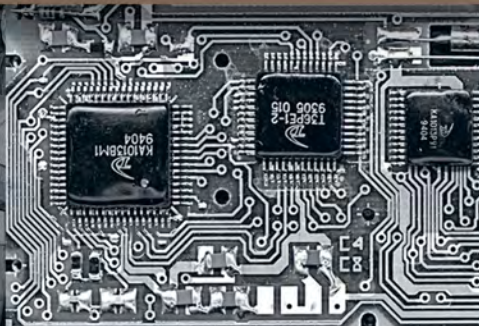




АПЛАНА
ГРУППА КОМПАНИЙ

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ИТ

5



СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ИТ



Страницы истории ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ИТ

Том 5



ВИРТУАЛЬНЫЙ
КОМПЬЮТЕРНЫЙ
МУЗЕЙ



альпина
ПАБЛИШЕР



Москва
2019

УДК 004:001
ББК 32.973
С83

С83 Страницы истории отечественных ИТ / Сост. Э.М. Пройдаков. — М.: Альпина Паблишер, 2019.

Т. 5. — 2019. — 224 с.

ISBN 978-5-9614-2052-4

Пятый том серии книг «Страницы истории отечественных ИТ», издающихся с 2014 года, включает в себя материалы о крупных государственных программах в области ИТ в нашей стране, осуществлявшихся в 60–80-е годы прошлого века.

Одним из самых грандиозных проектов в области электроники и ИТ является создание советской «Кремниевой долины» в г. Зеленограде под Москвой. Значительная часть материалов пятого тома рассказывает о тех, кто принимал непосредственное участие в создании и развитии первого отечественного «электронного кластера», о том, какие задачи решались в те годы, об успехах и неудачах этого грандиозного проекта. В этой книге читатель найдёт также интервью с вице-президентом АН СССР (1978–1991 гг.) и РАН (1991–1996 гг.), академиком Евгением Павловичем Велиховым и генеральным директором знаменитого «Ангстрема» Валерием Леонидовичем Дшхуняном.

Серия книг «Страницы истории отечественных ИТ» посвящена тем замечательным советским учёным, инженерам, программистам, которые в 1940–1980-х годах закладывали основы отечественной информатики и вычислительной техники, стояли у самых истоков сегодняшнего российского рынка информационных технологий, создавали наши первые ЭВМ и уникальные информационные системы.

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

УДК 004:001
ББК 32.973

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

ISBN 978-5-9614-2052-4

© АО «АйТи», Виртуальный компьютерный музей, 2019

Содержание

Предисловие Тагира Яппарова.....	5
Предисловие Эдуарда Пройдакова	7
Раздел 1. Люди	9
Е.П. Велихов «Школам нужны были компьютеры»	11
В.Л. Дшхунян: «Я благодарен судьбе за всё, что со мной было...»	29
Раздел 2. Организации.....	51
Б.М. Малашевич Инновационный Центр советской микроэлектроники	53
Б.М. Малашевич Зеленоград электронный.....	168
Раздел 3. Машины.....	199
Ю.В. Рогачев ЭВМ М4–2М – основа вычислительной сети СПРН	201

ВЫРАЖАЕМ БЛАГОДАРНОСТЬ ЗА УЧАСТИЕ В ПОДГОТОВКЕ КНИГИ:

председателю Совета директоров группы компаний Аплана
Тагиру Галеевичу Яппарову,

генеральному директору Управляющей компании АйТи
Игорю Родомировичу Касимову,

академику, вице-президенту АН СССР (1978–1991 гг.) и РАН (1991–1996 гг.)
Евгению Павловичу Велихову, а также членам его семьи,

директору НИИТТ и завода «Ангстрем» (1987–1993 гг.), генеральному директору
ОАО «Ангстрем» (1993–2004 и 2008–2010 гг.), председателю Совета директоров
ОАО «Ангстрем» (2005–2006 и 2010–2012 гг.), генеральному директору
ОАО «Российская электроника», члену Коллегии РАСУ (1997–2004 гг.)
Валерию Леонидовичу Дшхуняну,

директору Виртуального компьютерного музея
Эдуарду Михайловичу Пройдакову,

директору Службы маркетинга группы компаний Аплана
Дмитрию Леонидовичу Ведеву,

руководителю пресс-службы группы компаний Аплана
Сергею Николаевичу Севрюкову,

членам Совета Виртуального компьютерного музея
Борису Михайловичу Малашевичу и Юрию Васильевичу Рогачеву.

ДОРОГИЕ ЧИТАТЕЛИ!

Мы живём в очень интересное время, которое уже получило множество громких определений, таких как «эпоха цифровой трансформации», «индустрия 4.0», «цифровая экономика» и пр. Если говорить простыми словами, то мы стремительно движемся в сторону нового уклада жизни, основанного на информации, знаниях, технологиях. Поэтому перед нашей страной, нашей ИТ-индустрией встают важнейшие вопросы: сможем ли мы быть конкурентоспособными в новом цифровом мире? способны ли мы создавать оригинальные российские цифровые технологии и продукты?



