительной техники АН СССР: история создания и основные проекты

Черемных Наталья Ариановна
chergeneral@gmail.com

Курляндчик Галина Владиленовна
Galina.kurlyandchik@gmail.com

Излагается краткая история создания Новосибирского филиала Института точной механики и вычислительной техники АН СССР и основные разработки этого, во многом уникального программистского коллектива.

Идея создания в Сибирском отделении так называемого «пояса внедрения», т.е. сети конструкторских бюро и прикладных институтов двойного подчинения (профильному министерству и Академии наук), принадлежала Президенту Сибирского отделения АН СССР академику М.А. Лаврентьеву. А.П. Ершов, который возглавлял в то время Отдел программирования Вычислительного центра СО АН СССР, прекрасно понимая важность развития вычислительной техники в нашей стране и необходимость создания программных средств для нее, активно боролся за принятие соответствующих организационных решений.

В Электронном архиве¹ академика Ершова, на материалы которого мы будем постоянно ссылаться, обнаружилось письмо², датированное 1966-м годом, видимо, это один из первых документов, в котором идет речь о создании конструкторского бюро по системному программированию.

В 1967 году в своей рабочей записке «К организации научно-производственного центра системного программирования» и в дополнении к ней А.П. Ершов подробно описал структуру будущей организации и тематику ее деятельности. Он сформулировал четыре основные цели, на решение которых она должна быть ориентирована:

1. Разработка больших программ для комплексов вычислительных средств, используемых для:
 - а) систем управления в реальном времени,
 - б) информационно-управляющих систем,
 - в) моделирования.
2. Разработка методики и автоматизация разработки больших программ.
3. Математическое обеспечение для специальных ЭВМ.
4. Разработка алгоритмических и информационных языков.

Эти и другие документы легли в основу совместных предложений Минрадиопрома СССР и СО АН СССР о создании в Новосибирском Академгородке Специального конструкторского бюро системного программирования, которые были поддержаны Правительством СССР. Отчасти история создания Конструкторского бюро системного программирования прослеживается по стенограмме³ заседания Президиума СО РАН от 18.11.1969 г. Видно, что ситуация была очень непростой. Многие академики активно возражали против расширения Академгородка за счет конструкторских бюро. Г.И. Марчук на этом заседании ссылался на Постановление Правительства, инициированное ВПК, члены Президиума соглашались с тем, что такую организацию нужно создавать, но только за пределами Академгородка.

Однако академики М.А. Лаврентьев и Г.И. Марчук настояли на своем, и в мае 1968 года было принято Постановление Правительства о создании КБ на базе ВЦ СО АН СССР.

Андрей Петрович Ершов был назначен научным руководителем и временно исполняющим обязанности директора Конструкторского бюро системного программирования ВЦ СОАН и МРП СССР⁴.

Головной организацией по решению возлагаемых на КБ СП научно-технических проблем было назначено НПО «Вымпел» Минрадиопрома СССР (Москва), которое возглавлял ведущий специалист в области создания систем противоракетной обороны Г.И. Кисунько.

¹ <http://ershov.iis.nsk.su/>

² <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/786595/> – этот раздел Архива называется «Сотрудничество с Минрадиопромом», в нем собраны все материалы, касающиеся КБ СП и НФ ИТМ и ВТ

³ Научный архив Сибирского отделения РАН (НАСО). Ф. 10. Оп.3. Д.704а. Л. 64

⁴ <http://ershov.iis.nsk.su/ru/archive/group?nid=395454/>

20 мая 1969 года, через год после принятия первого Постановления Правительства СССР, в Новосибирск прибыл директор-организатор КБ СП (первое время – КБ-1), представитель НИИ РП С.С. Московский, опытный специалист – разработчик систем управления ПВО, хорошо знающий проблемы, поставленные перед вновь создаваемой организацией.

А.П. Ершов, оставаясь заведующим Отделом программирования ВЦ СО АН, был назначен заместителем директора КБ СП по науке⁵. Отметим, что это назначение потребовало нетривиального решения на самом высоком уровне. Дело в том, что, поскольку КБ СП должно было тесно взаимодействовать с военными, в нем устанавливался режим повышенной секретности, в частности, сотрудникам был запрещен выезд за границу. Очевидно, что такие ограничения были неприемлемы для Андрея Петровича. Специальное решение Министерства позволило Ершову сохранить свой статус и не прерывать контакты с зарубежными коллегами. Главным инженером – первым заместителем директора КБ СП – был назначен сотрудник Вычислительного центра к.т.н. Г.П. Макаров.

Директор ВЦ СО АН Г.И. Марчук в своем письме начальнику ОКБ «Вымпел» Г.В. Кисунько писал: «Коллектив КБ формируется хорошо, и я сделал все, что мог, для того, чтобы лучшая часть нашего коллектива во главе с А.П. Ершовым была передана в КБ, создав тем самым необходимое ядро».

Вместе с Ершовым в КБ СП перешли многие ведущие сотрудники Отдела программирования. В списке сотрудников по состоянию на 21 августа значатся Г.И. Кожухин (в штате, на постоянной основе), В.Л. Катков, И.В. Поттосин и М.И. Нечепуренко (по совместительству), которые возглавили основные тематические отделы, а также сотрудники АУПа и выпускники НГУ, распределенные в КБ. Рукописный документ⁶, озаглавленный «Распределение сотрудников по отделам» дает представление о первоначальной структуре КБ.

Г.И. Бабецкий, Ю.И. Михалевич, С.К. Кожухина и другие сотрудники ВЦ в КБ продолжили работу над проектом АИСТ (Автоматические Информационные Станции), который начинался на ВЦ с 1966 года, предполагалось, что он станет главным в работе новой организации⁷.

Команда выпускников НГУ 1968 г., в которую входили И. Голосов, Н. Калинина, О. Малькова и другие, пришла в проект АИСТ еще студентами, затем все они числились в НИС (Научно-исследовательский сектор) НГУ, а осенью 1969 г. стали сотрудниками КБ. В этом и следующих годах коллектив КБ пополнялся выпускниками НГУ, МГУ, ЛГУ, НЭТИ и других вузов. Коллектив рос очень быстро, в октябре 1969 г. в КБ СП работало более 70 человек.

В документе «Предложения по основным направлениям тематики КБ на 1969–71 годы», по-видимому, также подготовленном А.П. Ершовым, сформулированы два направления деятельности КБ:

- разработка математического обеспечения и средств моделирования специальных систем и используемых в них ЭВМ;
- проектирование и разработка математического обеспечения вычислительных систем коллективного использования в рамках ЕС ЭВМ.

Но, видимо, с самого начала СО АН опасался неконструктивного соперничества между «учеными» и «военными», о чем свидетельствуют «Замечания к статусу КБ ВЦ № 1», датированные декабрем 1969 г. В этом документе, подготовленном заместителем председателя СО АН М.П. Чемодановым, формулируются основные принципы взаимодействия КБ и СО АН, в частности, подчеркивается, что «ответственность за научную тематику и планирование несет Сибирское отделение... Изменение научной тематики без санкции СО АН не допускается». Однако опасения оказались не напрасными.

В Архиве сохранился черновик, написанный рукой А.П. Ершова, в котором прямо говорится о нарастающих противоречиях между «Вымпелом» и СО АН: «основная тенденция, развиваемая ЦНПО «Вымпел», состоит в том, чтобы превратить КБ в придаток головной организации, ориентированный главным образом на прикладное программирование по алгоритмам, разрабатываемым в Москве»⁸.

А.П. Ершов был освобожден от должности заместителя директора КБ СП по науке, несколько ведущих научных сотрудников также намеревались оставить свою работу в КБ. В этой ситуации научная составляющая могла практически исчезнуть из планов КБ, а СО АН потерял бы всякий контроль над его деятельностью.

Довольно распространенная точка зрения, во многом объясняющая неизбежность конфликта, приводится в воспоминаниях В.Н. Моисеенко⁹. Военный специалист, занимавшийся разработкой систем противоракетной обороны, а затем прикомандированный к Министерству радиопромышленности и направленный в КБ СП, он оказался, по его словам, в «новой психологической среде, в которой преобладал околонуточный снобизм, вольное обращение с рабочим временем, отсутствие заботы о востребованности

⁵ <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/792972/>

⁶ <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/793453/>

⁷ А.Г. Марчук. Из истории работ по созданию информационных систем и сетей ЭВМ общего назначения, проводимых в Сибирском отделении АН СССР: http://www.computer-museum.ru/histussr/seti_sebir_sorucum_2011.htm

⁸ <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/786596/>

⁹ <http://veteran.priozersk.com/articles/711/>

результатов работ. Все оправдывалось научным поиском и тем, что в науке отрицательный результат – есть результат в пользу науки.

В дальнейшем В.Н. Моисеенко стал директором той части КБ СП, которая сохранила ориентацию на военные приложения и переехала в Гомель.

Озабоченность таким развитием событий содержится в письме от 17 ноября 1971 г., адресованном министру радиопромышленности В.Д. Калмыкову и подписанном М.А. Лаврентьевым. В нем предлагается назначить ВЦ СО АН головной организацией по разработке общего математического обеспечения ЭВМ «Эльбрус», но сохранить кооперацию ВЦ и КБ СП. В результате появился совместный приказ¹⁰ Министра радиопромышленности СССР и Президиума СО АН СССР, который означал фактическое разделение КБ СП на два независимых коллектива, один из них, КБ СП ЦНПО «Вымпел», должен был заниматься разработкой специального математического обеспечения. ВЦ СО АН назначался головной организацией по разработке общего математического обеспечения ЭВМ «Эльбрус»¹¹. Для решения этой задачи предполагалось создать две лаборатории в ВЦ СО АН с дальнейшей организацией, в 1972 году, на их базе Новосибирского филиала ИТМ и ВТ. А.П. Ершов назначался научным руководителем работ по математическому обеспечению ЭВМ «Эльбрус».

Видимо, в тот момент рассматривались разные варианты, но все они предполагали активное участие Сибирского отделения. В Архиве А.П. Ершова существует решение Минрадиопрома и СО АН СССР о создании в Новосибирске, на базе 3-го Отдела КБ СП, Новосибирский филиал НИЦЭВТа. Черновик этого документа датирован мартом 1972 г., подписи отсутствуют. Судя по другому документу, основные задачи Филиала ИТМиВТ и проект тематического плана обсуждались на совещании заведующих лабораториями 5 марта 1972 г.

Ситуация вокруг судьбы той части КБ СП, которая пыталась сохранить научную тематику и остаться «под крылом» СО АН, развивалась весьма драматично, Г.И. Марчук даже отправил срочную телеграмму¹² Ершову, который в тот момент был в командировке, но разрешилась она в конце марта 1972 г., когда появился приказ о создании Новосибирского филиала ИТМ и ВТ АН СССР.

Таким образом, 1 апреля 1972 года – день рождения НФ ИТМиВТ. Первым директором стал Владислав Леонидович Катков, впоследствии его сменил Геннадий Дмитриевич Чинин. А.П. Ершов был заместителем директора по науке НФ ИТМиВТ в течение 10 лет, с 1972 по 1982 гг. В его архиве сохранилось множество документов, относящихся к различным аспектам деятельности Филиала.

Первые документы¹³, определяющие основные направления работы НФ ИТМ и ВТ, датированы апрелем 1972 г. В это же время устанавливаются принципы взаимодействия с КБ СП, в частности, предполагаются совместные проекты, строительство лабораторного корпуса и жилья. Планы эти не были реализованы, в 1974 году КБ СП переехало в Гомель. Строительство корпуса шло очень медленно из-за плохого финансирования до тех пор, пока не прибегли к опыту «народной стройки»: практически все сотрудники на время превратились в штукатуров, маляров, монтажников; в результате совместных усилий рядом с Вычислительным центром выросло 11-этажное здание, сейчас там размещается правопреемник НФ ИТМиВТ – Новосибирский институт программных систем (НИПС)¹⁴ и многие другие организации.

Между Новосибирским филиалом и ИТМ и ВТ устанавливается разделение ответственности за разработку и представление к сдаче компонентов программного обеспечения многопроцессорного вычислительного комплекса (МВК) «Эльбрус». В Москве разрабатываются операционная система, автокод Эль 76, сервисные программы, а создание трансляторов с основных языков программирования поручается Новосибирскому филиалу.

К сожалению, в нашем распоряжении нет комплекта документов НФ ИТМ и ВТ, относящихся к его основной деятельности за двадцать лет существования. Архив НФ ИТМ и ВТ был уничтожен, видимо, приказом свыше во время реорганизации НФ в НИПС. Возможно, в Москве, в архиве ИТМ и ВТ, такие материалы сохранились, но нам они недоступны. Поэтому в этом кратком очерке мы попытались восстановить историю НФ по документам из Архива академика Ершова и устным воспоминаниям сотрудников, использовали также тексты, опубликованные на сайте <https://www.nftmivt.ru>, который был создан к 40-летию НФ ИТМиВТ пять лет назад.

В Архиве Ершова тоже нет, к сожалению, полного набора документов, которые освещали бы все аспекты деятельности Филиала, тем не менее, они содержат довольно много полезной информации. Некоторое представление о структуре НФ дает штатное расписание¹⁵ на 1975 г., в его составе восемь тематических лабораторий, Сектор научно-технической информации, Отдел ЭВМ и АУП, всего примерно 120 человек.

¹⁰ <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/786597/>

¹¹ <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/792630/>

¹² <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/767285/>

¹³ <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/786595/>

¹⁴ <http://nips.ru/>

¹⁵ <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/790778/>

Мы не нашли штатное расписание на следующие годы, но сохранились отдельные приказы о приеме на работу молодых специалистов из НГУ, НЭТИ и московских вузов, что позволяет судить о динамике роста Филиала, а также телефонный справочник¹⁶ Филиала за 1989 год. По прикидкам¹⁷ А.П. Ершова, в 1990 году в Филиале должно было бы работать 1200 человек, из них 120 – кандидаты наук, но, как известно, эти прогнозы не оправдались.

В 1973 г. были разработаны и утверждены должностные инструкции¹⁸ для сотрудников тематических лабораторий, а позже появились должностные инструкции для инженера-программиста и старшего инженера-программиста. В этих документах нашли свое отражение передовые для того времени подходы к организации труда программистов, что определило успехи коллектива в дальнейшем.

В Архиве сохранился план-график работ по созданию математического обеспечения ВК на 1974 г., подписанный заместителем Главного конструктора Б.А. Бабаяном и заместителем Главного конструктора в части работ НФ ИТМ и ВТ В.Л. Катковым и утвержденный директором ИТМ и ВТ В.С. Бурцевым¹⁹, а также и другие документы, отражающие рабочие моменты разработки систем программирования:

- техническое задание на интерпретатор, подписанное Б.А. Бабаяном;
- частное ТЗ на разработку инструментального комплекса ТЕМП на ЭВМ БЭСМ-6 для ВК ВС-1;
- приказ о приемке работ по компилятору ПЛ СП, 1977 г., и рабочие материалы по этой приемке;
- акт приемки в опытную эксплуатацию систем машинной графики, 1977 г.

Разумеется, это лишь фрагменты, далее более полную картину мы попытались восстановить с помощью непосредственных участников давних событий.

Трансляторная тематика, которая была определена в качестве основной в НФ ИТМиВТ, потребовала инструментальной поддержки. «Эльбрус» еще только разрабатывался, был создан инструментальный комплекс «Стрела» (ответственный исполнитель – Г.Д. Чинин, разработчик Ю. Кропачев), на котором создавался имитационный комплекс для МВК «Эльбрус» на ЭВМ «БЭСМ-6».

Одним из самых важных проектов Филиала было создание инструментального комплекса ТЕМП, основное назначение которого – обеспечить разработку программного обеспечения для МВК «Эльбрус-1» в период, когда эти машины только создаются или еще мало распространены. Из протокола²⁰ заседания Ученого совета Филиала следует, что проект создания ИК ТЕМП прописан непосредственно в приказе Министра радиопромышленности.

За разработку ИК ТЕМП отвечал В.А. Марков, ответственным исполнителем интерпретатора команд МВК «Эльбрус-1» был С.Ю. Дедерер, а ответственным исполнителем транслятора с Автокода МВК «Эльбрус-1» – В.Н. Поливанов.

Комплекс ТЕМП был создан в 1977–79 гг., спустя год эксплуатировался более чем в двадцати организациях в разных городах страны.

В качестве рабочего инструмента для разработчиков ОС В. Гололобов и Б. Чеблаков под руководством Г.Чинина создали язык высокого уровня ЯРМО, который можно считать «предтечей» языка Си, затем появилось ЯРМО-2, в дальнейшем этот язык использовался практически во всех трансляторных проектах НФ, поскольку содержал мощные средства разработки компиляторов.

Я. Курляндчик начинал разрабатывать инструментальный комплекс ИНТЕГРАЛ еще на БЭСМ-6, затем были сделаны модификации в ЯРМО-2 (А. Бондарь и В. Разгулин), добавлены отладчик (М. Лазебный) и документатор (В. Братухина). И, наконец, компилятор и интерпретатор Эльбрус-2 (А.Гутман) были подключены к «Интегралу». В результате получился эффективный программный инструмент, использовавшийся для всех разработок ПО МВК «Эльбрус».

Семейство машин БЭСМ-6 состояло из трех моделей: БЭСМ-6, Эльбрус 1-К2 и Эльбрус-Б. Эльбрус 1-К2, реализованный на новой элементной базе, был полностью совместим с БЭСМ-6. В основном за счет новой элементной базы производительность возросла в 2,5–3 раза. Эльбрус-Б была разработана для замены БЭСМ-6 и Эльбрус 1-К2 в режиме полной программной совместимости на уровне пользовательских задач. Но главным было предоставление новых возможностей – режим работы с расширенной системой команд БЭСМ-6 и с 64-разрядными словами, обеспечивающий более высокую точность вычислений.

В лаборатории №1 под руководством Ф.Р. Цанга (после трагической гибели которого лабораторию возглавил Г.И. Сердюк) была разработана операционная система, совместимая по интерфейсу с ОС ДИСПАК (ОС Феликс), которая функционировала на БЭСМ-6 и Эльбрус 1-К2. Кроме того, была выполнена работа по адаптации ОС ДЕМОС (одна из версий ОС Unix, адаптированная на машины серии СМ в ИАЭ им. Курчатова) на ЭВМ БЭСМ-6 и Эльбрус 1-К2.

В НФ создавались трансляторы с самых распространенных в то время языков программирования: Алгол, Фортран77, Кобол, ПЛ/1, затем появились проекты трансляторов с языка Си, АДА, Пролог. Но, как

¹⁶ <https://www.nfitmivt.ru/content/photo/56/252/>

¹⁷ <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/791523/>

¹⁸ <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/786562/>

¹⁹ <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/792643/>

²⁰ <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/786772/>

вспоминают разработчики, до реализации последнего дело так и не дошло. Язык АДА появился в конце 70-х и был принят в Вооруженных силах США в качестве единственного языка для разработки военных приложений. В Филиале тоже началась реализация АДА, был подготовлен эскизный проект, к сожалению, он остался незавершенным.

Продолжалась реализация Альфа-6 на БЭСМ, обсуждался проект Альфа-транслятора²¹ для Эльбруса. Г.Д. Чинин предлагал подкрепить проект молодыми специалистами, соглашаясь, в принципе, А.П. Ершов высказал несколько неожиданную точку зрения на свой же проект, утверждая, что «система АЛЬФА делалась архаическими методами, было тяжелое наследие блока генерации», и предложил поручить реализацию новой команде. Словом, не будет преувеличением сказать, что известную метафору – «фабрика трансляторов» – можно с полным основанием использовать, говоря о Филиале.²²

Полный перечень проектов сейчас восстановить достаточно трудно, но в то время они покрывали практически весь спектр потребностей пользователей больших, универсальных вычислительных машин. Так, была разработана информационно-поисковая система ВЕГА, система программирования баз данных БОЯЗ-6, СУБД Дисод. Для «Эльбруса» адаптировались уже существующие известные пакеты прикладных программ линейной алгебры и аналитических преобразований. Отдельная тема – машинная графика, были созданы и сданы в эксплуатацию графические пакеты, хотя возможности оборудования того времени были весьма далеки от современных. Разрабатывалась система автоматизации проектирования электронных схем и компьютеров, САД/ЕАД, система моделирования СБИС.

В Филиале была создана одна из первых сетевых моделей в России, обеспечивающая связь между Эльбрусом и периферийными компьютерами СМ-4.

Помимо программных проектов в НФ велись работы по поддержке основной деятельности – по материалам зарубежной профессиональной прессы выпускались бюллетени «Новости в системном программировании» и ДОР, шла разработка программной документации на программное обеспечение, создаваемое в НФ ИТМиВТ. Отметим, кстати, что последняя задача не так проста, как кажется, поскольку вся документация проходила строгий нормо-контроль. Как в шутку говорились, документацию следует писать так, чтобы она была понятна «офицеру на точке».

Сотрудники Филиала регулярно публиковали статьи в журналах, издавали препринты, технические отчеты, выступали на семинарах и конференциях, в том числе всесоюзных. В стенах НФ выросли кандидаты наук, Г.Д. Чинин защитил докторскую диссертацию.

Внимательному исследователю истории НФ ИТМиВТ советуем обратиться к Электронному архиву²³ академика А.П. Ершова. Работа Научно-технического совета НФ ИТМ и ВТ (с июня 1976 г. он преобразован в Ученый совет) позволяет получить достаточно представительную картину проектов, как выполнявшихся, так и планировавшихся в Институте, достаточно обратиться к повесткам заседаний НТС. А.П. Ершов сохранил эти повестки (более 150), на многие пометки, сделанные его рукой. Эти повестки позволяют установить некоторые рабочие моменты, так, 18 февраля 1974 г. на заседании НТС²⁴ Г.Д. Чинин делал доклад о языке разработки матобеспечения (ЯРМО). Упомянем здесь самые последние повестки: в январе 1986 г. на заседании планировался итоговый отчет по теме ВЦ КП²⁵; в апреле 1986 г. обсуждался аванпроект системы автоматизации СБИС²⁶. Последнее извещение²⁷ в Архиве датируется июнем 1988 г. (Андрей Петрович скончался после тяжелой болезни в декабре этого года). Налицо приметы нового времени – на повестке дня дискуссия о хозрасчете в институте, обсуждаются новые формы организации: кооперативы, временные научно-технические коллективы.

Не менее интересны протоколы заседаний Ученого совета, где заслушивались отчеты заведующих лабораториями, обсуждались планы, утверждались темы диссертаций. Некоторые протоколы дополняются стенограммами, что особенно полезно для историков. На одном из заседаний подробно обсуждался вопрос о социалистическом соревновании²⁸. Система оценок деятельности НИИ и КБ, предлагаемая Министерством радио-промышленности, представляется неудачной, принято решение о разработке положения о соцсоревновании в НФ ИТМиВТ. Кроме плановых, утвержденных Министерством, проводились инициативные разработки в интересах Филиала, была создана, например, автоматизированная система начисления заработной платы.

К сожалению, в Архиве почти нет информации об Отделе ЭВМ, поскольку Ершов не имел непосредственного отношения к техническому обеспечению работ Филиала.

²¹ Эта дискуссия состоялась на заседании Ученого совета, стенограмма которого также хранится в Архиве <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/786775#/>

²² А.П. Ершов, Г.Д. Чинин Проектная спецификация фабрики качественных трансляторов//Тр. раб. конф. ИФИП "Создание качественного программного обеспечения". Новосибирск, 1978. Т. 1. С. 116–133.