Пять лет назад мы вместе с Виртуальным компьютерным музеем начали большую работу: по крупицам, используя воспоминания очевидцев и непосредственных участников событий тех лет, стали собирать и публиковать материалы о непростой истории развития компьютерных технологий в нашей стране в её советский период. Возможно, кто-то скажет: легко критиковать ошибки и просчёты тех лет (а их, к сожалению, было немало) с позиций сегодняшнего дня. Но мы решили быть максимально честными и объективно, без прикрас рассказывать об уникальных технологических и организационных проектах той эпохи со всеми их достижениями и неудачами.

Один из самых грандиозных таких проектов в области электроники и ИТ — создание советской «Кремниевой долины» в г. Зеленограде под Москвой. В 2018 г. Зеленограду исполнилось 60 лет, поэтому значительную часть материалов пятого тома мы посвятили людям, которые принимали непосредственное участие в развитии первого, как бы теперь сказали, «электронного кластера». Особо ценны для нас воспоминания тех, кто во многом определял развитие электроники и информатики в поздний советский период. В книге, в частности, вы найдёте интервью с Е.П. Велиховым, академиком, вице-президентом АН СССР (1978–1991 гг.) и РАН (1991–1996 гг.), а также с В.Л. Дшхуняном, возглавлявшим знаменитый «Ангстрем».

Страницы истории отечественных ИТ

Надеюсь, что пятый том «Страниц истории отечественных ИТ», который даёт широкую историческую панораму развития ИТ в СССР, будет интересен всем тем, кто не равнодушен к истории нашей науки и техники.

Тагир Яппаров,
председатель Совета директоров
группы компаний Аплана

ДОРОГОЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Предлагаемый вашему вниманию пятый том «Страниц истории отечественных ИТ» посвящён 60-летию Зеленограда — городу российской микроэлектроники, отечественной Кремниевой долине, как его иногда называют.

Сначала он назывался «Спутник» и ориентировался на лёгкую промышленность, но в 1962 г. был переориентирован на создание и развитие отечественной микроэлектроники в качестве её инновационного центра. Зеленоградом и 30-м районом Москвы он стал в 1963 г., то есть 55 лет назад.

В 1962 г. в Спутнике были созданы НИИ микроприборов (НИИМП) и НИИ точного машиностроения (НИИТМ) со специализацией в разработках бортовой техники (НИИМП) и спецтехнологического оборудования (НИИТМ).

А в 1963-м был создан Научно-исследовательский институт точной технологии (НИИТТ) с заводом «Ангстрем» для разработки и производства интегральных схем — основной продукции микроэлектроники. Среди организаций, специализирующихся в создании интегральных схем и технологий их производства, НИИТТ был первым и в Зеленограде, и в стране.

Во второй половине 1963 г. в НИИМП был разработан радиоприёмник «Микро» — первое в стране и мире изделие потребительской микроэлектроники, с 1964 г. серийно выпускавшееся заводом «Ангстрем».

Таким образом, в этом, 2018-м, году мы имеем четыре юбилея:

- 60 лет городу Зеленограду — инновационному центру отечественной микроэлектроники,
- 55 лет со времени получения городом названия «Зеленоград»,
- 55 лет созданию первого в стране специализированного предприятия микроэлектроники — НИИТТ с заводом «Ангстрем»,
- 55 лет созданию первого в стране и мире изделия потребительской микроэлектроники — радиоприёмника «Микро».



Этим важным событиям в истории города в основном и посвящается сборник.

«Зеленоградский блок» в этом сборнике включает три больших материала, в которых впервые подробно и систематизированно рассказывается о том, как создавался Центр микроэлектроники, что разрабатывалось и производилось на зеленоградских предприятиях — НИИ и заводах. И что такое Зеленоград ныне.

Из-за закрытости организаций Зеленограда в дореформенный период информация обо всём, что было связано с микроэлектроникой, поступала в открытую печать крайне скупо, обрастая всевозможными мифами и легендами. Интервью с одним из знаковых людей полупроводниковой отрасли — Валерием Леонидовичем Дшхуняном — во многом приоткрывает завесу над разработками и событиями тех лет, над гениальными решениями и упущенными возможностями.

Мы надеемся, что данный сборник станет для специалистов и историков техники источником достоверной информации по Зеленограду как центру отечественной микроэлектроники. Хочу отметить важную роль в подготовке этих материалов ветерана Зеленограда Бориса Михайловича Малашевича, без которого этот блок статей не состоялся бы. Ему же мы обязаны подготовкой «Календаря событий», размещённого на форзацах сборника.