²³ <http://ershov.iis.nsk.su/>

²⁴ <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/786697/>

²⁵ <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/798124/>

²⁶ <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/798211/>

²⁷ <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/798392/>

²⁸ <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/786830/>

Мы обратились к воспоминаниям инженеров, устанавливавших и отлаживавших ЭВМ. В одном из отчетов говорится, что в 1976 г. появилась М-6000, на ней был реализован довольно удобный редактор, и машина использовалась для подготовки документации²⁹. Любопытно отметить, что в этом же году в НФ планировалось освоение ротапринта.

За годы активной работы в Филиале образовался солидный машинный парк: две БЭСМ-6, СВС, несколько СМ-4, М-6000, ЕС 1030, первый Эльбрус появился в 1981 году, второй – через несколько лет. Отдел ЭВМ (или 9-й Отдел) сначала возглавлял С.П. Суржиков, в последние годы – Э.К. Азян, главным инженером был В.И. Голубев.

Хочется подчеркнуть, что Новосибирский Филиал ИТМиВТ был уникальной, единственной в СССР чисто программистской организацией.

Мы решили закончить наш краткий очерк цитатой из материала стенгазеты, выпущенной к первому юбилею Филиала «10 вопросов³⁰ Андрею Петровичу Ершову в связи с 10-летием НФ ИТМиВТ».

Вопрос 10. Каковы Ваши пожелания коллективу?

- Молодым специалистам – жить как Стажер у братьев Стругацких, быть бесконечно любопытными и обязательно наметить себе идеал среди старших товарищей, свободно читать по-английски.
- Средним специалистам – найти себя, иметь не менее двух детей и не менее двух комнат в квартире. Не поссориться с друзьями, разобраться в своем идеале и понять, чем от него отличаться.
- Старшим специалистам – не болеть, обладать уникальным знанием и знать, что другие знают об обладании этим знанием. Иметь выводок оруженосцев, помогающих в работе, отрабатывать на них родительские инстинкты и черпать от них новое знание и новые идеи. Верить, что его последний программный продукт переживет его.
- Всему коллективу – встретиться через 15 лет на аналогичном мероприятии.

К сожалению, последнее не сбылось, в 1997 году уже не было в живых Андрея Петровича, а НФ ИТМиВТ превратился в НИПС. Но некоторые пожелания удивительным образом исполнились. У доброй половины тех, кто праздновал 10-летие Филиала, давно нет никаких проблем с английским, у одних большие квартиры, и комнат там не менее двух, другие живут в собственных домах, ну а дружба выдержала испытание временем. Будем надеяться, что хотя бы некоторые программные продукты, созданные филиальцами, тоже переживут своих создателей.

В заключение хотим поблагодарить всех коллег из НФ ИТМиВТ, чьи воспоминания помогли написать этот краткий очерк, и надеемся, что работа по истории Филиала продолжится. Трудно перечислить всех, но особенно интересными и полезными оказались контакты с В. Агафонцевым, И. Голосовым, В. Марковым, Г. Сердюком, Т. Чеблаковой.

²⁹ <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/786773/>

³⁰ <http://ershov.iis.nsk.su/ru/node/790852/>

Комплекс БЦВМ «Аргон» и элементная база – полувековой путь гонки без финиша

Штейнберг Виталий Иосифович, к.т.н.

НТЦ №1 АО "НИИ "Аргон", Москва
argon@argon.ru / uniet@uniet.ru

История коллектива НИИ «Аргон» начинается с декабря 1948 года, с организации 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 страны, послевоенные годы Советский Союз в условиях прогрессирующей «холодной войны», включился в гонку электронного вооружения.

Великая Отечественная война, наряду с мощью СССР, показала необходимость незамедлительного решения целого ряда проблемных вопросов наращивания научно-технического потенциала страны в целях обеспечения паритета государства с ведущими мировыми державами. Электронная вычислительная техника явилась одним из сложных звеньев в общей цепи первоочередных задач развития науки и техники. Создание СКБ-245 явилось первым шагом Советского правительства в решении на государственном уровне задачи разработки отечественных ЭВМ. Задача по созданию ламповой ЭВМ «Стрела» была успешно и в короткие сроки выполнена, а создатели «Стрелы» стали лауреатами Сталинской премии. Изготовленные на Московском заводе счетно-аналитических машин семь образцов машин были поставлены в ведущие научные центры страны и положили начало компьютеризации расчетов проблемных задач науки и техники. Старт отечественной вычислительной техники в гонке электронного вооружения, продолжающейся вот уже около 70 лет, состоялся!

СКБ-245 – НИЭМ – НИЦЭВТ – НИИ «Аргон» - 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 исторической летописи института.

В мае 1958 года на базе СКБ-245 был образован научно-исследовательский институт электронных машин (НИЭМ). В начале 1960-х годов на институт возлагается роль головного предприятия в стране по бортовым ЦВМ (БЦВМ), способных в жестких условиях эксплуатации и с высокой степенью надежности работать непосредственно на борту ракет, космических кораблей, самолетов, надводных кораблей и подводных лодок, в составе мобильных систем и объектов специального назначения. Накопленный богатейший опыт в создании вычислительных средств для стационарных условий эксплуатации становится базовым фундаментом при решении новой сверхзадачи, поставленной перед коллективом. В условиях развернувшейся в мире гонки вооружений решать наитруднейшие научно-технические задачи по созданию БЦВМ и комплексов предстояло в сжатые директивные сроки в тесном взаимодействии с организациями электронной промышленности и других смежных отраслей.

Первые БЦВМ были разработаны в середине 1960-х годов на гибридных интегральных схемах серий «Тропа-1», «Тропа-3», «Тропа-5». В разработке логических проектов указанных серий принимали непосредственное участие создатели БЦВМ. Гибридные микросхемы указанных серий стали основой разработок БЦВМ и комплексов:

- «Аргон-11С» - для выполнения программы «Зонд-6» - облет и фотографирование поверхности Луны с возвращением космического аппарата на Землю;
- «Аргон-12А» - для орбитальной посещаемой космической станции «Алмаз» и
- «Аргон-12С» - для возвращаемого космического аппарата;
- «Аргон-1М» - нашедшей применение в 70 объектах мобильных комплексов вооружения;
- «Аргон-10М1» - для АСУ войсками фронта «Маневр»;
- «Ритм-20» - для АСУ управления воздушным движением;
- «МСМ» - для Центра разведки ВМФ.

С созданием отечественных серий монолитных интегральных схем были разработаны БЦВМ и комплексы следующего поколения:

- «Аргон-11Т» и «Аргон-14А» - для ракетной техники;
- «Аргон-15», «Аргон-15А» - межвидовые унифицированные изделия, ставшие основой свыше 35 объектов авиационного и мобильного базирования;
- «Аргон-16» и его модификации – высоконадежный базовый вычислительный комплекс – для космических кораблей, орбитальных станций и спутников;
- «Аргон-17А» - для противоракеты дальнего перехвата системы ПРО.

С увеличением объема задач, решаемых непосредственно на борту, потребовалась разработка интегральных схем со средним (СИС) и большим уровнем интеграции (БИС). В содружестве разработчиков

БЦВМ и микроэлектроники были созданы несколько серий СИС, многокристальные БИС серии 216, БИС памяти, ставшие основной компонентной базой целого ряда последующих разработок БЦВМ:

- А-30, А-40, А-50 – унифицированные базовые изделия, программно совместимые со стационарными моделями ЕС ЭВМ и ставшие центральным звеном вычислительных комплексов АСУ вооруженными силами авиационного, морского и мобильного базирования;
- Ц100, Ц101, Ц102, Ц104 – вошедшие в штатную комплектацию систем управления вооружением и индикации истребителей МиГ-29, Су-27 и их модификаций.

С появлением микропроцессорной техники и сверхскоростных интегральных схем, на создание которых в начале 1980-х годов в рамках спецпрограмм МО США выделялись огромные ресурсы, отставание отечественных разработок элементной базы, в первую очередь, по уровню интеграции становилось все более ощутимым. Это не могло, естественно, не сказаться на параметрах БЦВМ, при проектировании которых допускалось использование исключительно отечественной элементной базы.

К середине 1980-х годов разработчикам военной радиоэлектроники было предложено ориентироваться на матричные БИС (МаБИС). Предполагалось, что за счет соединения интеллекта разработчиков РЭА и разработчиков МаБИС удастся избежать фатального отставания основных технических характеристик РЭА от зарубежных образцов. Наряду с планируемым созданием в период с 1987 по 1990 год целой гаммы бортовых матричных кристаллов и заказных СБИС по технологии КМОП, ТТЛШ и КНС, были заданы в разработку микропроцессорные БИС, БИС ЗУ, а также средства автоматизированного проектирования заказных БИС и СБИС.

К сожалению, ожидания разработчиков РЭА, связанные с широким внедрением МаБИС в практику проектирования не оправдались. Глубокий кризис экономики страны, последовавший за развалом СССР, потряс, в первую очередь, электронную промышленность. Базовая высокотехнологичная область промышленности, определяющая во многом научно-технический потенциал государства, которой в СССР в течение десятилетий уделялось первостепенное внимание, была брошена на «произвол судьбы», на самовывживание, как и другие отрасли «оборонки». Положение усугублялось еще и тем обстоятельством, что 80% производственных мощностей электронной промышленности СССР оказались на территории бывших республик. Ведущие научно-производственные комплексы электронной промышленности России вынуждены были переориентироваться на зарубежные заказы, связанные с производством полупроводниковой электроники для массовой коммерческой продукции (электронные часы, микрокалькуляторы и т.п.).

В этих условиях использование зарубежной компонентной базы в разработках БЦВМ для перспективных объектов стало неизбежной реальностью.

С применением микропроцессоров фирмы Intel в институте были созданы БЦВМ, аппаратно и программно совместимые с моделями IBM PC, для авиационных объектов. На сигнальных микропроцессорах фирмы TI TMS320C30 были разработаны встраиваемые вычислительные модули для авиационных, корабельных и мобильных терминалов связи. Зарубежная компонентная база использовалась и для создания аппаратуры нового поколения аэрокосмических систем с длительным сроком активного существования, в частности для российских модулей Международной космической станции и телекоммуникационных спутников нового поколения.

Благодаря использованию современной высокотехнологичной компонентной базы к середине 1990-х годов, с учетом развития информационных технологий и сетевых методов обработки информации, НИИ «Аргон» был осуществлен переход от разработки БЦВМ к проектированию бортовых информационно-управляющих систем. В частности, для воздушных пунктов управления были созданы многофункциональные БВК ЕА2170, ЕА2180 с развитыми шинными структурами с единой архитектурой, программируемыми интерфейсами, передающей средой с использованием волоконно-оптических линий связи, специализированных БИС и ПЛИС поддержки различных протоколов.

Успехи мировой микроэлектроники в достижении физически предельных технологических норм проектирования и изготовления высокоинтегрированной элементной базы обеспечили переход от применения универсальной элементной базы к проектированию аппаратуры на принципах «система на кристалле» (СнК).

Примером такого подхода к разработке перспективных средств вычислительной техники является выполненная НИИ «Аргон» работа по созданию изделия ВСТС-А для нового поколения связанных терминалов. При реализации этого проекта был осуществлен переход от «системы на плате» к «системе на кристалле», что позволило увеличить производительность встраиваемого вычислителя в 3-5 раз, сократить его вес в 3 раза, а потребляемую мощность – в 2 раза.

Вместе с тем неблагоприятная международная обстановка последних лет и последовавшие санкции в отношении Российской Федерации отразились на ограничении продаж в нашу страну высокотехнологичной продукции и, в частности, современной ЭКБ иностранного производства (ЭКБ ИП). В сложившихся условиях проблема импортозамещения ЭКБ ИП выдвинулась в число наиглавнейших государственных задач. Успешному решению этой сложной задачи способствуют ощутимые результаты последнего десятилетия отечественной электронной промышленности, получившей многомиллиардные вложения в разработку новых технологий, оборудования и современной ЭКБ благодаря реализации Федеральных целевых программ по развитию электронной промышленности, Государственных программ поддержки оборонно-промышленного комплекса, введенной в стране системы государственно-частного партнерства. Принятые меры позволили

флагманам российской электроники выйти на уровень мировых достижений и предоставить разработчикам РЭА новые возможности для проектирования.

Очередной этап в гонке электронного вооружения – гонки без финиша – продолжается.

Выводы

1. До начала 1990-х годов все разработки БЦВМ и комплексов выполнялись исключительно на отечественной элементной базе и обеспечивали паритет с разработками ведущих мировых производителей по основным тактико-техническим характеристикам. Контролируемое отставание на 3-4 года отмечалось по отдельным разработкам по массогабаритным характеристикам, что было связано, в основном, с наметившимся ко второй половине 1980-х годов отставанием в разработках и производстве изделий микроэлектроники.
2. Глубокий кризис экономики страны, связанный с развалом СССР, нанес непоправимый ущерб народному хозяйству и, в первую очередь, одной из базовых отраслей, определяющей научно-производственный потенциал государства – электронной промышленности.
3. Необходимость использования ЭКБ ИП при проектировании РЭА стало неизбежной реальностью, что создало естественную угрозу технологической независимости РФ.
4. Принятые в последние десятилетия серьезные меры руководством страны по возрождению отечественной электронной промышленности дали необходимые результаты, что существенно сгладило возможные негативные последствия санкционных мер, предпринятых США, Евросоюзом и их союзниками в отношении РФ, напрямую затрагивающие обеспечение обороноспособности нашей страны.

Список литературы:

1. Михайлов В.А., Штейнберг В.И. Гонка без финиша.//Технологии ЭМС, 2008, №4, с.3-11.
2. Штейнберг В.И. Элементная база – основа динамики развития БЦВМ комплекса «Аргон». //Динамика радиоэлектроники. М.: Техносфера, 2007, с. 331-342.
3. Михайлов В.А., Штейнберг В.И. История становления развития комплекса БЦВМ «Аргон». //История отечественной электронной вычислительной техники. М.:2017, Изд. дом «Столичная энциклопедия», с.307-320.
4. 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, с.11-17.
5. Штейнберг В.И. От «Радонов» до «Аргонов»: к истории разработки средств вычислительной техники в НИЭМ–НИЦЭВТ–НИИ «Аргон» по заданиям НИИ-5 – МНИИПА для автоматизированной системы управления противовоздушной обороны страны.//Научные труды Конференции «К 100-летию со дня рождения И.А. Полетаева. ФГБУ «З ЦНИИ» Минобороны России, 2016, с.130-136.
6. Штейнберг В.И., Шпиев В.А. Разработка средств бортовой вычислительной техники для воздушных пунктов стратегического управления. //Научные труды Конференции «К 100-летию со дня рождения И.А. Полетаева. ФГБУ «З ЦНИИ» Минобороны России, 2016, с.120-129.
7. Штейнберг В.И. Системы на кристалле – эффективный путь импортозамещения при создании современных средств бортовой вычислительной техники для объектов воздушно-космической обороны.//Радиопромышленность. 2017. №2, с.87-90

Работы Проблемной лаборатории ЭВМ ГИФТИ ННГУ в области создания цифровой техники

Эйнгорин Михаил Яковлевич

Нижегородский (Горьковский) государственный исследовательский университет им. Н.И. Лобачевского,
Нижний Новгород

skit@vmk.unn.ru

ННГУ им. Н.И. Лобачевского и его институт НИФТИ (ранее ГИФТИ) были в числе первых в СССР, создавших в 1954-1957 годы свою оригинальную, последовательную универсальную цифровую вычислительную машину – Машину ГИФТИ с последующим созданием серии спецмашин цифрового управления антенными системами космической связи и управления.

Академик А.А. Андронов, ознакомившись в 1952 году с машинами членкора И.С. Брука (МЭИ), счел необходимым начать работы по созданию цифровых машин в ГГУ. В то время в ГИФТИ велись активные исследовательские работы по устойчивости атомного реактора первого в мире ледокола «Ленин», проектировавшегося опытным конструкторским бюро (ОКБМ) г. Горького. Требовался большой объем вычислений, которые велись группой лаборантов на предельно шумных арифмометрах типа «Мерседес».

Работы по ЭВМ начались с создания лампового макета арифметического устройства (АУ), умножающего числа 7×7 . Работы были выполнены студентами 4-го курса кафедры теории колебаний радиофизического факультета ГГУ А.В. Сергиевским и Е.Ф. Сабаевым под руководством старшего преподавателя кафедры Льва Викторовича Родыгина. Макет 7×7 , доработанный до 15×15 , и сегодня хранится в музее ННГУ. На базе этого макета была оформлена и выполнялась лабораторная работа каждым студентом 4-го курса РФФ кафедры ТК ГГУ.

Создание машины началось с определения ее типа – последовательного, как наиболее экономичного. Память машины на магнитоотрицательных линиях задержки, замкнутых в кольцо рециркуляции, в 1953 году создавалась студентом 4-го курса А. Тарановичем под руководством Л. Родыгина. По окончании ГГУ А.С. Таранович был принят на работу в ГИФТИ для продолжения исследований. Одновременно с 1954 года, также студентом 4-го курса той же кафедры и далее м.н.с. М. Эйнгориным велась разработка АУ (или процессора) последовательной машины. Им же была в 1954 году разработана и опытным производством изготовлена стойка памяти на 1024 32-разрядных слов на магнитоотрицательных линиях. Позднее было решено изменить направление работ и начать разработку памяти машины на базе магнитного барабана. Это давало большую компактность и меньшую температурную зависимость работоспособности памяти от окружающей среды. Для этого, на первоначальном этапе, был использован магнитный барабан на базе «немецкого» гироскопа от ракеты «ФАУ-2» с закрепленным ротором и вращающимся статором. На статор был «насажен» цилиндр поверхности магнитного барабана. Работы по покрытию магнитного барабана магнитной пленкой, усилителям записи и чтения вел А.С. Таранович.



Фото 1. Шкафы «Машины ГИФТИ», хорошо видны секции и блоки.

В результате к 1955 году А.М. Гильманым, Н.А. Железцовым и М.Я. Эйнгориным был разработан проект машины со следующими общими характеристиками:

1. Тип машины – последовательный.
2. Число двоичных разрядов слова – 32/64.

3. Число разрядов команды – 32.
3. Тактовая частота работы машины – не менее 200 кгц.
4. Объем основной памяти на магнитном барабане соответственно 2048/1024 слова.
5. Машина должна иметь 32 одно-числовые ячейки по 32/64 разряда «быстрой» памяти.
6. Машина комбинированной адресности: трехадресная в отношении «быстрых» ячеек и одноадресная в отношении общей памяти машины – предложение М. Эйнгорина.
7. Каждая инструкция (команда) машины должна содержать ячейки «переадресации» в том числе для выполнения групповых операций – предложение А. Гильмана.
8. «Быстрые» ячейки включались в общую нумерацию ячеек памяти ее первыми адресами.
9. Машина должна иметь ряд положений запятой слов, устанавливаемых для данной задачи.
- АУ машины:
 10. Представление отрицательных чисел – в «прямых кодах».
 11. Процессор должен иметь все стандартные арифметические и логические операции.
 12. Должен иметь групповые операции со словами от и до заданных адресов.
 13. Процессор должен выполнять операции умножения и деления при заданных положениях запятой в словах.
 14. Процессор должен выполнять операции над командами для их модернизации.
 15. А.У машины должно работать в асинхронном режиме.
- Структура машины и конструкции.
16. Машина должна быть выполнена в виде стоек электроники (АУ, УУ и памяти), отдельно пульта управления и стойки источника питания.
17. Пульт управления должен отображать состояния машины и быть удобным для отладки программ и демонстрации работы машины (студентам).
18. Блоки и стойки машины должны иметь хороший доступ для контроля и ремонта, возможность осуществления достаточной групповой вентиляции всех электронных блоков.
19. Машина должна занимать площадь помещения не более 20 м².
- Элементная база машины.
20. Лампово-полупроводниковая.
21. Машина должна иметь минимальное число типов «стандартных» блоков. Все не стандартные блоки АУ, УУ и ЗУ должны быть сведены в минимальное их число.
22. Блоки машины должны содержать минимальное число различных компонентов.
- Устройства ввода – вывода машины.
23. Ввод чисел и команд - с восьмидорожечной телеграфной перфоленты.
24. Вывод – рулонный телеграфный аппарат, восьмидорожечная перфолента.
25. Преобразования кодов чисел и команд при их вводе – выводе должно осуществляться через арифметические операции в «ждушем» режиме.

Проект машины был принят за основу разработки. Результат проработки проекта и его реализация, с распределение работ по исполнителям, было следующим:

I. Элементная база машины и ее конструкции [1 - 6]: От корректной разработки элементной базы зависит работоспособность, общая стоимость и стоимость эксплуатации машины. Эту часть работы взял на себя автор доклада. В результате был разработан комплекс стандартных блоков, в который входили:

- а) Блок инверторов-повторителей с входными элементами 2«ИЛИ» - (4 в блоке) [2],
- б) Блок усилителей-повторителей с входными элементами 2«ИЛИ» - (4 в блоке),
- в) Динамический триггер (8 в блоке) [4],
- г) Блок катодных повторителей с входными элементами 2«ИЛИ» - (8 в блоке),
- д) Блок диодных полупроводниковых дешифраторов $3 \rightarrow 8$ (2 в блоке).
- е) Все одно-числовые регистры АУ и регистры «быстрой» памяти были выполнены рециркуляционными на магнитном барабане с коммутацией на 32/64 разряда [1].

Для всех «ламповых» блоков был выбран единый двойной триод 6Н1П. Все «логические» элементы, дешифраторы и ограничители переходных процессов были выполнены на п/п диодах. Статические триггеры собирались на базе инверторов блока а) согласно работы [2]. Для всех сигналов машины был принят единый нулевой уровень отсчета. В результате автором была составлена инструкция для разработчиков секций и стоек машины, «нагрузочные» свойства элементов каждого из блоков а) – д) с начертанием их в виде матричных структур. Конструкция стандартного блока видна на Фото 1. машины.

Три стойки представляли собой шкафы, закрытые стеклянными дверьми с тремя внутренними секциями, каждая по 5 x 6 стандартных блоков. Все «не стандартные» элементы каждой из стоек собирались в один «не стандартный» блок стойки. Фактически в 1954–1955 годы по своей элементной базе была создана лампово-полупроводниковая машина.

II. Пульт управления: (разработчик М. Эйнгорин) – горизонтальный стол с наклонной панелью и кнопками управления машиной, далее с продолжением в виде вертикальной панели со световыми малогабаритными неоновыми индикаторами состояния машины. По центру наклонной части была расположена

электронно-лучевая трубка (ЭЛТ) отображения содержимого динамических регистров АУ, регистров «быстрой» и общей памяти машины. Возможно, это было первое применение ЭЛТ для ЭВМ в мире, в СССР – точно [6]. Для наклонной панели были разработаны специальные многопозиционные переключатели – коммутаторы оригинальной конструкции.

Высоковольтное питание, цифровые строчную и кадровую «развертку» трубки, по «жесткому» заданию принципов синхронизации М. Эйнгорина выполнил Г.А. Денисов.



Фото 2. Пульт управления машины.

III. Стойка памяти и магнитный барабан машины:

(руководитель А. Тарантович, исполнитель инженер А. Гончаров). В объем разработки входило: покрытие поверхности «малого» и «большого» МБ магнитной пленкой, разработка усилителей - формирователей записи и чтения, прибор записи тактовых импульсов на поверхность МБ, участие в испытаниях вариантов

магнитных головок. Разработка монтажных схем блоков и панелей стойки памяти, согласование, по переходным процессам, стойки памяти и МБ. Разработка блока крепления магнитных головок и блока головок 32/64 взял на себя А. Тарантович, фото 1, дальняя стойка. Машина имела 32 «быстрых», одно-числовых ре-циркуляционных регистра ускорения работы. Реализовать 32 «быстрых» ре-циркуляционных регистра и регистры АУ на магнитном барабане предложил М. Эйнгорин, что резко сократило аппаратный объем машины и расширило ее возможности за счет большого числа одно-числовых «быстрых» ячеек памяти [1, 6]. Сам магнитный барабан, по заданию А. Тарантовича, был изготовлен в ОКБМ.

Разработку магнитной головки и оснастки для ее производства взял на себя автор доклада, исполнитель – механик высшей квалификации В.В. Веселовский (участник ВОВ). Она представляла собой непосредственно магнитную головку размером 0,3 мм совмещенную с импульсным трансформатором 2 мм диаметром. Возможно это была самая миниатюрная магнитная головка, разработанная, изготавливаемая и использовавшаяся в СССР того времени. Магнитная головка с «массивной» латунной оправой представлена на Фото 3. Коммутация магнитных головок, по предложению автора настоящей статьи, осуществлялась двумя точечными, германиевыми п/п диодами по симметричной схеме [6].



Фото 3. Магнитная головка в сравнении с «головкой» стандартной спички.

IV. Арифметическое устройство (процессор машины) [1, 3, 6]: (Руководитель – автор доклада, исполнители инженеры М. Брейдо и Г. Зарницин, позднее оба к.ф.-м.н.). В группе распределение работ было следующим: М. Эйнгорин – выбор операций и методик их выполнения, принцип построения АУ в целом и принципы сокращения времени выполнения операций [1, 3, 6]; М. Брейдо и Г. Зарницин – составление монтажных схем панелей, осуществление отладки АУ. Основные параметры АУ или процессора машины:

1. АУ машины выполняло все арифметические, логические операции, операции преобразования кодов ввода – вывода, групповые операции и ряд специальных операций.

2. В связи с одноадресным и трехадресным кодированием команд в АУ были введены спецоперации «переброски» слов из общей памяти машины в «быструю» и наоборот.

3. Представление отрицательных чисел слов - в «прямых кодах».

4. АУ машины коммутировалось своей работой с 32/64 разрядными словами.

5. АУ машины имело ряд положений запятой слов при 32/64 разрядной работе.

6. АУ машины имело возможность работы с командами машины для модернизации адресов.

7. Регистры АУ были выполнены на базе одно-числовых ре-циркуляционных регистров на базе магнитного барабана с цепочками из оригинальных динамических триггеров [1, 4, 6], обеспечивающих необходимые сдвиги кодов слов при выполнении, как самих операций, так и в режиме сокращения времени их выполнения.

8. Особенностью АУ машины было введение в него 4-го управляющего, ре-циркуляционного регистра, определяющего особенности выполнения операций целой и дробной частей слов, общее время выполнения операций. Для каждой операции в него вводился код из ДЗУ АУ [1].

9. АУ машины содержало диодное полупроводниковое ЗУ управляющих кодов каждой из 64-х операций машины [1, 3].

10. АУ машины, для ускорения, работало в асинхронном режиме.

11. Размещалось в одной стойке машины, смотри фото 1.

V. Устройство управления машиной: (руководитель А. Гильман, исполнители Н. Жеглова и Р. Садеков, позднее к.т.н.). В задачу исполнителей группы входила разработка принципиальных и монтажных схем на базе стандартных и одного не стандартного блока машины. Особенности системы управления:

1. Машина, в случае использования одно-числовых регистров, работала как трехадресная, при использовании только основной памяти, как одноадресная [3, 6].

2. В адресную часть каждой инструкции были включены ячейки переадресация, предложенные А. Гильманом, для сокращения числа инструкций программ. Этим были «заняты» все ячейки инструкций, не давшие впоследствии расширить памяти машины.

3. Генератор синхроимпульсов, обеспечивающий необходимую синхронизацию процессов управления всей машины, был собран в виде плоской матрицы на основе замкнутых цепочек из динамических триггеров I. в) на основе работ [4, 5].

4. Отдельные регистры выбранных адресов команд были выполнены на статических триггерах, собранных на основе принципа I. а).

Устройство управления со статическими регистрами и «переадресацией», синхрогенератором и коммутацией 32/64 разместились на 3-х панелях второй стойки машины.

VI. Ввод – вывод информации машины. На первом этапе создания машины в качестве устройства ввода – вывода информации был использован стандартный рулонный телеграфный аппарат с приборами ввода – вывода на 8-ми дорожечной телеграфной ленте. При последующих доработках машины спектр вводных и выводных устройств был расширен, в том числе на основе перфокарт. Этой частью работ занимался М. Брейдо.

VII. Стойка питания и вентиляции машины. Стойка питания по результатам разработки элементной базы машины и объему ее блоков, выданные автором настоящей работы, была разработана В.И. Королевым (позднее кф-мн). Все выпрямительные сборки были выполнены на «трофейных» селеновых столбах. Вентиляция, по тем же исходным данным, была рассчитана Е. Сабаевым и А. Сергиевским.

VIII. Кадры, разработчики, патентование, другое: Все основные разработчики - выпускники кафедры ТК РФ ННГУ. Л.В. Родыгин – выпускник кафедры, его дипломником был А. Тарантович, Эйнгорин – дипломник А. Гильмана. М. Брейдо и Г. Зарницин – дипломники М. Энгорина, Н. Жегорва и Р. Садеков – дипломники А. Гильмана. Дипломная работа А. Гончарова и, соответственно, его руководитель обнаружены не были. Для работы по «Машине ГИФТИ» из ГРТТ были взяты 3-и техника: А. Аралов, Л. Маркин и Т. Рожков. Учет и организацию контроля всех блоков машины вела З.С. Кечиева. Большую помощь в разработке оказывали директор ГИФТИ Я.Н. Николаев, главный инженер Б.А. Павельев и директор опытного производства – Г.В. Марчев.

Конструкторские работы обеспечивала О.В. Рукавишникова.

Я специально упоминаю разработчиков и исполнителей этой уникальной для своего времени разработки, ибо большинства из них, на сегодня, уже нет. Светлая им память.

«Машина ГИФТИ» стала одним из решающих факторов в создании одного из кибернетических направлений развития ННГУ. Машина состоялась только благодаря предельно продуманной элементной базе, принципам организации выполнения ее операций и конструкций. Без этих решений, как сама машина, так и многое последующее могло не состояться. Многие научно-технические решения по «Машине ГИФТИ» могли составить предмет изобретения, но этого не случилось в связи с малой компетенцией руководства в этом вопросе.

IX. Завершение работы над машиной. Всем создателям «Машины ГИФТИ» в 1958 году была объявлена благодарность (запись в трудовых книжках), выданы, значительные по тем временам, премии. «Машина ГИФТИ» была принята в эксплуатацию на базе программы созданной З. Баталовой.

X. Образование в области ЭВМ и программирования. На следующий год после окончания университета в 1955 году меня пригласили читать курс лекций по цифровым ЭВМ на физико-математическом факультете ННГУ (ГГУ). В первом потоке 1955 года были: В. Гольдберг, Г. Жислин ...; далее курс 1956 года: А.А. Мареев ...; далее курс 1957 года Ю. Первин, Ю. Кетков, ...; и далее до 1959 года. С 1960 года продолжил читать лекции на первом в СССР факультете ВМК. В то время, аналогичные лекции мной читались на физико-математическом факультете ГПИ, «Университете повышения квалификации инженерных кадров» региона.

XI. «Машина ГИФТИ» в работе. Первыми программистами на созданной машине были: З. Баталова, В. Корнилова и Ю. Кетков (позднее д.ф.-м.н.). Ими же были созданы первые стандартные программы и программы контроля функционирования машины. На машине было решено значительное число научно – технических задач по устойчивости ЯР, кристаллографии, экономических и технологических задач. Главное, был подготовлен широкий круг студентов и специалистов для решения задач на цифровых ЭВМ.

ХII. ВЦ и ПЛ ЭВМ ГИФТИ при ГГУ (ННГУ). На основе успешной разработки и пуска машины в эксплуатацию приказами Минвуза СССР в 1958 году в ГГУ были созданы: Вычислительный центр, в который была включена созданная машина, ряд аналоговых машин и создана Проблемная лаборатория ЭВМ (ПЛ ЭВМ ГИФТИ при ГГУ). С 1958 года я вошел в эту лабораторию, с 1964 года ее возглавил.

ХIII. Специализированные машины разработки ПЛ ЭВМ. Технический прогресс, наука и активно развивающиеся космические работы в СССР ставили много новых научно-технических задач. Одной из таких задач в 1959 году было исследование отражения радиоволн от «облака» иголок, запущенных ракетой Великобритании по совместной с НИРФИ программе «Джорднл-Бэнк». В рамках программы на полигоне НИРФИ «Зименки» было решено построить три 15-ти метровых радиотелескопа. Им было необходимо точное управление. Один из руководителей НИРФИ М.М. Кобрин обратился ко мне. Просчеты показали, что универсальные цифровые машины того времени с задачей не справятся, ибо необходимо быстроедействие не менее 20 млн. операций в секунду. На тот момент быстроедействие составляло не более 1 млн. оп/сек. Решения были найдены на основе регистров, линейных интерполяторов, цифровых датчиков обратной связи и преобразователей код-аналог для управления аналоговыми силовыми приводами телескопов. Одновременно фактически был изобретен цифровой бесконечного усиления принцип управления, за счет которого точность работы цифровой – аналоговой системы был повышен до одного цифрового дискретного шага (10 угловых секунд) системы управления.

Для реализации цифровой системы управления комплекс логических элементов «Машины ГИФТИ» был переработан на полупроводниковую основу. В результате тот же блок 4-х инверторов выглядел, как это показано на фото 4. Функциональная сборка новой системы из 20 блоков показана на фото 5. Вся система управления СПУ–1 была размещена в двух тумбах стола, на верхней части которого были собраны все органы управления и отображения функционирования системы, смотри фото 7 в его правой нижней части.



Фото 4. Блоки ЦСУ Фото 5. Функциональный блок системы.

Другой особенностью созданной в 1959–1960 гг. системы была ее высокая точность ± 10 угловых секунд и 0,1 временных секунд - точность привязки к единому стандарту времени. Кроме того, система обеспечивала широкий спектр скоростей, высокую надежность, минимальный объем вводной информации с перфоленты от ЭВМ, наглядность функционирования системы, возможность контроля результатов управления, отчетность, возможность быстрой проверки системы и ее восстановления.



Фото 6. Один из радиотелескопов. Фото 7. Работа на системе СПУ – 1 на полигоне.

Основные участники разработки: О. Герасимов, Б. Зимин, А. Преображенский, И. Еремина, Н. Репников и конструкций Л. Яснева, Главный конструктор М. Эйнгорин.

После успешных работ над системой СПУ-1 на полигоне «Зименки» к нам обратились представители московского «НИИП» (приборостроения) имени академика Рязанского с предложением разработать цифровую систему управления для строящейся антенной системы ТНА-400 с 25-ти метровым диаметром зеркала на крымском полигоне под г. Симферополем. Работа шла под шифром МВ (Марс - Венера). Начав работу с новым заказчиком, мы встретились с новыми, достаточно «жесткими» требованиями к функционированию нашей системы: надежность, широкий спектр рабочих температур, работоспособность системы при отключении питания. Возникла необходимость введения нелинейной интерполяции, введение «ветровых» и «температурных» коррекций при слежении, нелинейных поправок по углу места в связи с рефракцией атмосферы. Точность работы системы была повышена до $\pm 5''$ угловых секунд. Дополнительно формировались цифро-аналоговые сигналы скорости. Ленты вводной информации и результатов управления, для возможности сличения, должны были быть идентичны. Система должна иметь «горячий» резерв, блок анализа и коммутатор, для быстрого перехода с одной системы управления на «резервную». После анализа параметров разработки стало очевидным, что необходима разработка фактически новой системы. Было также очевидным, что никакая цифровая ЭВМ того времени, в реальном масштабе времени, справится с подобной задачей не сможет, а принятый принцип специализированной машины на регистрах и, уже нелинейных интерполяторах, может обеспечить выполнение подобной разработки. Задание было согласовано к сентябрю 1960 года, а к середине 1962 года полный двойной комплект СПУ-2 (разработанный, изготовленный и отлаженный сотрудниками ПЛ ЭВМ) был установлен на полигоне под г. Симферополем.

Разработчики системы СПУ-2: О. Герасимов, А. Преображенский, И. Еремина, Н. Репников, Л. Яснева, другие сотрудники ПЛ ЭВМ, Главный конструктор – М. Эйнгорин. Система, в виде двух полукомплектов коммутатора, стоек питания и регистрации, коммутатора полукомплектов представлена на фото 9. На фото 8 показана антенная система ТНА – 400, к сожалению, сфотографированная после ее фактического разорения при управлении Крымом «не залежной» Украиной (1991 – 2014 годы). Тому же полному разорению подверглась аппаратура и помещение фото 9, аппаратура других помещений.



Фото 8. Антенная система ТНА – 400 с диаметром зеркала 25 метров на крымском полигоне под городом Симферополь.



Фото 9. Два комплекта СПУ – 2, установленные на космическом пункте г. Симферополя.

На базе СПУ-2 и антенной системы ТНА-400 был выполнен значительный объем работ, в том числе с первым, посаженным на поверхность Луны аппаратом, многие другие работы с участием «обитаемых» кораблей СССР. В промежутках между регулярными сеансами связи на антенной системе ТНА-400 работали ученые (без каких либо оплат), выполняя «свои» научно-исследовательские программы. На фото 10 показан один из стандартных блоков системы СПУ-2, на фото 11 – прибор контроля блоков системы.



Фото 10. Блок СПУ– 2 Фото 11. Прибор контроля блоков СПУ – 2.

По результатам успешной разработки и функционирования СПУ – 2 «Заказчиком» было предложено (ГИФТИ и ПЛ ЭВМ) «доработать» систему до «серийного» образца с выпуском серии на опытном заводе МОМ и «серийном» заводе «Микроприбор» г. Львова.



Фото 12. Антенная система АДУ - 1000.

Серийная система была названа СПУ-3 и была «доработана» в виде многих модификаций для возможности ее установки на всех существующих и строящихся «больших» антенных системах СССР того времени. На всех «важнейших» космических работах, в обязательном порядке, присутствовали представители главного конструктора или разработчика – ПЛ ЭВМ, для чего в лаборатории (разросшейся до размеров отдела со своими лабораториями), была создана специальная квалифицированная группа. Она же принимала экзамены у «местных» специалистов на право работы на СПУ-3. Это относилось и к системам заводского или серийного производства, что избавило СПУ-3 от «сбоев» в работе. На системы СПУ 1 - 3 разработчиками был получен ряд свидетельств на изобретения, говорящие о новизне и, соответственно, качестве выполненных разработок.

В связи с расширившимся воспроизводством в СССР интегральных микросхем «заказчиком» была выдвинута просьба: перевести разработки ПЛ ЭВМ по СПУ на стандартные микросхемы, в основном, серии 133 и конструктивы «заказчика». ПЛ ЭВМ и я, как Главный конструктор систем, приняли эту просьбу. При этом, с «заказчиком» было согласовано расширение самого задания на СПУ. Так, например, система должна иметь три управляемых координаты для «работы» с антенными системами с «наклоняемой» вертикальной осью. В этом случае азимутальная «переброска» луча антенны происходит на меньших скоростях, чем это было бы при двух координатном построении антенны и ее управления. Режим был необходим при прохождении объектом слежения зенита. Система СПУ-4 была разработана, изготовлена и испытана, далее была отправлена на полигон.

Общий вид системы представлен на фото 13: система имела значительные габариты, представляющие собой две стойки и пульт управления. Основные участники разработки системы СПУ-4: В. Быков, В. Горбачев, А. Преображенский, А. Тарантович, Л. Яснева, другие.



Фото 13. Общий вид системы СПУ-4, на серийных микросхемах и конструктивах «Заказчика».

Предполагалось передача СПУ-4 в серийное производство. Но я, как главный конструктор, предложил заказчику не передавать систему на производство в связи с ее громоздкостью и сложностью. Предложил разработать систему, на основе работы [4], на базе динамических «регистровых структур». Предложение было принято. В результате была разработана цифровая динамическая система СПУ-5 в конструктивах «заказчика». Она имела физический объем в десятки раз меньше СПУ 1 - 4, меньшее потребление энергии, параметры превосходили параметры СПУ 1 - 4. Два комплекта систем СПУ-5 были изготовлены силами ПЛ ЭВМ, испытаны, один комплект был установлен на полигоне для управления новейшей антенной системой ТНА-1500, один «оставлен» для работы с серийным заводом «Микроприбор» г. Львова, где вновь было налажено серийное производство систем СПУ-5. Авторами разработки ПЛ ЭВМ было получено не менее полутора десятков свидетельств на изобретения. На фото 14 показан блок – плата системы, на фото 15 прибор для их проверки и испытаний плат системы, на фото 16 (слева, снизу) сама система СПУ-5, над ней и справа стандартные, промышленные печатающие и «принимающие» входную информацию устройства.



Фото 14. Одна из плат системы СПУ - 5. Фото 15. Прибор контроля плат плат СПУ-5.



Фото 16. Трех-координатная система управления СПУ - 5.

На фото видна передняя панель СПУ-5 со светодиодной панелью и двухкоординатным ее управлением. Для расширения области использования системы СПУ-5 для нее был разработан дополнительный блок «стыковки» с приборами СКВТ, фото 17, которыми были оснащены отдельные антенные системы, в том числе антенный комплекс АДУ-1000 под городом Евпатория, Крым. На фото 12 показан антенный комплекс АДУ – 1000.

Основные участники разработчики системы СПУ-5: Н. Макаров – зам. главного конструктора, Н. Рындовская, О. Колотилкины, В. Чевачина, И. Хайсман, В. Королев, Н. Репников, А. Таранович, В. Гоносков, Н. Жеглова, Г. Луннова, Л. Булюкина, другие, М. Эйнгорин – Главный конструктор.



Фото 17. Преобразователь сигналов СКВТ – цифра, на две координаты СПУ - 5.

На фото 18 представлена антенная система ТНА-1500 которая установлена под Москвой и первая оснащенная системой СПУ-5 изготовления ПЛ ЭВМ ГИФТИ. Вокруг видны «взрослые» деревья, представляющие относительные размер самой антенны. Любые две системы СПУ-5 содержали подсистемы их объединения. Системы СПУ-5 были оснащены принципиально новыми блоками «разгона» и «торможения», ибо столь массивная антенная система, как ТНА-1500, не могла немедленно набрать необходимую скорость и быть остановлена.



Фото 18. Антенная система ТНА - 1500, диаметр зеркала 69 метров.

К сожалению, после приобретения независимости, Украина отказалась от производства для России систем СПУ-5.

Цифровые системы на регистровых структурах и интерполяторах были построены как спецмашины, ибо их эквивалентная компьютерная скорость составляла не менее 20 млн. операций в секунду, на то время 1959 - 1990 годы подобных машин еще не существовало.

Все системы разработки от СПУ- 1 до СПУ-5 были созданы, на основе изобретений, принадлежащих ПЛ ЭВМ, так, что в цепи с аналоговыми приводами, обеспечивали практически бесконечный коэффициент усиления. Это, в свою очередь, обеспечило высочайшую точность работы систем в $\pm 5''$ минимального углового шага. При этом, каждая из систем СПУ 1 – 5 имела широкий спектр временных интервалов вводимых данных и «свой» оригинальный, на базе АС, принцип нелинейной без процессорной интерполяции данных и комбинаций их объединения.

Необходимым отметить, что разработки, в которых я принимал участие как главный конструктор, цифровые системы управления большими антенными комплексами космических пунктов СССР, разработанные в период с 1959–1990 гг., работают и сегодня. Они построены на глубоко продуманной элементной базе и на основе оригинальных принципов построения цифровых систем управления. В связи с развитием робототехники, сегодня мой интерес переключился на исследование элементной базы живых систем [9], в том числе и их памяти.

Необходимым отметить, что разработки, в которых я принимал участие как главный конструктор,

ХIII. Микромашина на регистровых структурах. Если вспомнить о прошлом, то не могу не сказать начатую мной в 1961 году разработку аналога «Машины ГИФТИ» на основе динамических регистровых структур [4]. В то же время в ПЛ ЭВМ успешно работала память на основе 32-х тонкопленочных магнитных дисков, плавающих над 32 полированными поверхностями и плавающих магнитных головках, без оправок, фото 3. Для минимашины были разработаны блоки на 4 транзистора, секции, каждая на 20 блоков и каркас блока машины на 5-ть секций. Объем конструкции «электроники» машины был (12 x 16 x 20) см. Мной были разработаны все схемы машины, в ЭМ ГИФТИ изготовлен каркас, секции и блоки машины, фото 19. Работы пришлось прекратить в связи с огромной загруженностью по системе СПУ-2, отсутствием финансирования разработки. Если бы микромашину возможно было «довести» до реализации, то она стала бы самой малой машиной в мире того времени. Жаль, что СССР не оказался первым разработчиком ПК.



Фото 19. Каркасы малой ЭВМ на динамических регистрах структурах по [4].

Исполнителем по магнитным дискам был Е. Евдокимов. Позднее для системы СПУ 4 он же наладил производство печатных плат и оснастки для их производства. В его же технологической лаборатории ПЛ ЭВМ были созданы магнитные пленки для ЗУ (на вакуумной установке) с получением АС на изобретение. И вновь жаль, что по многим административным причинам того времени их не удалось превратить в микросхемы оперативной памяти большой (для того времени) емкости. Думаю, что работа и сегодня не потеряла свою актуальность.

Цифровой групповой кардиомонитор сердечной деятельности



Еще одна разработка ПЛ ЭВМ, она касается медицинской техники. Это кардиомонитор для обеспечения контроля за 5-ю больными. Разработчик Н.Д. Репников. При ЧП с сердцем, система вызывала медперсонал к указанному больному. Систему в производство, к сожалению, внедрить не удалось, это 1964 год. В московском институте, куда мы обратились, к производству и использованию были свои – ламповые разработки в рост человека.

Фото 20. Цифровой, полупроводниковый кардиомонитор палат больниц «интенсивной» терапии.

XV. Заключение.

На рубежах 60-80-х годов прошлого столетия для создания цифровых систем управления 2-х - 3-х координатными объектами с достаточно высокими техническими характеристиками нам потребовались системы управления, выполненные не на процессорных структурах, а на принципах, как это было реализовано на базе СПУ. Сегодня скорость работы одиночных вычислительных средств существенно превысила 20 мега операций в секунду. Оснадив их преобразователями для "стыковки" с объектами управления мы относительно легко решаем задачи управления. При необходимости, можем использовать многопроцессорные системы, активно разрабатываемые и внедряемые сегодня. Но это временное решение, ибо для управления существенно более сложными живыми объектами природа не использует системы с процессорами, работа которых основана на арифметических операциях, программах и инструкциях управления. Поэтому будущие системы управления, предназначенные для постоянно усложняющихся объектов, очевидно, будут основаны на иных принципах, чем современные компьютеры и многопроцессорные системы. Природа использует оптимальные решения задач управления, чем сегодня использует человек. Мозг человека и других живых существ сегодня решает существенно более сложные, при своих меньших объемах, задачи, быстрее и имеют более высокую надежность при полном отсутствии (!) процессорных систем.