Ещё один материал содержит уникальную информацию по отечественной компьютерной истории. Это статья Юрия Васильевича Рогачева «ЭВМ М4–2М — основа вычислительной сети СПРН». Юрий Васильевич — непосредственный участник этой разработки, поэтому информация в статье, что называется, из первых рук.

Наконец, важное место в сборнике занимает интервью с академиком Евгением Павловичем Велиховым, оказавшим большое влияние на внедрение компьютерных классов в школах страны, на разработку и выпуск ряда машин, на которых строились рабочие станции для систем автоматизированного проектирования (САПР), а также управляющих систем для различных видов вооружений. Часто его участие никак не афишировалось, но оно было существенным, как например, при организации производства ПЭВМ «Агат» и КУВТ «Корвет».

Отечественная компьютерная история богата различными событиями, но в ней ещё остаётся немало «белых пятен», и я рад, что «пятикнижие» «Страницы истории отечественных ИТ» восполняет недостаточность освещённости темы в публикациях.

Эдуард Пройдаков,
директор Виртуального компьютерного музея

Раздел 1

Люди

Евгений Велихов:

«Школам нужны были компьютеры»

С академиком **Евгением Павловичем Велиховым**, многообразная деятельность которого коснулась различных важных аспектов организации компьютерного образования школьников, разработки отечественной вычислительной техники, создания Отделения информатики в рамках Академии наук СССР и многих других исторических событий, беседует директор Виртуального компьютерного музея **Эдуард Пройдаков**.

Эдуард Пройдаков: Евгений Павлович, Вы по специальности физик, тем не менее, Отделение информационных технологий и вычислительных систем было создано в Академии наук по Вашей инициативе. Откуда у Вас появился интерес к информационным технологиям?

Евгений Велихов: Я всю свою жизнь работаю в Курчатовском институте. А по-настоящему за все эти компьютерные дела взялся после неожиданной смерти Рэма Викторовича Хохлова. Он должен был стать преемником тогдашнего президента Академии наук СССР Анатолия Петровича Александрова. Вообще-то мы с Рэмом договаривались отправиться в горы вместе, но я остался здесь, строил дом в деревне. И вот вдруг приезжают ко мне и говорят, что в горах погиб Рэм. Меня вызывают в ЦК. Вызвал меня Трапезников, зав. отделом ЦК КПСС, и сообщил, что в связи с гибелью Рэма Хохлова принято решение назначить меня вице-президентом Академии наук. Так, в 1977 году меня, как это тогда называлось, выбрали, а на самом деле — назначили, вице-президентом Академии наук. И 20 лет я им был. Ну, назначили, и я постепенно начал входить в курс дела, разбираться с проблемами Академии.



Интервью
с Е.П. Велиховым
(видео)



Президент АН СССР А.П. Александров и вице-президент АН СССР Е.П. Велихов со специалистами

И первое, что я тогда понял: период правления Н.С. Хрущёва нанёс серьёзный ущерб Академии наук. Ключевые институты Технического отделения были отобраны и отданы отраслям. Никакой другой системы, взамен разрушенной, создано не было. В мире разворачивалась информационная революция, а Академия наук СССР оказалась вне игры. И, разумеется, встал главный вопрос: что делать?

В это время у меня уже были налажены хорошие отношения по другим направлениям, в частности по вопросам разоружения, с американцами. В Массачусетском технологическом институте работал мой знакомый Эд Фредкин. Когда он приехал в Москву, мы с ним обсудили ситуацию, и он не переставал удивляться: ну как же так, разве может такая страна, как Советский Союз, не заниматься развитием информационных технологий? После нашего разговора я стал отовсюду собирать народ,

занимавшийся этим направлением. Рассылались соответствующие письма высшему начальству. Я поставил этот вопрос перед Анатолием Петровичем Александровым, тогдашним президентом Академии наук, и твёрдо сказал, что надо в Академии создавать самостоятельное отделение. Александров занимал в то время уникальную должность, которую, к сожалению, мы повторить никак не можем: он одновременно был и директором Курчатовского института, и президентом Академии наук. Надо сказать, что в самой Академии довольно серьёзно сопротивлялись моему намерению создать отделение информатики. Противников у этой идеи было немало. Математики, например, считали, что и без этого СССР всегда будет ведущим в области программного обеспечения, поскольку у нас в стране самые лучшие программисты-математики. Физики уверяли, что всё остальное, то есть аппаратное обеспечение, их дело. Задачи управления военными и промышленными объектами находились в ведении Отделения механики и процессов управления. Так что, мол, никакой необходимости в создании специального отделения информатики нет. В общем, в каждом отделении говорили, что не нужно. В конце концов Анатолий Петрович это решение, что называется, продал. 3 марта 1983 года состоялось общее собрание АН СССР, на котором было принято решение о создании в Академии Отделения информатики, вычислительной техники и автоматизации (ОИВТА). Оно было создано на базе четырёх институтов АН СССР: Института прикладной математики им. М.В. Келдыша, Вычислительного