Задача будущего, понять структуры мозга, математические основы его построения и осуществить реализацию аналога мозга доступными человеку средствами. На сегодня же можно сказать, что решения на базе регистровых структур и интерполяторах были более перспективными, чем даже на основе современных программных вычислительных систем. Многопроцессорные системы - это один из тупиковых направлений развития и управления сложными объектами, хотя на сегодня, снимающими проблему точного управления. Мы имели печальный опыт создания предельно громоздкой единой цифровой системы управления одним из московских автозаводов на базе единого вычислителя. Работа не дала необходимых результатов. Научно-техническую историю и события следует помнить, анализировать и делать выводы, чтобы идти и развиваться дальше с меньшим числом глобальных ошибок.

Литература.

1. Эйнгорин М.Я., «Об одном арифметическом устройстве последовательной электронно-вычислительной машины». Труды конференции «Пути развития советского математического машиностроения и приборостроения», 12 - 17 марта 1956 года, том 1, стр. 92-102, г. Москва.
2. Эйнгорин М.Я., «О системах уравнений алгебры логики и синтезе дискретных управляющих схем с обратными связями», Известия высших учебных заведений, ж. «Радиофизика», т. I, № 2, 1958 год.
3. Эйнгорин М.Я., «О некоторых операциях реализуемых вычислительной машиной последовательного действия», Известия высших учебных заведений, ж. «Радиофизика», т. V, № 2, 1962 год
4. Эйнгорин М.Я., «Динамические задержки, регистры и триггеры без сдвига информации», Известия высших учебных заведений, ж. «Радиофизика», т. V, № 5, 1962 год.
5. Эйнгорин М.Я. «Теория ре-циркуляционных запоминающих устройств и генераторов», Известия Вузов , ж. «Радиофизика», т. VI? № 5, 1964 год.
6. Эйнгорин М.Я «Как создавалась первая цифровая последовательная ЭВМ в СССР - Машина ГИФТИ», монография, Федеральное агентство по образованию, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Издательство Нижегородского госуниверситета, 2007 год, ISBN 978-5-91326-015-4.
7. Эйнгорин М.Я. Презентация систем цифрового управления (СПУ) большими антенными комплексами космической связи и управления: http://kik-sssr.ru/download/sistemy_upr.afu.pdf
8. Эйнгорин М.Я., Н. Макаров, другие. Изобретения и соответствующие А.С СССР № 282425, 409260, 951336, 1012437, 1034977, 1049557, 1164068, 1331310, 1220900, 1257819, 1305412, 1640827, 1691519 ... всего более 50.
9. Эйнгорин М.Я. «Основы синтеза структур нуклеотидов, грамматик и генов живых систем», С. 174, ISBN 987-5-9904043-2-8, г. Нижний Новгород, 1917 год,

Роль графики в обучении программированию: от Рапиры до Python'a

Юнерман Нина Ароновна, к.пед.н.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина
Екатеринбург, Россия
Nina.Gein@yandex.ru

Одно из важных свойств в восприятии человеком информации – его уникальная способность быстро анализировать визуализированную информацию. Механизмы этой способности не до конца поняты и пока не воспроизводимы в полной мере в компьютерных системах, но это не означает, что ею следует пренебрегать, например, при изучении алгоритмизации и программирования. Поэтому в группе школьной информатики, созданной А.П. Ершовым в ВЦ СО АН СССР в середине семидесятых годов прошлого столетия, идея использовать визуализацию в методических целях была одной из ключевых. Применение этой идеи заключалась в том, чтобы исполнение алгоритма сопровождалось построением некоторого геометрического образа. В этом случае логические ошибки алгоритмизации обнаруживались бы именно в том месте, где они происходили, а не в результате получения неверного результата расчёта в целом или невыполнимости какой-либо команды в силу более ранних ошибок (например, деления на число 0 или извлечения корня из отрицательного числа, хотя сами эти числа ошибочно возникли гораздо раньше).

Проблема реализации идеи состояла в том, что в то время программирование рисования даже простейших геометрических фигур – отрезка прямой, дуги окружности и т.д. – в существовавших тогда системах математического обеспечения графопостроителей требовало значительных дополнительных усилий. Это отвлекало от решения основной задачи обучения. Чтобы преодолеть эти препятствия была создана система ШПАГА (Школьный ПАкет Графических процедур, Адаптированный), система команд которой предусматривала непосредственное создание нужных графических примитивов с заданными параметрами [1]. Сегодня это звучит достаточно банально, но в тот период ничего подобного ещё не было.

Сопряжение системы ШПАГА с разработанным тогда же языком программирования РАПИРА с русской нотацией позволило полноценно выстроить методику обучения школьников основам программирования с использованием геометрической наглядности исполнения создаваемых учащимися программ. Соответственно был разработан комплекс заданий для учащихся разных возрастных категорий. Часть из них была опубликована в [2 – 6].

К моменту появления компьютерного курса информатики в школе (1990 г.) идея геометрической визуализации исполнения алгоритма была «скрещена» с идеей использования учебных исполнителей. Из трёх учебников, допущенных в то время к использованию в преподавании информатики в компьютерном варианте, два предусматривали учебное программное обеспечение с графическими исполнителями ([7, 8]). Необходимо, конечно, отметить, что у этой идеи был прототип в виде Лого-черепашки, но русскоязычная версия Лого появилась значительно позже (и с этого момента использовалась в преподавании информатики, правда, в довольно ограниченном объёме из-за дороговизны продукта). В то же время в школьных учебниках информатики появились визуализированные исполнители, работающие на клетчатом поле (Робот [8], Паркетчик [9]). Их методическая направленность состояла в визуализации не только исполнения алгоритма, но и простейших структур данных, таких, как массив и стек.

В конце XX века в школу вместе с более совершенной техникой пришло изучение информационных технологий, в том числе графических редакторов. Это было время, когда вообще активно обсуждалось, нужно ли в общеобразовательном курсе учить алгоритмам и тем более программированию. Такой постановке вопроса содействовал целый ряд факторов. Во-первых, и школьникам, и их родителям было совершенно очевидно, что владение информационными технологиями (а они не были тогда широко доступны на бытовом уровне) повышает конкурентную способность выпускника. Во-вторых, учительский корпус справедливо считал преподавание технологий более лёгким по сравнению с преподаванием программирования. В-третьих, количество часов, отводимых на изучение информатики совершенно недостаточно для того, чтобы и технологии, и программирование изучить на достаточно высоком уровне. Нужно было выбирать, и выбор, как правило, делался в пользу технологий. В-четвёртых, активно проводилась идея исключения учебных исполнителей из курса информатики, а обучение алгоритмизации и элементам программирования вести сразу на каком-либо языке (преимущественно на Бейсике или Паскале).

Что касается учебных исполнителей, то здесь положительную роль в их возвращении в курс школьной информатики сыграл единый государственный экзамен (ЕГЭ). В экзаменационных заданиях фигурирует немало формальных исполнителей, работающих с последовательностями чисел, символьными строками, в том числе и на клетчатом поле. Стало понятным, что школьников надо знакомить с общим понятием формального исполнителя алгоритма. Графические исполнители (Чертёжник, Черепаха) заняли своё место в учебниках для пропедевтического курса информатики ([10]), а исполнители на клетчатом поле заняли своё законное место в базовом курсе средней школы ([11, 12]).

Современные языки программирования оснащены достаточно богатыми графическими библиотеками. Это позволяет реализовывать указанную идеологию непосредственно при изучении языка программирования. В прошедшем учебном году в одном из классов Специализированного учебно-научного центра (СУНЦ) УрФУ при изучении языка программирования Python учащимся были предложены те же задачи, которые рассмотрены в [2 – 6]. Эти задачи и у нынешних школьников вызывают интерес. Значительное увеличение возможностей современных компьютеров по сравнению с тем, что было в 80-е годы прошлого столетия, позволило формулировать и более сложные задачи со значительно более весомым исследовательским компонентом. Современный язык программирования позволяет учащимся получать результаты, более широко варьируя параметры, за счёт более высокой скорости проводить эксперименты в большем объёме и в режиме реального времени. Особенно эффективным и потому повышающим эффективность является применение анимации.

Хотим в заключение подчеркнуть, что идеи, рожденные более 40 лет назад, не только не утратили своего значения, а могут быть более продуктивно использованы в современных условиях.

Литература

1. Салихова А.К., Соколова Н.А. Комплекс процедур машинной графики ШПАГА // Н.: 1979. – 12 с. (Препринт / АН СССР. Сиб. отделение, ВЦ; 169).
2. Салихова А.К., Соколова Н.А. Графическая система Шпага. / Квант, 1980, № 1. – с. 56 – 59.
3. Юнерман Н.А. Использование графической системы ШПАГА при введении основных понятий программирования // Инфо, 1988, № 1. – с. 52 – 55.
4. Глаголева Н.Г., Юнерман Н.А. Основные понятия языка Рапира // Инфо, 1989, №№ 1 – 4.
5. Первин Ю.А. Заочная школа программирования: циклы // Квант, 1980, № 9. – с. 52 – 57.
6. Юнерман Н.А. Программирование задач в полярной системе координат // Квант, 1980, № 10. – с. 47 – 59.
7. Основы информатики и вычислительной техники. Учебник для сред. учеб. заведений. / А.Г. Гейн, В.Г. Житомирский, Е.В. Линецкий и др. – М.: Просвещение, 1990. – 254 с.
8. Основы информатики и вычислительной техники. Учебник для сред. учеб. заведений. / А.Г. Кушниренко, Г. В. Лебедев, Р.А. Сворень и др. – М.: Просвещение, 1990. – 224 с.
9. Информатика, 7 – 9 кл.: Учебник для общеобразоват. учеб. заведений. / А.Г. Гейн, А.И. Сенокосов, В.Ф. Шолохович – М.: Дрофа, 1998. – 240 с.
10. Информатика: алгоритмика: учебник для 6 кл. общеобразоват. учреждений. / А.К. Звонкин, С.К. Ландо, А.Л. Семёнов – М.: Просвещение, 2006. – 239 с.
11. Информатика, 7 класс: учебник для общеобразоват. учреждений. / А.Г. Гейн, Н.А. Юнерман, А.А. Гейн. – М.: Просвещение, 2012. – 191 с.
12. Информатика, 8 класс: учебник для общеобразоват. учреждений. / А.Г. Гейн, Н.А. Юнерман, А.А. Гейн. – М.: Просвещение, 2013. – 159 с.

Развитие направления автоматизации проектирования средств ВТ на Казанском заводе ЭВМ

Якимов Игорь Максимович: к.т.н.

Казанский национальный исследовательский технический университет
имени А. Н. Туполева
yakimovigormaks@mail.ru

Бадрутдинова Маргарита Шамсутдиновна

АО «АйСиЭл – КПО ВС»
директор музея «История вычислительной техники в Казани», Казань
MBADR@icl.kazan.ru

При создании универсальных ЭВМ I-го и II-го поколений в нашей стране системы автоматизированного проектирования (САПР) не применялись. Имелись лишь отдельные, не связанные между собой программы, чаще всего расчётного характера. Значительное усложнение вычислительной техники, связанное с переходом к III-му поколению ЭВМ, потребовало кардинального изменения процесса проектирования и производства вычислительной техники с переходом к повсеместному использованию САПР.

Директор завода В.Н. Иванов понимал необходимость ускоренного развития на заводе САПР и невозможность оставаться передовым предприятием без её наличия. Для организации работ по САПР по инициативе В.Н. Иванова в СКБ завода в начале 1974 года был приглашён к.т.н. И.М. Якимов, организовавший в СКБ отдел по автоматизации проектирования.

Следует отметить, что ещё раньше в СКБ была разработана система автоматизированного проектирования проводного монтажа панелей и рам ЭВМ и автоматизированная система технологического процесса (АСУТП) бездефектного проводного монтажа. АСУТП была создана по инициативе заместителя главного инженера СКБ Г.Н. Матвеева. Непосредственный руководитель разработки аппаратного обеспечения АСУТП – начальник КБ СКБ В.М. Платонова, руководитель разработки программного обеспечения САПР и АСУТП Л.М. Шаймарданова.

Отдел был создан в период, когда в сжатые сроки интенсивно шло проектирование ЕС-1033 и времени на «раскачку» фактически не было, поэтому на отдел были возложены работы по созданию программ для тестирования ТЭЗ и проектированию проводного монтажа. Развитие работ по САПР было всесторонне поддержано главным конструктором ЕС-1033 В.М. Гусевым. Работами по проектированию тестов для ЕС-1033 руководил Е.И. Дудулин. Достоверность проверки ТЭЗов разработанными тестами составила более 90%, что является очень хорошим результатом, так как электрические схемы ТЭЗ ЕС-1033 были повышенной сложности по сравнению с другими ЭВМ Единой системы.

Параллельно с работами по ЕС-1033 проводились работы по автоматизированному проектированию двухсторонних печатных плат и проводного монтажа для программно-технического комплекса (ПТК) «Барс», разработанного институтом кибернетики им. В.М. Глушкова. ПТК «Барс» предназначен для управления удалёнными терминалами в ЭВМ. Руководитель работ по ПТК «Барс» в Казани - начальник КБ М.Ш. Бадрутдинова оказала серьёзную помощь в освоении САПР и внедрению результатов автоматизированного проектирования в производство конкретного изделия. Работами по проектированию двухсторонних печатных плат для ПТК «Барс» руководил инженер-конструктор В.Ш. Мухамеджанов.

Основной состав разработчиков составили молодые специалисты, окончившие КАИ и КГУ. Начальниками КБ были приглашены высококвалифицированные специалисты - разработчики АСУ из ГНИПИ ВТ - А.С. Краснова, Е.И. Дудулин и Н.В. Архипова

Часть сотрудников была направлена для обучения и совместной работы по созданию Единой системы автоматизации проектирования электронной вычислительной техники (ЕСАП ЭВТ) в отделение автоматизации проектирования НИЦЭВТ, возглавляемое А.И. Лазаревым. Существенную роль в подготовке казанских специалистов оказали: главный инженер отделения В.П. Горелов, начальник отдела О.Ф. Мясин, ведущий инженер А.В. Шмид (позднее начальник отделения). Тесное сотрудничество с НИЦЭВТом позволило освоить и успешно использовать на заводе две системы по автоматизированному проектированию тестов ТЭЗ.

Первая освоенная система, построенная на основе метода генерации случайных тестов, разработана под руководством Шмида А.В. Вторая, построенная на основе регулярного метода, разработана под руководством Матюхина Б.Н. Внедрённая на заводе автоматизированная система проектирования многослойных печатных плат разработана под руководством Гинзбурга Д.В. В рамках распределения работ по созданию ЕСАП ЭВТ представитель казанского завода ЭВМ И.М. Якимов приказом по Министерству

радиопромышленности СССР назначен главным конструктором ЕСАП ЭВТ по конструктиву «стойка-устройство».

Теснейшие связи КЗ ЭВМ установил с КАИ и КГУ - с КАИ были установлены с проректором по учебной работе, профессором Ожигановым и заведующим кафедрой ЭВМ профессором В.А. Песошиным - разработчиком устройства генерации случайных чисел ЕС-6903, одной из функций которого был контроль ТЭЗ на основе метода генерации случайных тестов. Доцент кафедры КИПЭВА А.В. Подшивалин руководил работами по подсистеме тепловых расчётов.

В КГУ распределением молодых специалистов для КЗ ЭВМ руководили декан факультета ВМК профессор А.В. Сульдин и заместитель декана доцент О.Б. Соколов. Разработкой подсистемы тепловых расчётов руководили доценты (позднее профессора) А.Н. Соломатин и В.А. Чугунов.

Эти контакты позволили в кратчайшие сроки создать подразделение САПР и за восемь лет довести его численность до 100 человек.

В 1975 году был заключён договор по разработке программного обеспечения САПР с МВТУ им. Н.Э. Баумана. На завод были направлены три выпускника МВТУ, а в дальнейшем пять сотрудников завода закончили аспирантуру в МВТУ и защитили кандидатские диссертации - П.А. Зиновьев, Н.С. Киселёв, В.А. Руденко, Э.Т. Емелев, М.И. Кошкин. Существенный вклад в подготовку кадров по САПР внесли профессора МВТУ И.П. Норенков по логическому и электрическому проектированию схем и В.А. Овчинников по компоновке ТЭЗ и панелей ЭВМ.

Через восемь лет с основания подразделения САПР на заводе имела мощная ЕСАП К с информационным обеспечением, построенным на базе данных «ОКА» и набором подсистем собственной разработки и заимствованных в НИЦЭВТ:

1. Проектирования двусторонних и многослойных печатных план ТЭЗ
2. Проектирования тестов ТЭЗ
3. Размещения микросхем в ТЭЗах
4. Компоновки ТЭЗ и панелей
5. Проектирования микропрограмм
6. Сопровождения средств вычислительной техники в производстве и у пользователей
7. Моделирования специализированных ТЭЗ
8. Тепловых расчётов
9. Анализа прочности конструкций
10. Функционального и логического проектирования БИС.

Две последние подсистемы разработаны при участии Ф.А. Григорьева.

Подсистема функционального и логического моделирования БИС, разработанная под руководством КБ Н.С. Киселева, была успешно использована при проектировании партии из 12 БИС объёмом до 10000 элементов на один кристалл. Проектируемые БИСы покрыли все логические потребности ЭВМ ЕС-1033. Большую заинтересованность и личное участие в этих работах проявили главный конструктор ЭВМ В.Ф. Гусев и главный конструктор БИС М.З. Шагивалеев.

По набору подсистем ЕСАП К, как минимум, не уступала ЕСАП НИЦЭВТ и ЕСАП М Минского НИИ ЭВМ. Существенным достоинством ЕСАП К является обеспечение применения результатов автоматизированного проектирования непосредственно в АСУ ТП цехов и стендовой аппаратуры завода. Особенность ЕСАП К - наличие подсистемы сопровождения средств вычислительной техники в производстве и у заказчиков. Средства вычислительной техники выпускались на заводе партиями и была необходимость хранить конструкторскую документацию по каждой партии. Это обеспечивало возможность проведения «нулевых» доработок, которые необходимо вносить во все ранее выпущенные изделия.

Наличие такой мощной САПР, подтвержденной успешным проектированием и производством ЕС-1033, позволяло заводу рассчитывать на самостоятельную разработку следующей ЭВМ, но это предложение завода было отклонено и вместо было предложено разработать терминальную ЭВМ ЕС-1007, процессор телеобработки данных ЕС-8375 и сетевой микропроцессорный адаптер ЕС-8170. Это были последние разработки средств вычислительной техники заводом, при проектировании которых свыше 95% конструкторской документации получено с помощью ЕСАП К.

В дальнейшем основными определяющими изделиями завода стали разработанные ЕрНИИММ ЕС-1045 и ЕС-1046. Своевременность организации службы САПР полностью подтвердилось при организации производства ЭВМ ЕС-1045 и ЕС-1046, при проектировании которых с помощью системы «Автопроект» было получено свыше 90% конструкторской документации. Сопровождать производство этих ЭВМ без САПР было просто невозможно. Поэтому было организовано подразделение в системе «Автопроект», возглавляемое А.С. Красновой. Руководство организацией работ по производству ЕС-1045 и ЕС-1046 на заводе было возложено на подразделение завода, возглавляемое М.Ш. Батрутдиновой, которая внесла существенный вклад в освоение системы «Автопроект» и осуществляла координацию всех работ с ЕрНИИММ. Со стороны ЕрНИИММ наибольшую роль в сотрудничестве с заводом сыграли начальник отделения С.Г. Саркисян, Э.Т. Лазарян (тесты ТЭЗ), и С.Л. Амбарян (трассировка монтажа), Главный конструктор ЕС-1045 и ЕС-1046 А.Т. Кучукян.

При переходе производства от стендовой аппаратуры к АСУ ТП было организовано инженерное подразделение (Н.И. Лисина) для освоения и разработки пакетов прикладных программ ППП и АСУТП. Наиболее выдающихся результатов по разработке АСУТП и ППП достигли В.В. Девятков и В.И. Трегубов, защитившие кандидатские диссертации.

Работы завода по САПР и АСУ ТП неоднократно экспонировались на ВДНХ СССР и получили высокую оценку, а авторы работ награждены медалями ВДНХ. Сотрудники завода регулярно выступали на республиканских и всесоюзных конференциях и публиковали свои работы в научных журналах.

ЭВМ ЕС-1033: создание, особенности структуры и элементной базы

Ярмухаметов Азат Усманович

Казанский компьютерный музей
azaty1@gmail.com

Ключевые слова: ЕС-1033, магистральная структура, КЗЭВМ

Электронная вычислительная машина средней производительности семейства Ряд-1 ЕС-1033 – наиболее массовая ЭВМ средней производительности. Она разработана Специальным конструкторским бюро Казанского завода ЭВМ (СКБ КЗЭВМ) и серийно выпускалась им с 1976 по 1983 год. Было выпущено 2300 товарных комплектов, не считая технологических машин для нужд производства. Производительность ЕС-1033 220 тыс. оп/сек. на научно-технических задачах с плавающей запятой двойной длины и 150 тыс. оп/сек. на планово-экономических задачах десятичной арифметики, на регистровых операциях формата RR порядка 1 миллиона оп/сек. Машина программно-совместима со всеми ЭВМ Ряд-1, полностью соответствовала принципам работы IBM/360, но аппаратно совершенно оригинальна, в отличие от ЕС-1030. Технические решения, воплощённые в ЕС-1033 защищены 17 авторскими свидетельствами СССР и более 90 патентами и выкладками зарубежных стран, в том числе США, Великобритании, Японии, ФРГ.



Предпосылки создания ЕС-1033

С 1969 года Казанский завод ЭВМ (КЗЭВМ) выпускал машину М-222 также разработки СКБ завода. Машина пользовалась устойчивым спросом, особенно у заказчиков из Министерства обороны ввиду высокой надёжности и неприхотливости. В частности, ею были оснащены научно-измерительные пункты ЦУКОС (в/ч 32103) от Евпатории до Камчатки.

Время транзисторных ЭВМ подходило к концу, наступала пора машин третьего поколения на интегральных схемах. Программно-несовместимые аппаратно разнообразные машины существенно тормозили их широкое использование в народном хозяйстве СССР. Правительством совместно с Академией наук было принято решение о создании Единой Системы ЭВМ. В качестве прототипа семейства была выбрана System/360 американской фирмы IBM, как наиболее прогрессивная на тот момент. Кстати, и многие зарубежные фирмы, такие как Сименс, Амдал, Фуджитсу и Хитачи копировали принципы работы системы (де-факто – мировой стандарт архитектуры). Разработка моделей ЕС-1020, ЕС-1030 и ЕС-1050 первой очереди ЕС ЭВМ была поручена соответственно Минскому филиалу НИЦЭВТ, Ереванскому НИИММ и НИЦЭВТ. Серийный выпуск ЕС-1030 было поручено Казанскому заводу ЭВМ. СКБ КЗЭВМ, не смотря на опыт разработки и освоения в производстве ЭВМ М-222, не получило места в Программе разработки моделей Ряд-1 ЕС ЭВМ.