Действительный член Академии наук СССР

в области программного обеспечения, поскольку у нас в стране самые лучшие программисты-математики. Физики уверяли, что всё остальное, то есть аппаратное обеспечение, их дело. Задачи управления военными и промышленными объектами находились в ведении Отделения механики и процессов управления. Так что, мол, никакой необходимости в создании специального отделения информатики нет. В общем, в каждом отделении говорили, что не нужно. В конце концов Анатолий Петрович это решение, что называется, продал. 3 марта 1983 года состоялось общее собрание АН СССР, на котором было принято решение о создании в Академии Отделения информатики, вычислительной техники и автоматизации (ОИВТА). Оно было создано на базе четырёх институтов АН СССР: Института прикладной математики им. М.В. Келдыша, Вычислительного



Визит А.П. Александрова в Шатуру, 1986 г.

центра, Института проблем передачи информации и Ленинградского института информатики и автоматизации. На организацию Отделения информатики ушло шесть лет. Хорошее было отделение, но потом его начали растаскивать по частям. Тем не менее Отделение всё-таки сформировалось и до последнего времени оставалось одним из самых эффективных в рамках Академии.

Э.П.: Я читал программу или цели, которое Отделение ставило перед собой. Там был и искусственный интеллект, и всё на свете. Цели в те времена, надо сказать, были очень амбициозными.

Е.В.: К сожалению, не всё, что задумывалось, удалось реализовать. Немножко опоздали. Хороший институт создали в Переславле-Залесском (Институт программных систем). Кое-что, хотя и не совсем то, что замыслили, организовали в Ярославле (Институт микроэлектроники и информатики). Там раскручивался академический центр. В Отделение перешла часть коллектива ИНЭУМ во главе с его директором Б.Н. Наумовым. Он и стал руководителем Института проблем информатики. Пригласили К.А. Валиева, который возглавил Физико-технологический институт. В Черногловке был создан Институт проблем микроэлектронных технологий. Несколько позже, уже при Горбачёве, было организовано пять центров микроэлектроники — в Москве, Ленинграде, Вильнюсе и Новосибирске. Развёртывание одного из этих центров планировалось в МГУ, но тогдашний ректор Логунов так это и не осуществил.

Э.П.: До 90-го года была Программа развития вычислительной техники. ЦК КПСС и Совмин её принимали, согласовав с Академией наук. А после 90-го года ни одной программы по развитию вычислительной техники так и не появилось. В чём причина?

Е.В.: Вы же помните, что это было связано с распадом государства, с появлением Б.Н. Ельцина. М.С. Горбачёв активно нас поддерживал, я его тогда привозил и на «линейку», и в институт. А когда пришёл Ельцин, начался период развала. В то время я и другими делами вынужден был заниматься, потому что и для Курчатовского института наступили трудные времена.

Э.П.: Вас называют отцом школьной информатизации. Как это происходило?

Е.В.: Часть этих работ была связана с моей деятельностью, с компьютерным образованием школьников. Мы решили, что начинать надо именно с ребят. Школам нужны были компьютеры. Министр образования заявил, что ему необходима тысяча компьютеров. Встал вопрос: как это сделать? В МГУ, в Институте физики плазмы, была группа, которая в 1985 году разработала неплохой персональный компьютер для

школы на 8-разрядном процессоре — «Корвет». Его производство начали на Бакинском производственном объединении «Радиостроение», а потом и на многих других предприятиях. Но первоначально была проведена закупка (в качестве первой очереди) 225 комплектных компьютерных классов на базе японского компьютера «Ямаха», которые распределили по всем республикам СССР. Такие оперативные и эффективные действия способствовали быстрому продвижению информатики в учебный процесс в школах и разработке разнообразного программного обеспечения. Первичный опыт изучения и использования импортной техники позволил уже в августе 1985 года подготовить Техническое задание на разработку и производство комплектов технических средств и оборудования кабинетов вычислительной техники для всех типов учебных заведений.

В начале марта 1985 года генеральным секретарём ЦК КПСС становится М.С. Горбачёв. И уже 28 марта 1985 года выходит Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 271 «О мерах по обеспечению компьютерной грамотности учащихся средних учебных заведений и широкого внедрения электронно-вычислительной техники в учебный процесс». Это постановление можно считать стартовым моментом массовой компьютеризации школ. Было решено начиная с 1985/86 учебного года ввести повсеместно в 9–10 классах новый предмет — «Основы информатики и вычислительной техники».

23 января 1986 года вышло Постановление ЦК КПСС и Совмина СССР «О создании и развитии производства в СССР персональных ЭВМ», в котором в том числе были определены и конкретные задания по производству ПЭВМ для использования в сфере образования. К моменту выхода этого постановления в стране в небольших количествах выпускалось несколько типов ПК, которые рассматривались как возможные для использования в школах. Это были машины «Агат», комплект учебной вычислительной техники КУВТ-86 (в составе машины учителя ДВК-2 и рабочих мест учащихся — БК-0010) и некоторые другие модели. Хотя ПЭВМ «Агат» и предлагалась в качестве



Советский 8-разрядный персональный компьютер «Корвет»

учебной, по целому ряду своих показателей (невысокая надёжность, отсутствие локальной сети в серийных экземплярах) она не могла быть отнесена к этому классу. Тем не менее таких машин к концу 1988 года было выпущено около 12 тысяч.

В качестве основных отечественных технических средств для образования рассматривались две основные модели — комплекс «Корвет» (состоящий из ПК-8020 в качестве рабочего места преподавателя и ПК-8010 в качестве рабочего места учащегося), разработанный в НИИсчётмаш Минрадиопрома СССР (а исходно на физическом факультете МГУ, коллективом под руководством А.Т. Рахимова), и комплекс «Электроника МС 0202» (УКНЦ), разработанный в НИИ «НЦ» Минэлектронпрома СССР. Эти комплексы были разработаны в 1986 году, в 1987-м начали серийно выпускаться, но ещё в течение нескольких лет проводилась их доработка. Различия между комплексами были обусловлены применением разных микропроцессоров, производимых на предприятиях разных министерств. Между тем в эти годы машины архитектуры Intel очень быстро совершенствовались, цена на них стремительно падала, их поток в Советский Союз всё время нарастал. Подобные машины начали выпускаться и в СССР. Поэтому уже к 1990 году в докладе МНТК «Персональные ЭВМ» в качестве стратегической линии было предложено использовать в образовании IBM PC-совместимые машины. Вскоре произошёл распад СССР. Министерства ликвидировались и преобразовались, производство ПЭВМ в стране практически прекратилось. Ниша школьной информатизации оказалась занята в основном импортными машинами архитектуры Intel, впрочем, как и во всех других областях.

Отмечу, что в 1987 году мой опыт международного сотрудничества и мои связи пригодились. Моя супруга, Наталья Алексеевна, попросила меня помочь ей с организацией школьных лагерей. Это произошло совершенно неожиданно. Она попала в Фонд мира, где ей предложили принять участие в программе обмена с американскими школьниками. В это время в Переславле-Залесском открылся Институт программных систем, и я попросил директора института Альфреда Карловича Айламазяна подыскать в тех краях подходящее место для лагеря. Он охотно откликнулся, и началась наша эпопея. Я мечтал вовлечь в это дело тысяч сто советских школьников, хотя многим такое моё желание казалось маниловщиной.

В Переславле тогда был открыт компьютерный лагерь-школа, первое заведение такого типа в нашей стране. В 1988 году наш компьютерный лагерь-школа получает статус Ассоциированной школы ЮНЕСКО. В 1989 году выходит Распоряжение Совета Министров СССР № 893Р «О создании Международного детского компьютерного центра при Институте программных систем Академии наук СССР», подписанное



Советско-американский компьютерный лагерь

председателем Совета Министров СССР Н.И. Рыжковым. Из этого вышло потом два направления — образовательное и достижения молодых. За три десятка лет существования МДКЦ там отдохнули, получили знания и набрались сил для новых свершений множество детей из разных стран.

Э.П.: Евгений Павлович, есть несколько историй в Вашей жизни, которые тесно связаны с историей отечественной вычислительной техники. Они, к сожалению, мало известны широкой публике. Это, прежде всего, история создания рабочей станции «Беста» и семейства компьютеров «Багет».

Е.В.: В 1983 году я был уже вице-президентом Академии наук, вёл лично научные семинары. На семинаре в июне 1983 года молодой Владимир Бетелин, окончивший механико-математический факультет МГУ и с конца 1970-х сотрудничавший с ЗИЛом, рассказал о своей работе на этом московском автозаводе по созданию системы диалоговой графической системы автоматизации прочностных расчётов. Спустя неделю я приехал на ЗИЛ, остался доволен увиденным и решил, что для расширения этой работы необходимо создать лабораторию по проблемам интерактивной машинной графики и САПР при Научном совете по комплексной проблеме «Кибернетика»



Кандидат физико-математических наук, будущий академик В.Б. Бетелин. 1980-е годы

АН СССР и разместить её на ЗИЛе. Возглавить лабораторию было предложено В.Б. Бетелину.

Лаборатория была образована в ноябре 1984 года, причём для оснащения её современной вычислительной техникой были выделены значительные валютные средства. Лаборатория размещалась на площадях производственного объединения «ЗИЛ» и вела работы совместно с Отделом главного конструктора САПР ПО «ЗИЛ».