В 1969 году завод приступил к подготовке производства для серийного выпуска ЕС-1030. Государственные испытания разработанной машины были проведены в апреле 1972 года. Испытания проводились только на контрольных тестах без операционной системы. Выявились множество ошибок и

недоработок в документации, выявленных Госкомиссией. К началу 1973 года многие из них были устранены. Изготовление первых серийных образцов показало, что машина капризна в наладке, надёжность не соответствует ТЗ, производительность в 1,5 раза ниже заданной, трудоёмкость составляет 120000 нормо-часов и при плановой цене принципиально не может обеспечить рентабельность производства. Расчёты показали, что для достижения экономических показателей, трудоёмкость производства машины не должна превышать 40000 н/ч. Вплоть до 1976 года, когда ЕС-1030 была снята с производства, завод титаническими усилиями пытался снизить трудоёмкость, но так и не достиг нужных показателей рентабельности. Модель, разработанная Ереванским НИИММ, была не пригодна для серийного производства. Завод в процессе её производства испытывал значительные экономические трудности, работал в убыток. Помогло возобновление выпуска ЭВМ М-222 по требованию Заказчика в количестве около 100 машин. Экономические трудности усугублялись конкуренцией за пользователя. В это время в ПНР была разработана ЭВМ ЕС-1032 также средней производительности, технико-экономические показатели которой существенно превосходили ЕС-1030, а в Минске разрабатывалась малая модель ЕС-1022, характеристики которой были близки к ЕС-1030. Покупатели стали отказываться от приобретения ЕС-1030.

Группа сотрудников СКБ КЗЭВМ, в которую входили основные разработчики ЭВМ М-222, ещё в 1971 году прогнозировали подобную ситуацию и искали выход. В это время на Западе многими приборными фирмами стали разрабатываться и массово внедряться вычислительные машины класса мини-ЭВМ. В СССР на это направление не обращали внимания. В СКБ была организована комплексная группа системотехников и программистов для изучения зарубежных миниЭВМ. Были изучены, полученные разными путями хэндбуки (руководства пользователя), около двух десятков моделей зарубежных миниЭВМ. Проведённый сравнительный анализ их архитектуры методом ядер программ позволил выбрать наиболее эффективную архитектуру миниЭВМ NOVA фирмы Data General, кстати сказать, позже принятую как базовую для армии США. Был подготовлен отчёт в 7 томах, представленный на совещании в ВПК. Как выяснилось, кроме Министерства радиопромышленности (МРП), информацией о миниЭВМ никто не владел. МРП в лице СКБ КЗЭВМ постановлением ВПК было поручено разработать отечественную миниЭВМ, выделены валютные средства для закупки прототипа и его ПО. В СКБ было создано соответствующее подразделение, которое приступило к проектированию в 1972 году. У завода был опыт выпуска малых машин «Сетунь» разработки МГУ и «Наири», разработки того же ЕрНИИММ (с аналогичным результатом как и ЕС-1030). СКБ провело модернизацию «Наири» и завод стал выпускать «Наири-К» (Казанская).

Директор КЗЭВМ (1966-1979) Виктор Николаевич Иванов понимая нерадостную (катастрофическую) экономическую перспективу завода в 10 пятилетке и учитывая прогнозы аналитической группы СКБ, принял волевое решение прекратить разработку миниЭВМ и поручить коллективу СКБ подготовить предложения по коренной модернизации ЕС-1030. Группа специалистов в составе Гусева В.Ф., Иванова Г.Н., Кренгеля Г.И., Фадеева В.В., Шагивалеева М.З. Ярмухаметова А.У. сформулировала требования к новой модели и предложила пути реализации. Основные требования рассматривались как совокупность трёх интегральных показателей качества: доступность, надёжность, стоимость ЭВМ. В результате были сформулированы параметры перспективной модели ЕС ЭВМ среднего класса:

- производительность на научно-технических задачах в пределах 180-220 тыс. оп./сек, плано-экономических -120-150 тыс. оп./сек.;
- обеспечение показателя надёжности наработкой на отказ не менее 200 часов, времени восстановления не более 30 мин., коэффициентом технического использования не менее 0,95;
- обеспечение высокой достоверности вычислений, высокой точности локализации и малое время восстановления аппаратно-программными средствами контроля и диагностики неисправностей, что требует обратить пристальное внимание на эту проблему при разработке основного оборудования;
- минимальные в сравнении с мировыми образцами данного класса ЭВМ объём и номенклатура основного электронного оборудования;
- ориентировка планируемых экономических показателей на освоенную заводом технологию с минимальной перестройкой производства, плавный и безболезненный переход на выпуск новой модели;
- достоверность контроля качества блоков, узлов и ЭВМ в целом на всех этапах производства, что потребует разработку и оснащение цехов технологическими стендами, КИП и выполнение тщательного входного контроля комплектующих;
- патентная чистота и конкурентоспособность на внешнем рынке.
- Проведённые исследования позволили сделать следующие выводы:
- традиционные структуры ЭВМ средней производительности (IBM\360 и IBM\370) не позволяют добиться резкого улучшения показателей качества ЭВМ (ЕС-1030 – «цельнотянутая» копия IBM 360/50);
- требуется применение новых принципов построения структуры процессоров и каналов ЭВМ;
- выпускаемая МЭП элементная база TTL (россыпь, ИС малой интеграции) не удовлетворяет требованиям к перспективной машине по степени интеграции, логическим возможностям и

номенклатуре; применение быстродействующих схем ESL экономически не оправдано для машин средней производительности и, кроме того, требует изменения конструктивов и техпроцессов на заводе, значительно увеличивает сроки освоения.

Разработка ЭВМ ЕС-1033. Элементная база

Предложение использовать при разработке не применяемых ранее в мировой практике принципов структуры ЭВМ и TTL интегральных микросхем повышенной интеграции, не выпускаемых в СССР, могло показаться авантюрой. Однако у разработчиков в кустах был не только рояль, но и засадный полк: была проработана, и в лабораторных условиях опробована так называемая «многомагистральная структура 3М»: Магистральность, Модульность, Микропрограммирование. Бывший казанец член-корр. АН СССР Камилль Ахметович Валиев, который в то время был директором НИИ молекулярной электроники (НИИМЭ) в Зеленограде. НИИМЭ и завод «Микрон» занимались разработкой цифровых кремниевых интегральных схем.

Фирма Texas Instruments Inc. выпускала TTL микросхемы средней степени интеграции (СИС) серии SN741X, кстати, широко используемые в польской ЭВМ ЕС-1032. В СССР аналогов этой серии не выпускалось. У разработчиков имелись образцы импортных СИС и документация по их применению (РТМ, руководящие технические материалы). Оставалось совсем немного: убедить МЭП разработать отечественные аналоги этих СИС, вернее, заказать их разработку для комплектования казанской ЭВМ. Это удалось сделать. В августе 1973 года на совещании у зампреда военно-промышленной комиссии СМ СССР Л.Н. Горшкова было принято решение и выпущено указание о разработке и поставке МЭПом комплекта микросхем для ЕС-1033. НИИМЭ приступил к разработке аналогов СИС SN74, руководителем разработки был назначен главный инженер Владимир Яковлевич Контарёв, главным конструктором серии Юрий Иванович Щетинин. Однако для реализации "в железе" машины с магистральной структурой 3М имеющейся номенклатуры СИС SN74 было недостаточно. Необходимы были специфичные схемы для реализации многомагистральных структур. Было решено ограничиться разработкой только одной, но совершенно новой, не имеющей иностранных аналогов СИС многофункциональной памяти с 3 магистральными полюсами 155ХЛ1 (описание будет ниже). Следует отметить, что эта микросхема составила значительную часть комплектации будущей машины ЕС-1033.

Разработка микросхем проводилась параллельно с разработкой схем машины. К моменту начала изготовления макетного образца ЭВМ первые экземпляры СИС стали поступать на КЗЭВМ. Поставка осуществлялась следующим образом: Контарёв выгребал «из печки» готовые экземпляры, укладывал в портфель, а курьер на самолёте доставлял их в Казань. НИИМЭ успел в срок выполнить свою часть разработки машины. Вспоминается случай, знаковый не только для Казани, но и в первую очередь для Зеленограда. На банкете в «Русском лесе» по случаю приёмки Госкомиссией СИС 155ХЛ1 руководитель темы поднял тост в стихах: «Первый раз – не Техас!». Ведь до того только копировались схемы фирмы Texas Instruments. **Таким образом, ЭВМ ЕС-1033 явилась совместной разработкой МРП и МЭП. Без СИС НИИМЭ невозможно было реализовать в ЭВМ принципы, разработанной СКБ КЗЭВМ многомагистральной структуры.**

Решающую роль в организации тесного сотрудничества сыграл руководитель НИИМЭ К.А. Валиев, а самоотверженная работа коллектива под руководством главного инженера В.Я. Контарёва и руководителя темы Ю.И. Щетинина обеспечила выполнение совместной разработки в заданные сроки. Не зря в авторских свидетельствах СССР, в качестве действительных авторов как СИС многофункциональной памяти, так и блоков ЭВМ, где применены СИС разработки НИИМЭ и изготовленные на Микроне, присутствуют фамилии как казанцев: Гусева, Шагивалеева, Ярмухаметова, так и зеленоградцев: Контарёва, Кремлёва, Щетинина.

и открытый

(45) Дата опубликования описания 13.06.78

72) Авторы
изобретения

В. Ф. Гусев, Г. Н. Иванов, В. Я. Контарев, В. Я. Кремлев,
Г. И. Кренгель, М. З. Шагивалеев, Ю. И. Щетинин
и А. У. Ярмухаметов

Заявки на изобретение подавались совместно от имени двух предприятий: п/я А-3886 и п/я В-2892.

СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 613402

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР, Государственный комитет Совета Министров СССР по делам изобретений и открытий выдал настоящее свидетельство

Предприятию п/я А-3886 и Предприятию п/я В-2892

на изобретение "Запоминающее устройство"

В блоке патентов, полученных во многих странах, также указаны как казанцы, так и зеленоградцы. (фото патента Франции), (фото патента США).

- ④7 Date de la mise à la disposition du public du brevet В.О.П.И. — «Listes» n. 31 du 1-8-1980.
- ⑦1 Déposant : GUSEV Valery Fedorovich, KONTAREV Vladimir-Yakovlevich, KRENGEL Genrikh Isaevich, KREMLEV Vyacheslav Yakovlevich, KOROTYSHKIN Valentin Ivanovich, IVANOV Gennady Nikolaevich, SHAGIVALEEV Mansur Zakirovich, SCHETININ Jury Ivanovich et YARMUKHMETOV Azat Usmanovich, résidant en U.R.S.S.
- ⑦2 Invention de :
- ⑦3 Titulaire : *Idem* ⑦1
- ⑦4 Mandataire : Cabinet Lavoix, 2, place d'Estienne-d'Orves, 75441 Paris Cedex 09.

United States Patent [19]

Gusev et al.

[54] DATA PROCESSING DEVICE FOR VARIABLE LENGTH MULTIBYTE DATA FIELDS

[76] Inventors: Valery F. Gusev, ulitsa Karbysheva, 13-a, kv. 35; Gennady N. Ivanov, ulitsa Dekabristov, 184-a, kv. 22, both of Kazan; Vladimir Y. Kontarev, Ploschad Junosti, 4, kv. 3, Moscow; Genrikh I. Krenghel, ulitsa Ibragimova, 45, kv. 49, Kazan; Evgeny O. Polivoda, ulitsa Kuibysheva, 32, kv. 24, Kazan; Alexandr N. Skvortsov, ulitsa Volodarskogo, 8, kv. 22, Kazan; Jury I. Schetinin, 103536, korpus 503, kv. 106, Moscow; Vyacheslav Y. Kremlev, Berezovaya alleya, korpus 423, kv. 81, Moscow; Mansur Z. Shagivaleev, ulitsa Karbysheva, 17, kv. 75, Kazan; Azat U. Yarmukhmetov, ulitsa Adelya Kutuya, 12, kv. 23, Kazan, all of U.S.S.R.

В диссертации, представленной на защиту В.Я. Контарёвым, в перечне публикаций фигурировали более 100 АС и патентов, полученных совместно КЗЭВМИ и НИИМЭ. На защите от МРП выступил А.У. Ярмухаметов, отмечая большую роль диссертанта в развитии отечественной вычислительной техники. Сотрудничество продолжалось и в дальнейшем.

Разработка и подготовка производства ЭВМ ЕС-1033. Приказом по заводу в составе СКБ был сформирован головной отдел (№10) разработки новой машины в составе четырёх лабораторий (КБ) и бюро технической документации. Начальник отдела В.Ф. Гусев, начальник КБ центрального процессора Иванов Г.Н., начальник КБ каналов ввода-вывода В.В.Фадеев, нач. КБ контроля и диагностики М.И. Боксанский, нач. КБ электроники М.З. Шагивалеев. Были решены организационные вопросы с НИЦЭВТом (Генеральный конструктор ЕС ЭВМ В.В. Пржиялковский) и 8 ГУ МРП СССР (Н.В. Горшков) о включении разработки в программу модернизации моделей Ряд-1. Машина получила шифр ЕС-1033. Главным конструктором ЕС-1033 был назначен В.Ф. Гусев, заместителями по электронике М.З. Шагивалеев, по конструкции Ф.А. Григорьев, по производству Г.И. Кренгель. В СКБ были организованы отделы по

направлениям автопроектирования, тестового обеспечения, прикладных программ, операционных систем.

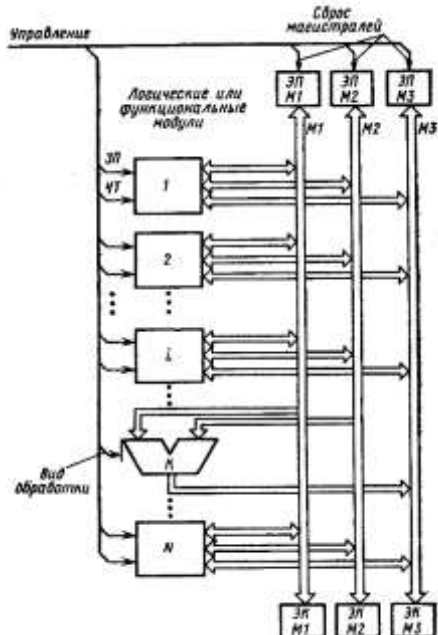
От отдела наладки завода была прикомандирована группа инженеров для участия в разработке и в качестве будущих руководителей наладочных бригад. Определён представитель Заказчика. Разработан жёсткий сетевой график. К разработке подключилось не только СКБ, но и весь завод, который готовился к переходу на производство новой модели под личным контролем директора завода В.Н. Иванова и его заместителей. Конструктивы машины, панели, ТЭЗы изготавливались в цехах основного производства. Проектировались и изготавливались стенды контроля и наладки. Первый опытный образец встал под наладку в апреле 1975 года. В конце 1975 года опытный образец прошел комплексную наладку. Госиспытания по графику должны быть проведены в мае 1976 года. Машина сошла с испытаний по показателям надёжности. Были проведены доработки и повторные испытания в ноябре 1976 года, на которых машина была рекомендована к серийному производству. В это время завод уже приступил к серийному производству машины, не дожидаясь результатов повторных госиспытаний. В результате в конце 1976 года было выпущено 35 товарных машин ЕС-1033.

Проведённая работа ещё раз показала эффективность тесного взаимодействия разработчика и производителя в рамках единой организации СКБ+завод, в отличие от ситуации, когда разработчик практически не заинтересован в результатах своей работы, и за них не отвечает. Производительность ЕС-1033 была в три раза выше, чем у ЕС-1030, а трудоёмкость в три раза меньше. Проблема экономики завода на пятилетку была решена полностью. В 1977 году было выпущено 205 товарных машин, не считая технологических. В 1978 году 230 машин, в 1979 году – 270 машин, укомплектованных оперативной памятью ЕС-3263 на динамических МОП, разработанной также СКБ завода (главный конструктор В.Н. Хорьков), в 1980 году – 410 машин. Всего было выпущено 2300 ЕС-1033. Более подробно о процессе разработки и освоения в производстве ЕС-1033 можно ознакомиться в книге [1].

Результат работы «Создание универсальной электронной вычислительной машины ЕС-1033 и освоение её в серийном производстве» [3] был представлен на соискание Государственной премии СССР: ЭВМ ЕС-1033 освоена в серийном производстве, разработана новая структура вычислительной техники с новизной мирового уровня, получено полтора десятка авторских свидетельств на изобретения, оформлялись патенты в ведущих капстранах и странах СЭВ. В то время, как другие копировали устаревшие импортные машины! Но признания на уровне Государственной премии СССР коллектив разработчиков не был удостоен. В номинации «ВТ» нас обошёл коллектив под руководством Л.Д. Райкова (НИЦЭВТ), получив Госпремию за работу «Программное обеспечение ЕС ЭВМ». Высокой академической комиссии видимо было невдомёк, что, как минимум, эту Госпремию надо было бы разделить с коллективом Фредерика П. Брука Младшего, отца ОС IBM System/360.

Многомагистральная структура ЭВМ ЕС-1033. В ЕС-1033 количество ТЭЗ 443 по сравнению с 1200 ТЭЗ в ЕС-1030, номенклатура ТЭЗ 104 против 227, количество микросхем 8000 против 21000. Кроме того, в ЕС-1033 появились дополнительные, по сравнению с прототипом IBM/360 блоки (конвертации систем счисления, сдвигатель, автономная система диагностики, дублирование отдельных блоков в целях обеспечения достоверности вычислений). Это было обеспечено не только использованием СИС, но и применением магистральной структуры построения процессора и каналов. Процессор, каналы и система диагностики были размещены в одной стандартной стойке. Каждая из подсистем работала независимо под управлением своего отдельного блока микропрограммного управления. Рамки доклада не позволяют описать все оригинальные, выполненные на уровне мировой новизны, решения построения блоков и узлов ЭВМ [2].

Однако необходимо рассмотреть основные идеи структуры 3М. Высокого быстродействия



универсальной ЭВМ можно достичь использованием в ЭВМ специализированных процессоров, предназначенных для выполнения определённых операций и для работы с определёнными данными, например, с плавающей запятой, в десятичном представлении, массивы данных переменной длины и работа с матрицами и т.п. Такой подход неприемлем для машин среднего класса из-за большого объёма неиспользуемого специализированного оборудования и его неэффективности из-за простоя. Более предпочтительно применить принцип "общих ресурсов", когда при выполнении любого алгоритма используется большая часть оборудования, образующая конфигурацию, эффективную для этого типа обработки и настраиваемая микропрограммно. При выполнении других алгоритмов, конфигурация задействованных блоков и связей между ними изменяется. Проблема настройки нужной конфигурации заключается в организации непосредственных связей между блоками. Очевидно, что наибольшим быстродействием будет обладать система, все блоки которой связаны друг с другом независимыми и управляемыми соединениями (каждый с каждым). Тогда по любой микрокоманде можно осуществлять

Рассмотрим реализацию структуры 3М на примере центрального процессора (ЦП) ЕС-1033. (см. рис.). ЦП имеет три информационные магистрали и магистраль анализов. Центральным является блок магистрального коммутатора (БМК), обеспечивающий работу магистралей. Для хранения промежуточных результатов предназначен блок операционных регистров БРОП (АС 877613). Блок программных регистров БРП (АС 613402), в соответствии с принципами работы, содержит 16 регистров общего назначения и 4 регистра для операндов с плавающей запятой. Арифметически-логический блок БАЛ выполняет 45 операций обработки двоичных операндов и двоично-десятичное сложение и вычитание. Блок не имеет регистров. В целях обеспечения достоверности вычислений дублирован. Специализированный блок сдвига БРСДВ (АС 585755 и АС 591078) обеспечивает сдвиг вправо и влево 128 разрядов одновременно, и осуществляет как логический, так и арифметический сдвиг, при умножении и делении выполняет нормализацию, выравнивание операндов и т.п. Другой специализированный блок конвертирования БКНВ (АС 591073) аппаратно выполняет преобразование двоичной системы счисления в двоично-десятичную и обратно, что обеспечивает высокое быстродействие машины на экономических задачах (150 тыс. оп/сек). Блок односторонней памяти БОП содержит управляющие микропрограммы, блок формирования адреса микрокоманд БФА (АС 613401) осуществляет выборку очередной микрокоманды в зависимости от анализа состояния схем и особенности данных и результатов обработки (АС 591075, АС 615538, АС 648984). Результаты анализа собираются на четырёхразрядной магистрали анализов МАН. Блок диагностики БД обеспечивает анализ, исправление сбоев путём семикратного повторения операции и локализацию неисправности, а также взаимодействие с операционной системой. БД имеет собственный блок микропрограмм (АС 613651) и имеет возможность управлять БОП процессора для прогона диагностических микропрограммных тестов. Назначение остальных блоков и их связей понятны из рисунка. Более детальное знакомство с устройством процессора и каналов можно получить в книге [2].

Отдел НИР №17 СКБ КЗЭВМ. В 1977 году, когда серийное производство ЕС 1033 уже уверенно набирало обороты, в СКБ был создан отдел НИР №17. Начальник отдела Мансур Закирович Шагивалеев, начальник первой лаборатории структур ЭВМ А.У. Ярмухаметов, начальник второй лаборатории микроэлектроники В.Н. Хорьков Перед отделом была поставлена задача разработать аванпроект машины РЯД-2 с магистральной структурой. Как было сказано выше, ни в СССР, ни в других странах не выпускались ИМС, предназначенные для работы в структурах 3М. Отдел приступил к проектированию комплекта БИС для реализации новой ЭВМ. Были разработаны принципиальные схемы ЕС МП TTL – единой системы микропроцессоров с транзисторно-транзисторной логикой. Разработана схема процессора и каналов с применением указанного комплекта. Машина разрабатывалась под девизом ЕС-1047 РЯД 2 . Предлагалась серия из трёх ЭВМ :

- ЕС-1047.01 процессор с быстродействием 500 тыс. оп./сек, каналы и ОП 1 Мбайт на ИС памяти в одной раме;
- ЕС-1047.02 в двух рамах с производительностью 1 млн. оп./сек и ОП 2 Мбайт;
- ЕС-1047.03 в трёх рамах (одна стойка) с производительностью 2 млн. оп./сек и ОП 4 Мбайт.

Планировалось завершить разработку в 1980 году, обеспечив выход на серию к 1981 году. В 1978 году о результатах предварительной проработки было доложено начальнику СКБ И.Ш. Рахманкулову и директору завода В.Н. Иванову. В.Ф. Гусев вышел с предложением на Генерального конструктора ЕС ЭВМ В.В. Пржиялковского, который согласился на включение работы в Генеральный план разработки Ряда-2. М.З. Шагивалеев начал переговоры в Зеленограде с НИИМЭ о разработке комплекта БИС. Одновременно прорабатывалась технологическая структура массового производства ЕС-1047 в объёмах 500 комплектов в год. Таким образом намечалась стратегия перехода к следующему, более высокому уровню развития КЗЭВМ.

Как раз в это время Ереванский НИИММ разрабатывал (копировал) ЭВМ ЕС-1045 РЯД-2 (ИВМ/370) со сроками окончания 1978 год (фактически 1979 г). Изготовителем ЭВМ был определён опять КЗЭВМ. Элементной базой машины являлись ИС серии 500 ЭСЛ, что автоматически подразумевало кардинальную перестройку технологического процесса на заводе. Учитывая традиционную проблему сырой документации, ошибок разработчика, отсутствие помощи «из-за гор», завод ожидал новый экономический провал. К сожалению, разработка СКБ собственной модели ЭВМ не успевала упредить надвигающийся коллапс экономики, но представляла для Еревана сильную конкуренцию. Кстати, с 1979 по 1981 было выпущено всего 51 машина ЕС-1045. Экономика завода держалась на выпуске серии ЕС-1033.