В 1985 году в процессе разработки комплексной программы автоматизации ПО «ЗИЛ» специалистами Академии наук и ПО «ЗИЛ», при моём активном участии и поддержке, была сформирована концепция создания сборочного производства графических рабочих станций из импортных комплектующих. Основная идея состояла в том, чтобы создать сборочный завод, оснащённый импортным оборудованием, использующий современную технологию сборки и импортные комплектующие и, как следствие, выпускающий компьютеры современного мирового уровня качества.

Компьютеры современного мирового уровня качества.

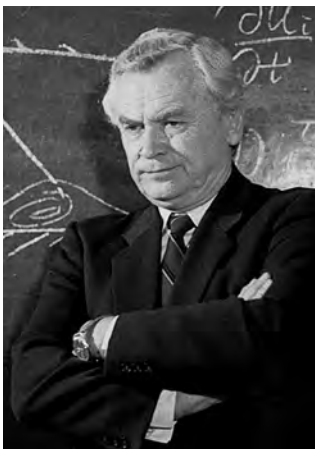
Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика», который возглавил академик Олег Михайлович Белоцерковский, был избран, потому что он и задумывался как экспериментальная площадка, где создавались лаборатории для отработки новых тем. Ещё там работал так называемый «Клуб свободных людей».

Лучшего места для реализации наших целей было не подыскать, поскольку в Научном совете не существовало жёсткой структуры.

Основной задачей этой лаборатории на начальном этапе являлось создание комплексных программных систем автоматизированного проектирования, в том числе программных систем 2D- и 3D-геометрического моделирования, включая моделирование сложных поверхностей, создание программных систем подготовки графической и текстовой документации, а также многомашинных комплексов из 32-разрядных супермини-ЭВМ типа ECLIPS.

Э.П.: Я помню, на ЗИЛе в то время стояла прекрасная машина, ECLIPS MV-8000, одна из немногих в СССР.

Е.В.: В результате там был создан комплекс программных систем и сеть из 50 алфавитно-цифровых и 20 графических терминалов, которые находились в распоряжении отдела главного



Академик О.М. Белоцерковский

конструктора ЗИЛа и с помощью которых велись разработки перспективных моделей грузовиков.

В это же время сотрудниками совместной лаборатории был проведён цикл занятий по обучению руководящего персонала ЗИЛа навыкам работы с компьютером. А в 1985 году руководством ЗИЛа была поставлена задача уже глобальной компьютеризации собственных конструкторских и технологических служб, численность которых в то время составляла порядка трёх тысяч человек.

При разработке данного проекта рассматривались два варианта: с использованием отечественных ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ и закупкой импортных супермини-ЭВМ для обеспечения требуемого количества рабочих мест. Однако оба эти варианта реализации проекта оказались очень дорогими и экономически нереализуемыми.

На ЗИЛовскую площадку АСУ приезжал М.С. Горбачёв. После его визита предприятию как флагману страны была поставлена задача: комплексно автоматизировать всё, то есть не только конструкторские службы, но и экономические. Это требовало поднять автоматизацию совсем на другой уровень.



Визит М.С. Горбачёва на ЗИЛ, 1985 г.

В 1984 году в Москве под эгидой НИИ информации автомобильной промышленности (НИИНавтопрома) и Минавтопрома была издана тоненькая книжка в красной обложке «Создание интерактивной системы обработки графической информации в машиностроении. Основные концепции. Обзорная информация». Авторы — Е.П. Велихов, В.Б. Бетелин, Ю.С. Вишняков, В.Д. Кальнер и А.И. Ставицкий. Специалисты прозвали её «красная книжка». В ней изложена суть всех революционных достижений Центра на ЗИЛе.

Подсчитали стоимость 500 необходимых рабочих станций в трёх вариантах: ЕС, СМ и западных. До сих пор помню: 2,3 миллиарда рублей на ЕСы (тогда самой мощной



В.Д. Кальнер, А.И. Ставицкий, В.Б. Бетелин на ЗИЛе

была ЕС-1065) и всю сопутствующую им структуру: электричество, кондиционирование, залы, персонал, то есть более 70% стоимости основных фондов ЗИЛа. Стоимость одного автоматизированного рабочего места (АРМ) на базе ЕС-1061 — не менее 250 тысяч рублей. При этом совсем невысокая наработка на отказ: не более 200 часов. Плюс стоимость самих машин. Все СМ тогда были 16-разрядными, и брать их в принципе не имело смысла. Хотя наработка на отказ там была побольше — тысяча или полторы тысячи часов. Рассматривался и вариант закупки нужного количества мини-ЭВМ за рубежом, но тогда бы стоимость одного рабочего места составляла 50–100 тысяч долларов, а такой проект был бы совсем уж нереализуем.

И стало понятно, что за разумную сумму можно поставить завод, изготовить эти 500 необходимых ЗИЛу станций, а дальше продолжать их делать для всего автопрома. Наши будущие станции стали самым оптимальным вариантом, включая наработку на отказ.

В конечном счёте совместными усилиями специалистов АН СССР и ЗИЛа был разработан проект компьютеризации ЗИЛа на базе 32-разрядных графических рабочих станций, которые обеспечивали требуемые характеристики. При этом стоимость рабочего места не превышала 15–20 тысяч долларов при наработке на отказ не менее 10 тысяч часов.

В результате был разработан совместный проект АН СССР, ЗИЛа и ГКНТ СССР по созданию производства 32-разрядных магистральных рабочих станций под управлением операционной системы UNIX на базе микропроцессоров Motorola 68020/68030. Согласно этому проекту, в 1987–1990 годах должно было быть создано производство и изготовлено 500 рабочих станций с заданными характеристиками для оснащения ЗИЛа, включая в качестве основного показателя наработку на отказ не менее 10 тысяч часов.

Владимир Борисович Бетелин вспоминает:

— Провели несколько совещаний и приняли решение ориентироваться на шину VME, хотя на нас оказывалось большое давление сверху: настойчиво предлагали использовать модную в то время шину Fustbus. Но время показало, что наш выбор был правильным.

Машина VAX-780 корпорации Digital (Digital Equipment Corporation, DEC.— Прим. ред.), в то время одна из основных ЭВМ, используемых в системах автоматизированного проектирования, по своим габаритам значительно превышала компактную графическую рабочую станцию, которая планировалась к разработке и изготовлению для ЗИЛа. Силами сотрудников ЗИЛа было построено специальное здание, где и разместили производство рабочих станций.

Тогда я понял, что под эти задачи нужно создавать институт. В результате в августе 1986 года на базе Лаборатории проблем машинной графики и ряда подразделений Института Соединённых

Штатов Америки и Канады (ИСК) АН СССР был создан Институт автоматизации проектирования (ИАП) АН СССР. Директором ИАП стал академик Олег Михайлович Белоцерковский, заместителем директора — Владимир Борисович Бетелин, который к тому времени защитил докторскую диссертацию.

Из книги «Академик Е.П. Велихов как явление»

Для производства «Бесты» были закуплены оборудование автоматизированного склада, робот для автоматической сборки модулей и рабочие места для полуавтоматической сборки модулей. Впервые в СССР тогда была осуществлена пайка «волной» многослойных печатных плат (8–10 слоёв). Качество сборки обеспечивалось тотальной системой операционного контроля и тестирования. Проект по тем временам был огромным, стоил около 30 миллионов долларов, из них 9 миллионов долларов — весь свой вице-президентский резерв — внёс Евгений Павлович.

Однако требовалось согласие всей «девятки» оборонных министерств (авиапрома, оборонной промышленности, общего машиностроения, радиопромышленности, среднего машиностроения, судостроительной промышленности, химической промышленности, электронной промышленности, электротехнической промышленности). И нужно было получить даже не девять, а одиннадцать подписей. Ещё две — ГКНТ и недавно образованного Государственного комитета СССР по вычислительной технике и информатике (ГКВТИ СССР) под председательством Николая Васильевича Горшкова, который совершенно не воспринимал идею использования зарубежной элементной базы и не верил в наши способности. И он дольше всех ничего не подписывал.

Следующим этапом в производственном процессе являлось динамическое тестирование, когда все модули уже в составе тестовой системы проходили испытания под максимальной нагрузкой. Заключительный этап — термоциклическая камера. В конечном счёте именно благодаря этой системе тотального тестирования и пооперационного контроля были достигнуты установленные заданием показатели наработки на отказ.

Наконец, Евгений Павлович, без которого вообще всё было бы невозможно, решил устроить встречу на ЗИЛе. Ответственным за прибытие на встречу Горшкова был также Евгений Павлович. Он его и привёз на своей «Чайке». Были там ещё Сайкин, Бужинский, Ставицкий. Евгений Павлович приводит Горшкова, и Сайкин говорит Ставицкому: «Дверь закрой! Пока не договоримся, он отсюда не выйдет!» Ну и часа два или три шёл разговор — цунами слова, и так была подписана последняя бумага.

Был налажен сборочный участок производства, где собиралась магистрально-модульная станция «Беста-88» в двух модификациях — напольной и настольной компоновки.

Решение о создании на ЗИЛе производства рабочих станций для систем автоматизированного проектирования было принято меньше чем за два года. По тем временам просто стремительно.

Название придумал Александр Ильич Ставицкий: «Бетелин – Ставицкий» – «Беста». Стало совершенно ясно, что рабочие станции – будущее. У нашей станции производительность должна была иметь тот же порядок, что и у супермини-ЭВМ VAX-780.