Первый тревожный (местный) звонок прозвенел в связи с равнодушным отношением директора В.Н. Иванова к разработкам СКБ по ЕС-1047. В процессе разработки и освоения ЕС-1033 В.Н. Иванов был локомотивом, толкающим все службы завода и пристально надзирающим за разработчиками. Помню неоднократные случаи посещения им отдела порой в неурочное время. В этот раз директор готовился к переезду в Москву, чтобы занять должность начальника ГУ в МРП. Второй тревожный (внешний) звонок прозвенел, когда В.В. Пржиялковский предложил оформить разработку серии новых машин как модернизацию ЕС-1033 и исключить ЕС-1047 из генерального плана разработки Ряда 2. Чувствовалось, что на Генерального конструктора осуществляется сильное политическое давление сверху. К сожалению, развёртывание работ по ЕС-1047 на КЗЭВМ было известно, в том числе и директору ЕрНИИММ М. Семерджяну. Зная отношение Казани к «творчеству» института и явную конкуренцию ЕС-1047

разрабатываемой ЕС-1045, в Ереване забили тревогу. Злые языки говорили, что обстановку доложили Фадею Тачатовичу Саркисяну, до 1977 года бывшему директором ЕрНИИММ, а с 1977 года Председателю Совета Министров Армянской ССР. Тот, в свою очередь, принял превентивные меры на своём уровне. Без поддержки сверху, без источника финансирования и практической невозможности размещения заказа на БИС в МЭП, дальнейшие работы по ЕС-1047 были свёрнуты. Но задел не пропал. Впоследствии отдел №17 СКБ (уже НИИ ВС) стал головным при разработке ЭВМ ЕС-1007 Ряд-3 [4].

Литература

1. Казанский завод ЭВМ (КЭММ, КЭЭВМ, КПО ВС). Казань: Совет ветеранов КПО ВС. 2004. 209 с.
2. Электронная вычислительная машина ЕС-1033/ Под ред. В.А. Камарницкого, Г.П.Сорокина. М.: Машиностроение, 1982, 383 с.
3. Создание универсальной электронной вычислительной машины ЕС-1033 и освоение её в серийном производстве. Аннотация. Казанский компьютерный музей. <http://kazan-computer-museum.blogspot.ru/2013/12/1033.html>
4. Терминальная ЭВМ ЕС-1007. Труды SORUCOM 2011, стр.361-364.

Clandestine acquisition of microelectronics and information-technology by the scientific-technical intelligence of Polish People's Republic in 1970-1990

Mirosław Sikora

Institute of national Remembrance.
miroslaw.sikora@ipn.gov.pl

Abstract. *Along with the upcoming détente in the eve of the 70s there were approximately 70 thousand computers working in the USA. At the same time Poland had 200 hundred such devices. There were several factors responsible for that backwardness, especially embargo on sale of dual-use components to communistic countries. It caused the permanent scarcity of silicon wafers and circuits of high scale of integration behind the Iron Curtain. Second reason for Polish high-tech "slip" was the constant shortage of convertible currencies for import purposes. In the purpose of breaking embargo and avoiding expensive licenses' the intelligence has been involved. Hundreds of western companies had been targeted. Polish economy with its commercial requirements was not the only beneficiary. Selected tasks were launched in favor of military complex and Ministry of Interior with its request for surveillance technology. Flashy spy-operations together with successful corruption of some capitalistic companies enabled Polish scientists constant updating of overall view over the worldwide trends in IT. However intelligence was incapable of decisive impact on the Polish microelectronic industry.*

Thanks to disclosure of the documents of the communistic security service, the studies on scientific-technical intelligence have been made possible. Paper explores these new sources. Author discusses clandestine operations trying to answer three essential questions: how did the "missing dimension" of Polish economy work (intelligence gathering; intelligence cycle – collection, analysis, dissemination, application etc.); in what extend did the intelligence influenced over the R&D and production of microelectronic equipment? - what was the scale of expenditures of Polish treasury on intelligence's activity?

Studies on scientific-technical intelligence (STI) in contemporary perspective

Nowadays "intelligence studies" are flourishing worldwide¹, and not only in hermetic academic circles. Next to the traditional functions of intelligence activity, as those presented lately by Paul Maddrell², there are attempts to push ahead studies on quite new specific aims and at the same time tools of contemporary intelligence gathering, as for example computer espionage explored recently by Gordon Corera³. Every now and then intelligence cables leak to the public opinion thanks to the mainstream media. Other time intelligence's so-called "black operations" are discussed among the politicians and experts, regarding their accordance with the international law and human rights. For the obvious reasons the definition of intelligence in common social reception looks blur to the similar extend as the object of intelligence activity remains in the mist. Indeed "we now know" – to call John Lewis Gaddis's assessment⁴ – quite a lot about the intelligence operations in the past, especially during the Second World War and the Cold War. Basing on those examples – usually revealed or reconstructed by historian and journalists – theorists attempt to define the scope of intelligence's interest (in Poland especially Mirosław Minkina⁵).

In recent years the Institute of National Remembrance (Instytut Pamięci Narodowej – IPN) in Poland – a governmental body similar to its German pattern *Beauftragter für die Stasi Unterlagen* - has encouraged specialists

¹ Though the studies on scientific-technical and economic intelligence are insufficient. Compare topics described in *Studies of Intelligence since the 50s*: <https://www.cia.gov/library/center-for-the-study-of-intelligence/csi-publications/index-of-declassified-articles/index-of-declassified-articles-by-title.html>

² *The Image of the Enemy. Intelligence Analysis of Adversaries since 1945*, ed. Paul Maddrell, Washington: Georgetown University Press 2015.

³ Gordon Corera, *Intercept. The Secret History of Computers and Spies*, London: W&N 2016.

⁴ John Lewis Gaddis, *We Now Know: Rethinking Cold War History*, New York: Oxford University Press 1997.

⁵ Mirosław Minkina, *Sztuka wywiadu w państwie współczesnym*, Warszawa: Bellona 2014.

to the methodical debate on intelligence. Currently two contradictory notions crystallized. The first one – optimistic – claims that there are pretty reliable sources of information (files, records, cables) produced by intelligence and stored in the archive of IPN, that allow professional researchers insight into the core work of the intelligence in the past. According to the second (skeptical) opinion, that comes predominantly from the *milieus* of former officers of the Ministry's for Internal Affairs (MSW), the nature of intelligence-gathering does not reflect in bureaucratic guidelines or even classified reports. Intelligence, even in times of autocracy, is moreover very reluctant to leave traces "on paper" and in fact acts in much more elusive way than other state institutions. What we encounter in documents are only the Plato's shadows observed from the inside of the cave. There is, to put it in other words, a kind of additional hidden dimension inside of the overall "missing dimension" (as Ian Black and Benny Morris called metaphoric the intelligence at all)⁶.

To avoid further involvement in philosophical dispute on the nature of intelligence in this very short introduction, the author would like to present the very object of his case study and explain why he finds it intriguing from the perspective of intelligence studies and studies on mutual entanglement of science, technology and society⁷.

The Bruno Latour's leading "actor" in this paper is the civil intelligence service, and in particular its branch (STI) committed to acquisition of technical documentation, components, samples and devices of key technology, since the mid 50s until the demise of Communism. The term "acquisition" implied here an illegal (at least due to the regulations of the most OECD-countries at that time) practices as "black market" purchasing (usually with help of "dummy firms") and smuggling (trafficking) of so-called dual-use goods. Those goods were sometimes, but not always restricted to be traded with the members of CMEA (Commission for the Mutual Economic Assistance) by the authorities of USA and (or) by the Coordinating Committee for the Multilateral Export Controls (CoCom)⁸.

Since the beginning of the 60s of the 20th century Polish MSW as an executor of the general concept, encouraged thousands of engineers, economists, scholars, inventors and constructors to meet expectations of Poland's destroyed and backward postwar economy and - if there was only the opportunity - to take advantage of their travels across the borders (for example in frame of scholarships and internships) to the western universities, multinationals and R&D-institutions for intercept as much technical know-how as it was only possible.

In the apex period of that procedure in the 80s hundreds of security service's (Służba Bezpieczeństwa – SB MSW) officers, including the foreign intelligence staff, and thousands scientists, have been more or less directly involved in clandestine transfer of knowledge across the Iron Curtain. Perhaps the most surprising discovery in this phenomenon – juxtaposing with Christopher Andrew's narrative on armament high-tech orientated KGB⁹ - is the fact that the driven force was in the first place civil economy and not the military complex. Kristie Macrakis studies on East Germany's intelligence (Hauptverwaltung Aufklärung des Ministeriums für Staatssicherheit) resulted with similar conclusions¹⁰. Furthermore Macrakis emphasizes – regarding the intelligence undertakings of CMEA-countries in general - that: „From the early sixties until the late eighties, half of the agents caught [by the western counterintelligence - MS] in scientific-espionage were in the area of computers. The number of agents in this area reflects the extent of the effort. [...] By the late seventies and eighties, breaking the embargo in the area of computers was one of the highest priorities for acquisition agencies”¹¹.

In Poland it was however also about omitting expensive licensing-agreements and not only about bypassing embargo restrictions. Many R&D units – chemical labs, construction bureaus and especially state controlled companies in Polish People's Republic (PPR), after having been reluctant to cooperate with the sinister security

⁶ The concept of intelligence-gathering in its most widespread application is that of an auxiliary tool used by modern state to provide state authorities solid follow-up information about close and remote political and economic environment and through that to secure the *raison d'etat*. However anthropologists might claim wider understanding of intelligence-gathering – i.e. as a tool inherent to human being at all (collecting data about environment). Moreover from that kind of statement it is not far to bolster the notion that intelligence is trait not only of humankind, but of the animal one either. On the end intelligence seems to be the ability to learn about others in order to correct and enhance oneself – either in framework of social or animal competition. The reconnaissance helps the entity (or community) to find weaknesses of its rival and – in the further step – facilitates eliminating the potential or factual enemy. As the matter of fact, depending on what we define as a final goal of the entity (community) - let it be human or animal or a group of them, - every field of the intelligence-gathering can be used in military or peaceful aims. More on the theory and practice of intelligence: John Hughes-Wilson, *On Intelligence. The History of Espionage and Secret World*, London: Constable 2016.

⁷ Major contributions to the theoretical framework of the paradigm of Science Technology and Society Studies see: Lawrence Badash, *A Nuclear Winter's Tale. Science and politics in the 80s*, Cambridge (Massachusetts) – London: The MIT Press 2009; Slava Gerovitch, *From Newspeak to cyberspeak. The history of Soviet cybernetics*, Cambridge (Massachusetts) – London: The MIT Press 2002; Paul N. Edwards, *The Closed World. Computers and the Politics in Cold War America*, Cambridge (Massachusetts) – London: The MIT Press 1996.

⁸ For a meticulous analysis of CoCom-policy see: Michael Mastanduno, *Economic Containment. CoCom and the Politics of East-West Trade*, Ithaca (NY): Cornell University Press 1992.

⁹ Christopher Andrew, Wasilij Mitrochin, *Archiwum Mitrochina. KGB w Europie i na Zachodzie*, translated to Polish by M. M. Brzeska, R. Brzeski, Warszawa: MUZA SA 2001.

¹⁰ Kristie Macrakis, *Seduced by Secrets. Inside the Stasi's Spy-Tech World*, New York: Cambridge University Press 2008, p. 29, 74-75.

¹¹ *Ibidem*, p. 114.

service in the 50s and 60s, let themselves to be lured with the possible financial benefits of such collaboration over the course of the 70s, up to the moment, when they became partly dependent on constant influx of intelligence data, indispensable for domestic R&D programs in the 80s. to cover the shortages and reduce bottlenecks¹². The secret support for economy occurred in almost every branch of industry and discipline of science, stretching from coal mining, metallurgy, machine- and shipbuilding, through the automotive and aerospace industries up to microelectronics-, IT-, pharmaceutical- and biotechnological- segments.

Thanks to the enforcement of act that established the Institute of National Remembrance (IPN) along with its Archive (in the footnotes described as AIPN), Research Branch and other facilities in 1998, process of records' disclosure began. Among millions of personal, administrative and operational files that have been made available over the following years for historian, there are also documents of STI. This is a short genesis of the coming across with the sources author is currently working on. There is similar heritage of communist MSW along with their overwhelming security apparatus (involving intelligence), in Hungary, Romania, Bulgaria, Czech Republic and Slovakia and partly in forerunner of records disclosure¹³ - Germany (however the majority of files produced by the so-called Sektor für Wissenschaft und Technik der Hauptverwaltung Aufklärung are missing, being probably intercepted by KGB in the beginning of 1990; while data bases have been captured by CIA and only in the course of the 2000' have been returned to the German government as the so-called Rosenholz-Dateien).

Apart of *embarras de richesse* concerning the quantity of the intelligence's files, when discussing the scope of the Polish STI's involvement in the technological progress in PPR one encounters two difficulties that are also interlinked themselves. The first one is the cognitive obstacle that makes extremely hard for historian to judge the quality of gathered intelligence. The second challenge is to understand and then to explain the mechanisms of the dependency between legal (overt, official) and illegal (covert, disguised) face of R&D in PPR in particular, USSR and in CMEA as a whole¹⁴.

For the first five years of studying on Polish STI (2011-2015) the author focused on two points: 1. explaining *modus operandi* of STI's cooperation with industrial and scientific infrastructure of PPR; 2. estimating financial benefits for the Polish economy resulting from intelligence's operations (basing on selected examples, as pharmaceutical industry, microelectronics and machine industry)¹⁵. The latter question can be solved by applying statistical methods (as extrapolation) developed in New Economic History¹⁶.

One of several reasons for STI: Computers and the western superiority

There is no need for basic research on the history of computing science, microelectronics and IT in USSR or particularly in Poland. Moreover, there are a lot of profound, reliable studies, published by experts (engineers, mathematicians, economists) of both mentioned and remaining CMEA countries in the course of past 50 years, that present the development of individual solutions, concerning construction of electronic machines on the one hand and programming of software on the other hand¹⁷.

Furthermore one might enumerate an enormous heritage of studies produced by various think-tanks on the both sides of the Iron Curtain on the issue of economic assets, research and development of CMEA with the growing interest in IT industry¹⁸. Those works raised usually the similar formulated question, namely about the pace of

¹² Frank Dittmann, *Microelectronics under Socialism*, in: Working Papers: Tensions of Europe/Inventing Europe, Working Paper No 2010_17, p. 1-8.

¹³ STI branch existed in every satellite state. Compare: Jan Larecki, Leszek Pawlikowicz, Paweł Piotrowski, *Aparaty Centralne służb specjalnych wywiadu cywilnego Układu Warszawskiego jako wyspecjalizowane struktury państwa 1944-1991*, Rzeszów: Koraw 2015, p. 34, 54, 116, 131.

¹⁴ Recent approach to Russian international trade relations see: Oscar Sanchez-Sibony, *Red Globalization. The Political Economy of the Soviet Cold War from Stalin to Khrushchev*, Cambridge University Press 2014.

¹⁵ Some results have been published in Polish and foreign journals: M. Sikora, *Wywiad MSW PRL jako instrument przelamywania embarga i śledzenia globalnych trendów w mikroelektronice 1971-1990*, "Studia Polityczne", PAN, Vol. 4(40)/2015; M. Sikora, *Pro publico bono? Wywiad w służbie przemysłu farmaceutycznego PRL 1973-1989. Zarys problemu* [in:] *Studia nad wywiadem i kontrwywiadem Polski w XX w.*, ed. Paweł Skubisz, Wojciech Skórka, IPN, Szczecin 2015; M. Sikora, *Wirtschaftliche Innovation durch Spionage. Forschung, Entwicklung und der Geheimdienst in der Volksrepublik Polen 1970-1990*, „Jahrbücher für Geschichte Osteuropas“, Jg 62/ Heft 4, 2014; M. Sikora, *Intelligence-interchange in the area of Science and Technology between Poland and Soviet Union, 1986-1990* [in:] *Technology in Times of Transition. 41 ICOHTEC Symposium 2014*, ed. E. Helerea, M. Cionca, M. Ivănoiu, Brasov 2014.

¹⁶ Francesco Boldizzoni, *The Poverty of Clio: Resurrecting Economic History*, Princeton (NY): Princeton University Press 2011.

¹⁷ Recent works on early period see: И.А. Крайнева, Н.Ю. Пивоваров, В.В. Шилов, *СТАНОВЛЕНИЕ СОВЕТСКОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ (КОНЕЦ 1940-х – СЕРЕДИНА 1950-х гг.)*, "Идеи и Идеалы", Vol. 3(29)/2016, p. 118-135. In Poland for example: *Zarys historii polskiego przemysłu elektronicznego do 1985 roku*, ed. Mieczysław Hutnik, Tadeusz Pachniewicz, Warszawa: Stowarzyszenie Elektroników Polskich 1994; *Zarys historii elektroniki w Polsce: my tak to pamiętamy*, ed. Mieczysław Frącki and others, Warszawa: Majax 2015.

¹⁸ Adam Empacher, *Wzrost ilościowy cyfrowych maszyn matematycznych w niektórych krajach (stan dotychczasowy i perspektywy rozwojowe)*, Warszawa: Centralny Instytut Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej 1965; G. Monkiewicz, J. Monkiewicz, J. Ruskiewicz, *Zagraniczna Polityka Naukowo-Techniczna Polski. Diagnoza, uwarunkowania, kierunki*, Wrocław: Zakład Narodowy im. Ossolińskich 1989. See also joint studies of Russian, Polish, Czech and Hungarian scientists: A.

dissemination of the second and then third generation's computer technology beyond the "capitalistic camp". The growing technological gap between western and eastern producers was being the major concern not only of Soviet experts¹⁹, but also of West Germany's, English or American analysts for the 70s and 80s as the discrepancy of the progress in the area of computers became obvious²⁰.

Alvin Toffler's "Third Wave" of human development (called Information Age) did not flood over the Polish society as far as until the 90s of the 20th century. There were several factors responsible for that backwardness.

The mother of them was the embargo on sale of so-called dual-use components to communistic countries, inspired by Washington and implemented by NATO's community since the 50s. It caused the permanent scarcity of silicon wafers (semiconductors) and circuits of (very) high scale of integration behind the Iron Curtain. Second reason was the constant shortage of convertible currencies for import purposes in those countries. The third impediment and at the same time the one that referred specifically to Poland, were financial debts toward the western governments and private entities. The crisis escalated rapidly during the second half of the 70s, and culminated in the insolvency of the Polish state in 1981²¹.

Poland yielded to the rest of developed countries regarding the patent-submission's rate since the beginning of the Cold War up to the end. According to the figures coming from 1968 PPR's coefficient of registered issues (patents) per 10 thousand people amounted here to 2.3, whereas in forerunner – Swiss it was then 14.4. However not only western economies were more inventive (France – 5.4; FRG – 8.6), but also brother-states from same side of the Curtain - GDR (4.6), Czechoslovakia (6.3), and USSR (7.8)²².

Either - if not more – relevant factor, was the state's ability to public patents abroad – legal move that usually accompanies export of protected solution to the country, where the patent is submitted. This coefficient began to deteriorate in Poland since the mid 70s along with decline of Polish economy. In 1981 – the year when Polish economy collapsed to the unprecedented extent after 1945 - Polish scientists and inventors obtained around 350 patents abroad – approximately 130 less than ten years earlier. Their colleagues from Hungary, though coming from the country with several times smaller population than Poland, managed to receive in 1981 more than 1330 patents in foreign states. Not to mention French researchers who registered then approximately 11500 patents or their counterparts in USA – Mecca of innovation technologies - who made even 5 times better score²³.

In this article author focuses on IT-industry, because the ability to process information (big data) and control production process (CAM) became critical, and a kind of litmus paper of national economies' progress, as early as at the beginning of the 70s. One decade later an overwhelming supremacy of axis USA-EEC-Japan comparing to the rest of the world including CMEA community was the fact. Moreover along with the Soviet invasion in Afghanistan and subsequent collapse of détente-policy in 1979, new embargo measures against Moscow had been launched by Washington. Meanwhile extended commercial ties between communistic and capitalistic enterprises vanished and with them along excellent conditions for clandestine activity of the STI deteriorated substantially. The 1982 blow up of whole soviet spy-network in France and to some extent in other western countries, caused by treason of KGB's officer Vladimir Vetrov weakened STI capacity in that part of the world to its unprecedented minimum²⁴. The stream of cables on high-tech dried up soon, endangering many of R&D programs of USSR and CMEA, "addicted" to western software and hardware.

At least until the end of the 60s the economy of the PPR was predominantly agriculture and food industry, respectively heavy industry and coal mining orientated, with promising growth in some chemical branches as plastics, rubber, artificial fertilizers and also oil- and sulfur processing. That trend started to change gradually only since the 70s along with the massive investments and purchasing of licenses in automotive, machines and also microelectronics industry, but has been throttled as a result of the financial crisis (debts) in the 80s.²⁵ Unfortunately

T. Bielewcew, Jerzy Dańda, Tibor Pongrácz, Jaroslav Vlček, *Informatyka w krajach RWPG* [Informatics in CMEA], published in several languages in Moscow, Budapest, Prague and Warsaw in 1977.

¹⁹ М. С. Ильин, Д. А. Лебин, В. А. Прокудин, *Эффективность научно-технических связей стран СЭВ*, Мысль, Москва 1979; С. И. Степаненко, *СЭВ. Международное сотрудничество в области науки и техники*, Международные отношения, Москва 1985.

²⁰ Josef Wilczynski, *Technology in Comecon. Acceleration of Technological Progress through Economic Planning and the Market*, London – Basingstoke: Macmillan Press Ltd. 1974; David Lascelles, *Comecon to 1980*, London: The Financial Times Limited, 1976; Henrik Bischof, *Das „Eureka“-Projekt Osteuropas. Zur Entwicklung der Schlüsseltechnologien in den RGW-Staaten*, Bonn: Abteilung Außenpolitik und DDR-Forschung im Forschungsinstitut der Friedrich-Ebert Stiftung 1986; *Moderne Informationstechnologien und die Gesellschaften in Ost- und Westeuropa*, ed. Clemens Burrichter, Erlangen: Institut für Gesellschaft und Wissenschaft 1988.

²¹ Iliana Zloch-Christy, *Debt problems of Eastern Europe*, New York: Cambridge University Press 2011, p. 109-114.

²² Josef Wilczynski, *op.cit.*, p. 87.

²³ Jerzy Świącicki, *Międzynarodowa współpraca naukowo-techniczna i integracja krajów RWPG*, Łódź: Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej 1988, p. 65.

²⁴ Éric Merlen, Francois Ploquin, *Carnets intimes de la DST. 30 ans au coeur du contre-espionnage français*, Paris: Fayard 2003, p. 53 passim.

²⁵ More: Janusz Kaliński, *Economy in Communist Poland. The Road Astray*, transl. Joanna Rohozinska-Michalska, Warszawa: IPN 2014, p. 40-43, 51-54.

because of the pre-war backwardness of some key sectors of industry and in the result of destruction of infrastructure during the Second World War, Polish economy was in the 50s and 60s less developed than its neighbors – GDR and Czechoslovakia (where almost entire industry survived the war untouched). That weak position has been even confirmed by the decisions of 7th session of CMEA in 1956. Out of the approximately 600 various types of most advanced equipment in the area of machine building industry more than 70% types have been allowed to be produced by GDR and 60% types have been earmarked for Czech factories. Poland received permission for the output of no more than 45% of the machines included in the list. It was however more than Hungary (22%), Romania (9%) and Bulgaria (7%). In fact that kind of central planning (with some modifications in the years 1961-1962) froze to some extent technological inequality within the CMEA²⁶.

In Poland works on “calculators” started in the early 50s within the Polish Academy of Sciences (Polska Akademia Nauk) in Warsaw. After some time the team of computer engineers was moved to the more specialized unit of the Academy called Institute of Mathematic Machines/IMM. Initially, due to global trend, prototypes, manufactured in very small quantities as type XYZ (first remarkable achievements of domestic engineers from PAN in 1958), ZAM 2/21 (IMM), later also UMC-1 (concept of the team from the Warsaw University), used vacuum tubes logic. The breakthrough came in the 1959 when the factory of electronic equipment in Wrocław (ELWRO) has been established. In the following years it became the major producer of computers of series “Odra”, based on transistor and later LSI logic. By the end of the 60s there were such models of mainframes manufactured as 1003, 1013, 1103, and finally model 1204 that as the first one in Poland used the technology of silicon transistors (it remained in production until 1972)²⁷. Second Generation’s computer Odra 1304 has been designed in the end of the 60s and introduced into serial production in the early 70s. It was entirely compatible - regarding the logic and operation system as well - with its English archetype ICL 1904, licensed by ELWRO. Interestingly after implementing of the RIAD-agreement in the course of the 70s and 80s²⁸. ELWRO developed and produced simultaneously computers of two architectures – those of the Polish (Polish-English) roots, and those of Soviet logic R-30/32 (based on IMB 360/370), maintaining its economical sustainability (until the early 90s when the plant collapsed). Doubtless there was however not possible to catch up with the West neither with the ICL (legally acquired) pattern nor with the IBM (illegal copied) technology²⁹.

Since the end of the 50s the US government frequently granted so called exceptions for the export of dual-use items to Poland, particularly in the area of computers. That “Polish differential” was based on the political consideration according to which the countries that tried to distance themselves from the Soviet Union should be somehow rewarded and encouraged to relax their ties to Moscow³⁰. In 1970 Poland took the first place on the list regarding the number of US companies’ submissions for exception to the American government; though the USSR remained the largest recipient of “exception” exports amounting more than 34 million USD³¹. On the other hand US administration at least in theory was skeptical about the West European deals with Polish authorities. Michael Mastanduno describes the frictions induced by business talks with representatives of Thompson regarding the RTV technology and possible expand of Polish import of high-tech³²: *“Between 1967 and 1972, the United States attempted to resist pressure from Great Britain and France to allow the provision of equipment and technical assistance necessary to enable Poland to mass-produce integrated circuits. Poland desired this capability as a means to increase its output of television sets, desk calculators, and small computers. U.S. objections were based on the fact that the ICs produced could also be used in military equipment and, more important, that the technology provided could serve as a starting point from which Poland, and possibly the Soviet Union, could progress to the production of more advanced circuitry with more important military applications. To allow an exception for Poland would breach the CoCom embargo on a critical technology and possibly set a precedent. By 1972, with the onset on*

²⁶ Robert Skobelski, *Polityka PRL wobec państw socjalistycznych w latach 1956-1970. Współpraca – napięcia – konflikty*, Poznań: Wydawnictwo Poznańskie 2010, p. 223-238. Initially the Soviet Union was very cautious about sharing modern military technology (including electronics, automatic control systems, as well as radar technology for detecting, tracking and acquisition in the air) with its allies in Warsaw Treaty. That reluctance yielded in the second half of the 50s and since that moment Poland next to the Czechoslovakia became one of the biggest beneficiaries of the Soviet licensing policy in the area of armaments, obtaining for instance technology of jet-fighters or guided missiles.

²⁷ More: *40 lat informatyki w Polsce*, „Informatyka”, No. 8-12, XXIV (1989); *1959-1978. Tysiąc komputerów produkcji MERA – ELWRO*, ed. Centrum Komputerowych Systemów Automatyki i Pomiarów, Warszawa 1978.

²⁸ The agreement on RIAD was signed on 23 December 1969 in Moscow and ratified by the governments of individual CMEA members, among them Poland and USSR, in the following year. Archiwum MSZ [The archive of the Ministry of Foreign Affairs in Poland], *Porozumienie o współpracy w zakresie opracowania, produkcji i zastosowania środków techniki obliczeniowej [projekt] i załącznik: statut Międzynarodowej Komisji Współpracy Krajów Socjalistycznych w zakresie techniki obliczeniowej*, 9.02.1970.

²⁹ Tomasz Kulisiewicz, *Polskie komputery 1948–1989. Produkcja i zastosowania na tle geopolitycznym i gospodarczym [in:] High-Tech za „Żelazną Kurtyną”. Elektronika, komputery i systemy sterowania w PRL*, ed. M. Sikora (cooperation Piotr Fuglewicz), Warszawa: IPN 2017.

³⁰ Michael Mastanduno, *op.cit.*, p. 113, 116.

³¹ Frank Cain, *Computers and the Cold War: United States Restrictions on the Export of Computers to the Soviet Union and Communist China*, “Journal of Contemporary History”, Vol. 40 (1), 2005, p. 143.

³² Zarys historii polskiego przemysłu elektronicznego..., p. 106.

*détente and America's own barrage of exception requests, the Nixon administration could no longer credibly resist. Nixon was persuaded by British prime minister Heath, against the advice of both the Defense and Commerce Departments, to remove U.S. objections. Exceptions were granted, and the French won the sale*³³.

One has to take into account that indeed any kind of high-tech flow across the Iron Curtain could have enhanced capabilities of Warsaw Pact and harm US security, even if in a very long-distance: in the famous so-called Bucy³⁴-report prepared by the task force consisted of high officials from Defense Department and private companies and submitted in 1976 to the US administration one can read: *"The widespread use of computers, even in commercial applications, enhances the 'cultural preparedness' of the Soviets to exploit advanced technology. It gives them vital experience in the use of advanced computers and software in the management of large and complex systems. The mere presence of large computer installations transfers know-how in software, and develops trained programmers, technicians and other computer personnel. All this can be redirected to strategic applications*³⁵.

Making of Polish STI, domestic and foreign assets and information retrieval

Polish STI was established in the mid 50s however for the first couple of years of existence it did not exceed over approximately 20 officers and some 140 consultants and collaborators. Despite of some initial frictions between intelligence and management of industry and R&D, the STI (Division VI of the I Department of MSW) expanded gradually, building up its bridgeheads in Western Europe and smuggling each year several hundred batches of documents related to atomic energy, tele and radio communication, metallurgy and chemical industry. Unexpected disaster came on in early 1961 when the head officer of STI defected to the West Germany and later USA, betraying BND and CIA the most valuable Polish and to some extent also Russian spies in the West.

STI recovered over the subsequent decade, trying to rebuild its capacity in the Europe and expand across the ocean by establishing outposts in the USA. Until the beginning of the 70s it did not gain substantial impact on the Polish economy.

The unprecedented possibilities for the involvement of STI arose as the team of communist technocrats surrounding new party secretary Edward Gierek came to power at the turn of 1970 and 1971, initiating massive investment programs in the Polish economy. Soon the burning need for analytical support during the business talks and negotiations with foreign (capitalistic) partners emerged. For newcomers such as Polish clerks and managers of national enterprises, who were not familiar with the business culture in capitalistic world, backup from experienced intelligence seemed to be an indispensable help.

After a crucial reorganization of civil intelligence in the spring of 1973 the STI-branch started to play leading role in entire structure. Instead of previous single division (No. VI) five new divisions, assigned to the issues of STI have been established.

Probably the most intriguing point of know-how transfer across the Iron Curtain is the entire sophisticated system in which the intercepted piece of information circulated starting from the ascertainment of a demand for solution up to the point when requested solution - after having been successfully transferred to Poland - was implemented in the Polish economy. Historical reconstruction of the smuggling-procedure is now possible thanks to the case files preserved in the archive of former intelligence service, that have been meanwhile (after the year 2000) passed on to the archive of IPN. Author bases his conclusions on analysis of the sample of more than 50 records. That gives approximately 10% of operations aimed in multiply areas of IT-industry in the course of 20 years (1970-1990)³⁶.

There were in practice two points (moments) the whole intelligence machine started to work from. In the first, and more frequent, case scenario the idea of "importing" certain solution came up in engineer's or manager's mind, or was a result of brainstorming in particular factory's R&D branch, or elsewhere (independent institute, construction bureau, seldom university).

The most important source for historian when reconstructing this initial stage of intelligence-gathering is the content of so-called concise confidential sheet, an Institute or R&D facility had to fill out and address to the Ministry of Machine Industry. Categories included in this form informing us unequivocally that already on the level of factory (state enterprise) a sort of "white intelligence work" have been done. From the completed form the reader learns: which foreign (western) companies own the technology, furthermore whether there were some direct talks or arrangements made by Polish representatives with that companies in the past, finally – and that is the clue – why Polish government was failed to purchase that solutions. Usually three reasons have been quoted – insufficient funds (ie. - western currencies) for import purposes; embargo restrictions; reluctance of western company to share license.

Whether heads of Polish enterprises, predominantly distinguished Party leaders and influential communist apparatchiks, knew that addressing Minister of Machine Industry, the application would in fact reach the desk of intelligence officer, employed under cover in this ministry, remains uncertain (we do not have material evidence). However it is possible to confirm at least in selected examples, that among the higher managers and their deputies in enterprises (for instance MERA Union that united microelectronics factories) regular "consultants" of the security

³³ Michael Mastanduno, *op.cit.*, p. 179.

³⁴ J. Fred Bucy was vice-president of Texas Instruments.

³⁵ Michael Mastanduno, *op.cit.*, p. 194.

³⁶ Numbers are oversimplified (rounded off) by the author in order to make the narrative less complicated and more comprehend.

service and intelligence have been recruited. It is therefore very likely that those “sources of information” or “secret collaborators” were assigned to communicate with the intelligence staff during the preparation of application. Due to the security measures only trustful persons interfered with the confidential “request for technology” procedure. Ergo intelligence, supported by security service that controlled factories and scientific entities, stood as close as it was possible to define the problem as soon as possible and to secure its secrecy until the moment of its solving with the help of clandestine operation abroad.

After evaluation of the “request” by the undercover intelligence officers in the Ministry of Machine Industry, application have been passed on to the undersecretary in MSW responsible for intelligence and counterintelligence. As soon as Deputy Director of Intelligence approved operation, application went to the appropriate Division of STI complex, where case-officers “transcribed” technical requirements to instructions, which in turn were encrypted and sent around to those intelligence outposts abroad, which – according to reconnaissance carried out in R&D – were supposed to gain an access to the technology. In case of big multinationals as IBM or DEC, with their global network of offices, educational centers or local rollouts, even over a dozen intelligence outposts (affiliated by Polish embassies, consulates or bureaus of commercial counselors) with their spy-net had been assigned to the task simultaneously.

Targeting object (firm, institute etc.) that possessed demanded technology could last for several weeks, sometimes months, and in worst case scenario take even years. Depending on nature of technology and its value for the “client” in Poland, after some time a task could have been canceled. Approximately every one in four operations was terminated without achieving its goals. The task was removed for instance when certain technology became outdated meanwhile. The other time a penetration of the “object” by the agent (who had been previously recruited outside of the “object”) failed because his job-application has been rejected. In order to infiltrate into big multinationals STI examined very carefully their system of recruitment and training as well as salaries and incentive measures, looking for gaps that could be explored in order to slip an agent or even a regular intelligence employee. US’ “brain drain” was an excellent opportunity to take advantage of. Numerous students from behind the Iron Curtain were perceived as promising engineers and IT-guys, not that greedy and fussy as their colleagues in Western World. On the other hand intelligence tried to do some research, -possible only if there were at least couple of sources recruited inside of the firm already, - as it was the case with IBM and DEC, to find weak link among staff. In particular various negative features of personality have been taken into account, as addictions to sex, hazard, cupidity and last but not least ignorance and naivety. Famous case of Marian Zacharski and William Bell – Polish handler and its agent recruited in the Hughes Aircraft Company (today part of Raytheon) in the late 70s shows that really successful penetration of foreign company required a complex of harmonizing factors, including resourceful, flexible intelligence field officer, source with access to highly sensitive technology with long-term incentives for money-rewards, and perhaps the most important – a lot of luck³⁷.

Particularly critical element of smuggling technology was the way of both the reception of classified documents from the agent and paying the agent. Not necessary homeland of the agent or country where the certain firm had its HQ was chosen for the meeting. Concerning Europe, where the vast majority of spy-operations had been carried out, such countries as Swiss, Austria and Sweden were preferred as transfer area. They did not (until the 90s) belonged to EEC. For the similar reasons during the 80s also Cypress was perceived as a safety place to make deals with agents. In the second half of the decade USA exerted pressure on governments in Wien and Stockholm to implement CoCom restrictions and permit American custom officers operations on their soil³⁸. It caused radical shift of smuggling routes from the Mediterranean basin to the South-East Asia. Especially Malaysia became a reservoir of both lege artis purchased and illicit trafficked computers, peripheral devices and components for embargoed countries. According to CoCom assessment from the late 80s it was Poland that established most efficient channels of high-tech flow from Kuala Lumpur to CMEA area³⁹. Often the de facto illegal import was legalized with help of false End-Users Certificates (EUC), obtained in some third country through the Polish intelligence channels⁴⁰.

³⁷ For more on that operation see: Marian Zacharski, *Nazywam się Zacharski, Marian Zacharski. Wbrew regułom*, Poznań: Zysk i S-ka, 2009; С.В. Чертопруд, *Научно-техническая разведка от Ленина до Горбачева*, Москва: ОЛМА ПРЕСС 2002, p. 243-247.

³⁸ On the scope and evolution of the Austrian and Swedish trade with the East see: *Gaps in the Iron Curtain. Economic relations between neutral and socialist countries in Cold War Europe*, ed. G. Enderle-Burcel, P. Franaszek, D. Stiefel, A. Teichova, Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego 2009, p. 11-25, 89-164, 191-205 (Austria), 60-72 (Sweden).

³⁹ *Cryptogram no 4339 from Paris to HQ*, 10 V 1988, in AIPN, sign. 02320/21, PDF-copy, p. 161-162.

⁴⁰ Contemporary definition, understanding and practical usage of EUC see: Mark Bromley, Hugh Griffiths, *End-User Certificates: Improving standards to prevent diversion*, “SIPRI Insights on Peace and Security”, No. 2010/3, p. 1-15. Next to the EUC there were also other procedures applied within the CoCom community to control re-export of dual-use goods as Import Certificate/Delivery Verification system (IC/DV system). Mastanduno explains: “The system required an importing firm to obtain a certificate from its government to be presented to the exporting firm’s government on request, stating that a given item would not be re-exported without the explicit authorization of the importer’s government. To ascertain that the item actually arrived at its stated destination, the exporter’s government was given the right to request a delivery verification from the importer, again to be signed by the importer’s government. The IC/DV system thus committed other CoCom governments to being responsible for preventing the unauthorized diversion of U.S.-origin controlled goods to the East”. Michael Mastanduno, *op.cit.*, p. 103.

The matter of stealing technology is of course much more complex than pure transporting documents, blue prints, calculations or samples of materials (for instance wafers) across the border. An technical and intellectual environment is needed to implement certain product to mass manufacturing. Therefore sometimes entire production-lines were objectives of STI effort, including complicated technological and construction documentation, user manual, statistical analysis and test results etc. Moreover foreign engineers were asked for consulting, and were paid for travel to Poland (even 10 thousand per day as in case of company Macrodata specialist) in order to advice Polish staff.

On the other hand security service was obliged to control users of stolen solutions. To conceal origins of documents special team of intelligence employees (usually female secretaries supported by consultants) transcribed documents to Polish language, removing every symbols and signs or between the lines information, that indicated original owner of the technical documentation or patent. One can imagine that such a deceptive measure could not work when for example there were only couple of producers worldwide; for instance an ordinary Polish engineer with some basic knowledge about computer market, who came across documents during his daily work, could then easily find out where the data was coming from.

Despite of those obvious troubles with keeping the operation in secrecy, security service tried to protect its foreign sources and also domestic informants. As not so many Polish scientists were visiting foreign R&D centers and companies (in the 50s not more than 200 annually, in the following decade some 1000 annually and in the 70s approximately 2000 annually, respectively in the last decade up to 8000 annually, in every areas of sciences)⁴¹, it was quite easy to blow up Polish researcher, who stolen sensitive data from his host. It was always the matter of coincidence and probability. For example it was hard to believe (both for Polish colleagues from Institute of Electronics and American colleagues from RCA R&D division) that certain transistor logic developed by RCA have been invented and developed simultaneously in Poland, taking into consideration that it happened short after a Polish employee of mentioned Institute came back from business trip or accomplished internship in RCA.

Results of STI activity

Intelligence's officers massively purchased on the black market necessary microelectronic technology of various types: technical documentation and manual user guides for mainframes, minicomputers and later PCs, furthermore software solutions (CAD/CAM), components (transistors, chips, CPUs, RAMs). Hundreds of companies had been targeted and penetrated, predominantly in the USA, Japan and in Western Europe: RCA, CDC, Fairchild, Texas Instruments, CII, ICL, Siemens, Nixdorf, AEG-Telefunken, Olivetti, NUCON etc.

Black market operations were not the sole occupation of Division III (in 1977 renamed VI) responsible for IT within the STI-complex of I Department MSW. Officers were tracking, assessing and evaluating activity of the leading initiatives, think tanks, producers and users of advanced IT worldwide. Polish intelligence's officers using their covert positions in trade agencies or R&D-facilities attended international computer shows and conferences.

Although numerous vital technologies, intercepted by intelligence, has been applied pro publico bono, for instance automation of the production lines and numeric control equipment for the shipyards. The better even example is capture of the Totally Artificial Heart's (TAH) blueprints – an operation launched in the accordance with KGB in 1982 soon after the successful transplantation took place at the University of Utah in USA⁴². Nevertheless one has to emphasize that the Polish economy with its commercial requirements was not the only beneficiary of the intelligence operations. Selected tasks were performed in favor of military complex, whereas the other important recipient was Ministry of Internal Affairs (MSW) with its mission of surveillance on the Polish society.

Though the STI was very usually very supportive regarding many problems solved by the Polish R&D centers or manufactures, the entire state security apparatus contributed at the same time significantly to the backwardness of the Polish economy and society. For example Polish government – following the Moscow's pattern – has prevented development of the civil computer-networking because of internal security reasons⁴³. The Polish United Worker's Party leadership was namely afraid about the possibility of uncontrolled diffusion of (hostile) information in the society, especially after the breakthrough having been made by Solidarność-movement in 1980. Both the flawless implementation of the Universal Electronic System for Registration of the Population (PESEL) in the course of the 70s, and the participation of the Polish Ministry of Internal Affairs in the System of Joint Acquisition of Enemy Data (система объединённого учёта данных о противнике/СОУД) since the beginning of the 80s, coordinated by KGB's HQ in Moscow, proved that selected computerization of the country was indeed possible but in fact became instrumentalized in order to surveillance citizens.

After US government refused to permit export of VLSI devices and technology to Poland in 1974 intelligence became for the first time middleman in the extended clandestine negotiations between Polish authorities

⁴¹ Spletana Akademia. Polska Akademia Nauk w dokumentach władz PRL. Materiały Służby Bezpieczeństwa (1967-1987), Vol. 1, ed. Patryk Pleskot, Tadeusz Paweł Rutkowski, Warszawa 2009, p. 17, 42-43, 403-404; Rocznik Statystyczny GUS (Statistical Yearbook), Warszawa, 1975 and 1985.

⁴² The details of the Soviet technical requirements and the technology captured by the Polish source in Italy see: Operation codename "TAH". AIPN, sign. 02320/234.

⁴³ Compare: Benjamin Peters, How not to network the nation. The uneasy history of the Soviet internet, Cambridge (MA) – London: MIT Press 2016.

and selected OECD-countries' situated companies prone to share banned solutions with Poland. In result in the same year a series of secret contracts had been signed up with partners from USA, Japan, Great Britain and GDR⁴⁴.

Among the other minor and major high-tech goods intercepted in the 70s, there were for example:

- Technological documentation (5000 pages) of mainframe IBM 370/155, acquired on request from ELWRO computer plant and Institute of Mathematical Machines (IMM) (completed in 1972)⁴⁵.
- Assembly line for production of integrated circuits of Medium Scale of Integration (weight of equipment – 12 tons) with additional training of 30 Polish specialists in Japan, for ELWRO and IMM (accomplished in early 1973)⁴⁶.
- Devices for photolithography (three items), produced by Kulicke and Soffa Industries Inc., earmarked for Polish Scientific-Research Center for Semiconductors CEMI in Warsaw (1974)⁴⁷.
- Texas Instruments (100 items) and Fairchild (500 items) integrated circuits for multiply clients, among them Meratronik factory in Szczecin (1974)⁴⁸.
- Clandestine consulting of agent from company Macrodata regarding tester type MD-150 (1976)⁴⁹.
- User manual and description of computer-device CASE (Cardiac Assessment System for Exercise Testing)⁵⁰, delivered to Polish R&D Center for Medical Technique (first half of the 70s)⁵¹.
- Computer set DEC PDP 15 – one device (first half of the 70s).
- Intel 8080 processor – one device (first half of the 70s).
- Assembly line for production of monitors LCD (first half of the 70s).
- Assembly line for production of integrated circuits of Low Scale of Integration in MOS and TTL technology (first half of the 70s)⁵².
- During the 80s. among others following devices, technical documents and know-how had been captured:
 - Device for enhancing of semi-conductive structures produced by Quantronix⁵³.
 - Software for designing of integrated circuits SL 2000 produced by Silvar Lisco⁵⁴.
 - IBM 8100 terminal set⁵⁵.
 - IBM AT/XT personal computer⁵⁶.
 - Memotech RS 128/MTX 512 personal computer with NEC monitor⁵⁷.
 - PDP 11/73 DEC computer with HP laser printer⁵⁸.
 - PLS 511 Eberle console and driver of automation process from FRG (technology applied by NASA in shuttle space vehicles program) – one set⁵⁹.
 - Programming languages, OS, utilities, assemblers and translators: ADA, Jovital (application used by US Air Force)⁶⁰, IAS/RES, RSX-11M V4.0., RT-11 V4.0., REX DECnet Phase III, DECNET/E

⁴⁴ Report prepared by undercover intelligence unit in Ministry of Machine Industry regarding activity in 1974, Warsaw, 3 I 1974, in: AIPN, sign. 01789/211, PDF-copy, p. 130-131.

⁴⁵ Report prepared by undercover intelligence unit in Ministry of Machine Industry regarding activity in 1972, Warsaw, 11 I 1973, in: AIPN, sign. 01789/211, PDF-copy, p. 116-117.

⁴⁶ Ibidem.

⁴⁷ Report prepared by undercover intelligence unit in Ministry of Machine Industry regarding activity in 1974, Warsaw, 3 I 1974, in: AIPN, sign. 01789/211, PDF-copy, p. 135-137

⁴⁸ Ibidem.

⁴⁹ Report prepared by undercover intelligence unit in Ministry of Machine Industry regarding activity in 1976, Warsaw, 3 I 1977, in: AIPN, sign. 01789/211, PDF-copy, p. 149.

Testing equipment, especially applied in inspection of integrated circuits, was usually very specialized and through this unique. It was regarded by the CoCom authorities as “critical missing link in an entire production process” and therefore often assessed as so called “keystone equipment”. Michael Mastanduno, *op.cit.*, p. 190.

⁵⁰ Probably from GE company. Contemporary version see: http://www3.gehealthcare.com/en/products/categories/diagnostic_ecg/stress_testing/case_cardiac_assessment_system_for_exercise_testing (access 17.01.2017).

⁵¹ Report prepared by undercover intelligence unit in Ministry of Machine Industry regarding activity in 1978, Warsaw, 30 XII 1978, in: AIPN, sign. 01789/211, PDF-copy, p. 160.

⁵² Memo on current tasks carried out by the intelligence service of MSW for the Ministry of Machine Industry, Warsaw, 8 IX 1976, in: AIPN, sign. 01789/211, PDF-copy, p. 200.

⁵³ Operation codename “Quantex”. AIPN, sign. 01824/195.

⁵⁴ Operation codename “Kraft”. AIPN, sign. 01824/197.

⁵⁵ Operation codename “Abonent”. AIPN, sign. 02094/24.

⁵⁶ Operation codename “IBMPC”. AIPN, sign. 02320/204.

⁵⁷ Operation codename “Holder”. AIPN, sign. 01929/29.

⁵⁸ Operation codename “Pister”. AIPN, sign. 01591/479.

⁵⁹ Minister of Internal Affairs – State Secretary for Intelligence and Counterintelligence to Minister of Metallurgy and Machine Industry, Warsaw, 9 I 1987, in: AIPN, sign. 02320/235, PDF-copy, p. 12.

⁶⁰ Both ADA and Jovital documentation was received in framework of intelligence-interchange from East German intelligence Hauptverwaltung Aufklärung (HVA) des MfS. For details see: *Notiz Nr. 37/83*, Berlin, 17 XI 1983, in: AIPN, sign. 02320/240, Vol. 2, p. 85-87.

V.2.0., Fortran IV Plus, Fortran 77, Coral 66, Basic Plus 2 (some of those programs have been passed on to the Polish military intelligence service)⁶¹.

- Wide band transmission technology – know-how documentation⁶².
- Optical fiber transmission technology – know-how documentation⁶³.
- Technical documentation of Total Artificial Heart (TAH), intercepted by Polish intelligence in Italy in 1982, with assistance of Polish intelligence team from Swiss; subsequently passed on to KGB which was the end-recipient of technology (in framework of mutual intelligence sharing of Warsaw Pact members)⁶⁴.

During the 80s own demands of MSW grew rapidly, so that every one out of three operations concerning the dual-use devices or know-how was earmarked for the internal needs of security apparatus (civil and military). Examples are following:

- Modernization of mainframe-based Multifunctional Terminal System H 6030/6040, purchased legally in 1975 from Honeywell-Bull, for managing of Universal Electronic System for Registration of Population PESEL⁶⁵.
- System TEMPEST for protecting against emanating spurious transitions from electronic devices⁶⁶.
- Documentation of encrypted telecommunication systems produced by AEG-Telefunken: Mobiles Funkaufklärungssystem 9600, DF-AK 1206 VUZ⁶⁷.
- Documentation of devices produced by Solartron and Enertec, used in telecommunication surveillance: Radio Surveillance Network Minimo 9500, Measuring Receiver Minilock 6900A, Radio Communication Test Set Stabilock 4040⁶⁸.
- Far Looking Infrared (FLIR) devices type 2000A/2500A produced by FLIR Systems and EPITAXX Inc.⁶⁹
- Audio-video equipment and components produced by Toyo Communication Equipment Co. Ltd.⁷⁰
- Audio-video equipment and components, produced by Mitsumi Electric Co. Ltd.⁷¹
- Audio-video equipment and components, among them mini-engines BBU3R, produced by Sankyo Seiki Manufacturing⁷².

After the purchase of disk memories' components produced by Winchester company, together with technical manufacturing documentation, for 45 thousand USD, in framework of operation realized in years 1979-1980, the head of intelligence team working undercover in the Ministry of Machine Industry reported to the STI command in the Ministry of Internal Affairs: "[...] obtaining of similar data in Poland would have consumed 2 years of R&D effort including regular work of at least 10 specialists"⁷³. In fact during the 70s and 80s in the most expensive area of high-tech i.e. semiconductors, microelectronics and software, Polish STI purchased on the black market goods valued at 40 million USD. It is hard to calculate how much money were economized. At the end of the 80s the entire complex of STI (including heavy and chemical industry and biotechnology) brought savings of approximately 500 million USD annually⁷⁴.

Certainly throughout the 70s and 80s embargo-lists were modified many times, so that technologies prohibited in a specific year could have been easy to acquire a year after. A significant change toward the liberalization of trade was made by CoCom in 1984. Mastanduno points out that "*the threshold at which computer systems would in most cases be denied to the East was raised significantly from a processing data rate (PDR) of thirty-two bits per second to a PDR of forty-eight bits per second. Computers with a PDR of two to twenty-eight bits per second became licensable at national discretion; those in the twenty-eight to forty-eight range required a CoCom general exception but were eligible for favorable consideration*"⁷⁵.

⁶¹ Operation codename: "Sysdek". AIPN, sign. 01593/834; "Dekwa". AIPN, sign. 01593/835.

⁶² Operation codename "Frehop". AIPN, sign. 02320/564.

⁶³ Operation codename "Ruten". AIPN, sign. 02320/577.

⁶⁴ Operation codename "TAH". AIPN, sign. 02320/234.

⁶⁵ Director of Bureau "C" (Archive and Database of security service) in Ministry of Internal Affairs to Director of Department I (chief of intelligence service) in MSW, Warsaw, 13 VI 1987, in: AIPN, sign. 02320/240, Vol. 1, PDF-copy, p. 199 passim.

⁶⁶ Operation codename "Ulot". AIPN, sign. 02320/297, Vol. 1-2.

⁶⁷ More on those devices see: AIPN, sign. 02176/14, Vol. 1-4.

⁶⁸ Ibidem.

⁶⁹ The final (positive) result of the operation is not confirmed. AIPN, sign. 02320/569.

⁷⁰ Operation codename "Dekoder". AIPN 01929/28.

⁷¹ Ibidem.

⁷² Operation codename "Busan". AIPN, sign. 01593/434.

⁷³ Analysis of case study "Informatyka" for the period of time July 1974 – September 1981, Warsaw, 16 X 1981, in: AIPN, sign. 02320/296, Vol. 1, PDF-copy, p. 13-19.

⁷⁴ There is separate study referring to this particular area, published by the author already: M. Sikora, *Wywiad MSW PRL jako instrument...*, p. 55-98.

⁷⁵ Michael Mastanduno, *op.cit.*, p. 269.

The most intensified long-term tracked with help of open sources analysis and penetrated with help of recruited informants were multinationals IBM (operation codename "Herod")⁷⁶ and DEC (operation codename "Search")⁷⁷. STI started to collect data on IBM systematically as early as in 1976 and on DEC in 1983. Until the late 80s approximately 40 human intelligence sources within both IBM (US based HQ along with IBM Regional Office East and Central Europe in Austria and IBM Education Center in France) and DEC were exploited by Polish STI. Only during a single year - 1989, - there have been 27 co called BPM-meetings (Rapid Transfer of Material between officer and agent in the public places) with those secret collaborators organized worldwide. Preferred were such countries as Swiss, Austria, Mexico or Maghreb countries⁷⁸.

During the 70s and 80s hundreds of state institutions and private corporations dealing with the IT-research, especially think-tanks and universities around the world, were considered as promising targets for Polish intelligence. Sometimes there were already reliable officials ties existing between Polish and foreign universities that facilitated penetration with help of Polish students or scientists, who travelled abroad for scholarships, as it was in the case of Department of Informatics and Electronics at the University of Valencia Spain⁷⁹, or the Faculty of Telecommunication at the Polytechnic in Mons Belgium⁸⁰.

On the wish-list assembled in STI-HQ in the course of the second half of the 80s., we find following "objects" of interest: Cornell University Ithaca, University of California San Diego, Princeton University New Jersey, Stanford University Center for Integrated System, Semiconductor Research Corporation, Microelectronics and Computer Technology Corporation (in USA), Institute for New Generation Technology and Ministry of International Trade and Industry (MITI) in Japan, or governmental Department of Electronic and National Informatics Center in India⁸¹.

Moreover during the 80s national and transnational IT R&D programs were tracked by Polish intelligence, among them European Strategic Program for Research in IT, Eureka program of EU, West German program Aktion Komputer + Bildung, Japan Fifth Generation Computer program or British so-called Alvey's program⁸².

Among visited international symposia and conferences during the 80s there were for example: Federation for Information Processing Paris 1983, Fifth Generation and Super Computers Rotterdam 1984, Comdex Tokyo 1985 (organized by Taipei Computer Association, Hong-Kong Computer Federation Singapore Federation of Computer Industry), Europe Software 1985 Utrecht, Logic 1986 combined with Sicherheit 1986 Zürich, Personal Computer Show 1986 London, and many others. For instance among the lectures and discussions recorded unofficially by intelligence officer visiting Fifth Generation and Super Computers exhibition in Hague in January 1985 there were: "New Computer Architectures and DARPA" by Dr R. Kahn from Defence Advanced Research Projects Agency; "Super Computers, Vector Processing and Applications" by Sidney Fernbach from Alamo, USA; "Logic, Knowledge and Programming" by Maarten van Emden from the University of Waterloo, Canada; "Exploratory Computational Architecture Research in IBM" by Fred Ris from IBM Thomas J. Watson Research Center, USA; and "Panel discussion on National and Super-national Policies" moderated by Anton Edward Pannenberg from Philips, Netherland⁸³.

Open sources analysis took a significant part of STI activity throughout the 80s, however nowadays the distinction between the documents acquired in illicit way and those obtained from the open sources could be difficult. For example among the documents collected by the Polish intelligence task force according to the line of work "embargo policy" there were following, high level US and UK expertises drawn up in the mid 80s: Export Management Internal Control Guidelines for US exporters and foreign consignees; Summary and Analysis - Export Administration Act 1985 Amendments; Department of Commerce - Statement by acting assistant secretary for trade administration before the House of Foreign Affairs Subcommittee on International Economic Policy and Trade; Testimony of Deputy Undersecretary of Defense for Trade Security Policy before the House of Foreign Affairs Subcommittee on International Economic Policy and Trade; The Export Licensing Regulatory Dilemma – Nuts and Bolts primer on UK Licensing process; Current Mechanisms for Controlling the Flow of Scientific and Technical Information Abroad (analysis prepared at the University of Illinois)⁸⁴.

⁷⁶ AIPN, sign. 02320/418, Vol. 1-2.

⁷⁷ AIPN, sign. 02320/420, Vol. 1-2.

⁷⁸ *Report of team "Informatics" on 1989*, Warsaw, 5 II 1990, in: AIPN, sign. 02320/296, Vol. 1, PDF-copy, p. 32-35.

⁷⁹ Memo referring to R&D-projects conducted at the Valencia University in framework of „Eureka” program of the EEC, Madrid, 15 XII 1987, in: AIPN, sign. 02320/609, PDF-copy, p. 44-45.

⁸⁰ Memo referring to participation of some Belgian scientists in R&D-programs of the EEC, Madrid, 15 XII 1987, in: AIPN, sign. 02320/609, PDF-copy, p. 44-45.

⁸¹ See: Plans for line "Informatics" of Division VI in Department I MSW, for the period of time: 1986-1991 and 1987-1990, Warsaw 24 VI 1986/31 VIII 1987, in: AIPN, sign. 02320/296, Vol. 2, PDF-copy, p. 22-24, 28-30.

⁸² After president of British Telecom John Alvey. <http://www.encyclopedia.com/computing/dictionaries-thesauruses-pictures-and-press-releases/alvey-programme>.

⁸³ See for more details: *Memo on Fifth Generation and Super Computers Show*, The Hague, 14 I 1985, in: AIPN, sign. 02320/240, Vol. 1, PDF-copy, p. 158-162.

⁸⁴ AIPN, sign. 0449/16, Vol. 25 Part 1-2, p. 174-188.

Certainly some results of STI operations launched during the 80s cannot be evaluated nowadays because declassified documents of PPR's special services transferred to the public domain do not reach beyond the spring of 1990. Among the most spectacular long-term governmental project with Polish STI getting involved, was the secret agreement with the People's Republic of China. Talks mediated by the intelligence services of both countries started as early as in 1985. In Poland negotiations were referred to the prime minister. According to the preliminary arrangement worked out in 1988, China should purchase from US producer and subsequently install on its soil (in the duty free zone) the embargoed VLSI-assembly line able to manufacture 64 kB SRAM and 256 kB RAM in CMOS, NMOS and HMOS technology. The capacity was estimated at about 40 million chips annually. The price of that investment was calculated by the PRC specialists at approximately 120 million USD of which a quarter was the profit (provision) of the Chinese partner⁸⁵. The operation probably had been terminated in turn of 1989 and 1990.

Prospects for the further research on scientific-technical intelligence of CMEA countries

In the shadow of the official international cooperation in frame of CMEA the intelligence agencies practiced their own clandestine trade. Exchanged goods were here analytical information and documentation along with the samples of technologies implied in OECD. For instance some solutions were "ordered" by agency A1 by agency A2, which for instance had access to the facility F that was beyond the operational range of the A1; whereas the other time A2 offered to A1 solution, that had been previously captured (e.g. in favor of domestic R&D) in certain F but could have been shared (e.g. after it was successfully implemented in domestic economy), if a request from A1 occurred and some reimbursement (perfectly in USD) could have been ensured. Because of the political configuration of communist block with strong center (USSR) and its "reluctant" satellites⁸⁶, exchange routes went usually from KGB and to individual agencies and seldom between minor partners within the CMEA as for example Poland's MSW and GDR's Stasi. Among the several most fruitful (and those revealed to the public opinion) inter-intelligence undertakings coordinated by KGB and addressed to the domestic (Soviet) microelectronics industry were those carried out with help of Polish spies and its sources in USA – William Bell (access to Hughes Aircraft Company) and James Harper (access to Ballistic Missile Defense Advanced Technology Center and to System Control Inc.) at the turn of the 70s and 80s⁸⁷.

In the second half of the 80s, there were two branches of industry and at the same time areas of innovative R&D, that together filled up approximately 75% of batches of documents interchanged between Polish and Soviet STI's. The first one referred to the biotechnology and advanced chemistry, the second one to microelectronics and IT. That superiority of innovative – i.e. the most science absorbent disciplines over traditional domains (heavy industry, machine industry, energy) shows the trends in interest of CMEA camp that had been reflexed by intelligence undertakings⁸⁸. Nevertheless both pharmaceutical industry and biotechnological application in agronomy, though vital for the social development, did not have same importance for the overall condition of the economy on both sides of the curtain as computer science and manufacturing of integrated circuits. Next to the pure know-how and devices exchange also the practical knowledge and experience in bypassing embargo and avoiding detection while black-market purchases or clandestine financial transfers, were the subject of mutual Polish-Soviet information sharing⁸⁹.

An important distinction between the illicit efforts of PPR and USSR in the field of scientific-technical intelligence and espionage, was that of the "executor" of those measures. In Poland at the latest in 1974 the military intelligence entirely ceded the information gathering in that field to its civil counterpart⁹⁰, while in USSR the GRU not only participated in the STI activity but even was able to overtake KGB in high-tech data acquisition during the late 70s⁹¹.

Before discovering the surreptitious level of cooperation between individual intelligence services of the CMEA community, the work-in-progress studies on the official internal CMEA relations regarding the joint R&D undertakings, cooperative manufacturing and trade with electronics and computer commodities are necessary. The preliminary outcomes of the case study focused on Soviet-Polish cooperation in the field of computers prove that the sources (textual documents) referring to the mentioned scope of technology are immense. Among the most valuable

⁸⁵ Ministry of Internal Affairs – Department I (intelligence) - Information on import of VLSI assembly line, 10 III 1988, in: AIPN, sign. 02447/89, p. 72-74.

⁸⁶ Teresa Rakowska-Harmstone, *Reluctant Clones. Moscow and the "Socialist Commonwealth"*, Warsaw: Collegium Civitas – Institute of National Remembrance 2014, p. 30.

⁸⁷ Office of the Undersecretary of Defense – Memorandum for Administrator Defense Technical Information Center, Subject: Soviet Acquisition of Militarily Significant Western Technology: An Update (September 1985), 21 Oktober 1985, sign. (NARA) - AD-A160 564 i 20000801 170, p. 20.

⁸⁸ M. Sikora, *Intelligence-interchange...*, p. 104.

⁸⁹ Справка об усилении со стороны Запада над экспортом в СССР и деятельности спецслужб противника на этом направлении в условиях перестройки советской экономики, ОЧН-011727/P/89, in: AIPN, sign. 0449/26, Vol. 25, 23 XI 1989, p. 26-32.

⁹⁰ Attachment number 4 entitled "Zasady Współpracy w dziedzinie działalności wywiadowczej" to the agreement entitled "Zasad współpracy Ministerstwa Obrony Narodowej i Ministerstwa Spraw Wewnętrznych", 1974, in: AIPN, sign. 02385/136, p. 102.

⁹¹ Compare: Office of the Undersecretary of Defense – Memorandum for Administrator Defense Technical Information Center..., p. 14-16.

are files (analysis, reports, prognoses etc.) of the Soviet State Committee for the Science and Technology⁹², as well as the Soviet State Committee for the Computational Technique and Informatics⁹³. Moreover both collections left by the Ministry for Radio[-technical] Industry⁹⁴ and the Ministry for the Electrical Industry of the USSR are of great importance⁹⁵.

The mutual cooperation can be also reconstructed by the analysis of extensive reports produced annually by the various CMEA bodies⁹⁶. Probably the best insight into the cooperation in the area of computers deliver documents of the Permanent Committee for the Radio-technical and Electronics Industry along with its many sub-committees (occupied themselves with such a detailed areas as only integrated circuits)⁹⁷. Interestingly some fragments of protocols written down after the Permanent Committee and sub-committees' meetings were classified, presumably because of their content's connection to the issue of embargo bypassing⁹⁸. Finally both the records of Soviet and Polish Permanent Commissions to the CMEA seem to be worth investigation, although the latter are not yet available for the researchers⁹⁹. The rest of documents mentioned above are stored and accessible in the Russian State Archive of the Economy (Российский государственный архив экономики - RGAE).

Additionally the heritage of the Polish Ministry of Machine Industry (and Metallurgy), responsible for the electronics branch of industry¹⁰⁰, and the Committee for the Science and Technology¹⁰¹ as well as the Office for the Scientific-Technical Progress and Implementation¹⁰², available in the Polish Archive for the Modern Records (Archiwum Akt Nowych - AAN) in Warsaw, provide us a different angle of view on the Polish-Soviet high-tech exchange.

Conclusion

The most relevant difference between STI and the remaining intelligence branches is that the outcomes of the STI's work can be measured and evaluated more precisely, than the clandestine impact on policy-making or influence on the cultural-sphere of the opponent. Political, economic and military dimensions of intelligence-gathering are focused on performing analyses, assessments and prognosis, based on intercepted cables etc. STI not only provides to the state-authorities pure information, but also delivers measurable solutions (patterns, prototypes, chemical materials, electronic devices etc.).

A distinguished Polish researcher of KGB Leszek Pawlikowicz claims that along with the officers placed in the analytical units outside of the intelligence's center, the entire staff of Soviet civil STI during the 70s was over 1000 people. Its Polish counterpart was five times weaker¹⁰³.

One has to emphasize that for Polish government the CoCom legal restrictions were not the only reason for massive stealing of technology, but also the pure commercial constraints and social orientated considerations (shortcuts and savings in R&D-works, avoiding expensive licenses, delivering consumer goods to the market etc.) played a significant role.

According to KGB's reports stolen by Mitrokhin, three fourth out of the 5.5 thousand samples, devices and components intercepted by Russian spies in 1980, were earmarked for military and operational needs of intelligence and barely 25% have been applied in the civil industry¹⁰⁴. In Poland approximately 1/3 of operations (tasks) carried out by Division VI have been dedicated to the needs of MSW or Military. However in refer to other STI-divisions (V and VII) responsible for chemistry respectively heavy industry those coefficients were much lower (civil sector was almost the only beneficiary of STI operations). That kind of juxtapose has obviously many flaws and therefore it does not pretend to be a definitive conclusion.

The prominent historian of CoCom Michael Mastanduno presents following opinion on communist STI efficiency, bolstered by the CIA analysis: "*Yet, if the objective of the controls was to delay Soviet acquisition of militarily relevant Western technology in order to assist the United States and the West in maintaining a qualitative advantage in the arms race, then it is reasonable to consider CoCom something of a success. A study carried out by*

⁹² RGAE, Государственный комитет Совета Министров СССР по науке и технике 1948 – 1991 – фонд No. 9480.

⁹³ RGAE, Государственный Комитет СССР по Вычислительной Технике и Информатике 1986 - 1991 - фонд No. 680.

⁹⁴ RGAE, Министерство радиопромышленности 1965-1970[1991] - фонд No. 23.

⁹⁵ RGAE, Министерство электронной промышленности 1965-1967[1991] - фонд No. 430.

⁹⁶ RGAE, Секретариат Совета экономической взаимопомощи 1949 – 1991 - фонд No. 561.

⁹⁷ Постоянная комиссия по радиотехнической и электронной промышленности in: RGAE, Секретариат СЭВ 1949 – 1991 - фонд No. 561, опись No. 14, 14пп, 32с/пп.

⁹⁸ Заседание Постоянной комиссии по радиотехнической и электронной промышленности No. 32, Врно, 29 May – 2 June 1977; in: RGAE, Секретариат СЭВ 1949 – 1991 - фонд No. 561, опись No. 32с/пп, Дело No. 23, p. 16.

⁹⁹ RGAE, Постоянное представительство СССР при Совете Экономической Взаимопомощи 1949 – 1988 - фонд No. 302.

¹⁰⁰ AAN, Ministerstwo Przemysłu Maszynowego 1967-1981, Inventory No. 1758; AAN, Ministerstwo Hutnictwa i Przemysłu Maszynowego 1981-1987, Inventory No. 1757.

¹⁰¹ AAN, Komitet Nauki i Techniki 1963-1972, Inventory No. 787.

¹⁰² AAN, Urząd Postępu Naukowo-Technicznego i Wdrożeń 1985-1991, Inventory No. 2726.

¹⁰³ Leszek Pawlikowicz, Aparat centralny 1, Zarządu Głównego KGB jako instrument realizacji globalnej strategii Kremla 1954-1991, Warszawa: Bellona - Rytm 2013, p. 133, 203-204.

¹⁰⁴ Ch. Andrew, W. Mitrochin, *Archiwum Mitrochina, op.cit.*, p. 409.

U.S. intelligence agencies in 1965 indicated that Soviet block development of wide range of miniaturized military equipment was hindered significantly by the denial of semiconductor and transistor manufacturing know-how and equipment. The study further noted that 'the denial of sophisticated technologies for modern telecommunications has dampened – and in some cases halted – Block-wide plans for expanding secure >land-line< communications network, without which air defense capabilities, for example, are handicapped'. Access to the most advanced Western computer technology would have facilitated Soviet research and development of advanced weapon systems. Similarly, the easy availability of western metallurgical technology would have allowed the Soviets to reduce the weight and improve the performance characteristics of their military aircraft. Overall, relaxation of CoCom controls would have given the Soviet military 'an improved ability to improve its basic missions''¹⁰⁵.

Doubtlessly the history of microelectronics in context of embargo and foreign intelligence services matters also today. The entanglement of states orchestrated institutions in the disputable market operations results from the complex constraints of current geostrategic configuration. The contemporary discussion on US sanctions against Russia and possible Kremlin countermeasures bring to mind the Cold War economic tensions. Even the recent frictions between US and European governments resemble those from the 60s or 80s of the 20th century¹⁰⁶.

¹⁰⁵ Michael Mastanduno, *op.cit.*, p. 120.

¹⁰⁶ Newspaper-edition of Коммерсантъ released in the late July 2017 comes back to the Cold War by presenting the short chronology of US sanctions against USSR. See: Коммерсантъ, Над Америкой нависли контсанкции, 27 VII 2017, No 135.