«Беста-88» была сдана в эксплуатацию в ноябре 1990 года и до 2001 года использовалась как многопользовательская (до 29 пользователей) в АСУ производства рабочих станций, «Беста-90» введена в эксплуатацию в сентябре 1991 года и использовалась как графическая рабочая станция для разработки систем автоматизации проектирования.

Всего было произведено более двух тысяч таких станций, которые применялись не только в системах автоматизированного проектирования, но и в АСУ и т.д. Например, 22 рабочие станции почти 10 лет работали в телефонной сети.



«Беста-88»

Рабочая станция *Беста*

- видеокарта до 1,5 Мб
- процессор 133 МГц
- формат диск. 5 1/4" и 3 1/2"
- 32-разрядный микропроцессор Motorola 68030
- быстродействие до 7 микросекунд
- тактовая частота до 33 МГц
- суперкачественный Motorola 68882 для операций с плавающей запятой
- оперативная память до 128 Мб
- стандарты VME, SCSI, SA170, RS 232C, параллельный интерфейс Centronics
- операционная система UNIX 5.1

Западная технология на советском рынке

- прогрессивная советская инженерная мысль в сочетании с западными компонентами
- высокое качество производства при низких ценах

Э.П.: «Беста» начала выпускаться буквально перед развалом СССР. Какова её дальнейшая судьба?

Е.В.: Лихие 90-е наложили свой отпечаток на работу ЗИЛа. Завод постепенно начал разрушаться, высококвалифицированные специалисты уходили в кооперативы и совместные предприятия. ЗИЛ успел-таки получить требуемые 300 станций. Однако в это время советское машиностроение уже входило «в штопор», завод вставал и все станции был вынужден продать. Причём прибыль от продажи превысила прибыль от всей основной продукции. И можно было бы строить на этом бизнес, но это настолько не вписывалось тогда в существующую производственно-финансовую модель, что новое начальство ЗИЛа со страху прикрыло всё производство. А прежнего директора, П.Д. Бородина, уже не было. Так движение, начавшись на апрельском совещании в ЦК КПСС по модернизации промышленности и ускорению научно-технического прогресса, на первых порах складывалось блестяще, а закончилось плачевно, что очень характерно для времён горбачёвской перестройки.

Э.П.: За станцией «Беста» последовала разработка семейства компьютеров «Багет». Что стало причиной начала этой работы?

Е.В.: В 1992 году руководитель Аналитического центра Администрации Президента РФ по специальным президентским программам Николай Григорьевич



«Багет-01»

Малышев объявил конкурс на разработку предложения по компьютеризации страны. Тогда Анатолий Петрович Ситнов, будучи начальником ГРАУ, поставил своим офицерам задачу разработать предложение. И они в этом конкурсе заняли первое место. Мы встретились с Анатолием Петровичем, съездили на ЗИЛ, показали свои наработки. Заключение паритетную договорённость и начали разрабатывать предложения. У нас не было своего современного процессора, и я подключил Владимира Борисовича Бетелина, который занялся его разработкой. НИР называлась «Багет».

В 1992 году генерал А.П. Ситнов своим решением для ГРАУ разрешил применять



В.Б. Бетелин 18 декабря 2012 г. Саров

инострannую элементную базу. Судьба распорядилась так, что в 1994 году он становится начальником вооружения Вооружённых сил РФ. И эту идею продвигает дальше. Просто заставил: «Я выслушал ваше мнение, но приказ будет такой: перейти на «Багеты»».

Сделанный образец проверили, подтвердили и начали поставлять на вооружение ГРАУ, которому требовались единая математика и прогрессивное ПО. С принятием «Багета» военные получили совершенно другие информационные возможности. Оперативная память возросла в десятки раз.

Сегодня «Багет», как и «Беста» в своё время, — рабочая лошадка в очень многих сферах применения. И в авиации, и в промышленности, и в космосе. Везде. Бетелин

для меня в какой-то мере идеал. Человек, который не только начинает с науки, но и заканчивает ею, — даже не производством ради производства, а решением определённой социально-экономической задачи. И знает, как в этом мире вести дело для того, чтобы решались задачи не сиюминутные, а стратегические.

Э.П.: С выпуском «Багетов» был связан интересный опыт по созданию производства микросхем в Курчатовском институте. Что же реально делалось на том производстве?

Е.В.: В 1995 году встал вопрос о собственной элементной базе. Созданные к тому моменту на «Микроне» типоразмеры были всё же великоваты — 0,8 мкм, 1,2 мкм, в малых количествах — 0,6 мкм, и не было их устойчивого производства. Весь мир уже работал на 0,25 мкм. А мы реализовали производство элементной базы, обеспечивающей типоразмер 0,35 мкм, о котором даже и мечтать не могли. До этого отставали на четыре поколения, а теперь только на одно. Потом мы заложили технологические нормы 0,25 мкм с переходом на 0,18! И основная задача была — 40 тысяч микросборок в год, чтобы обеспечить потребности Министерства обороны. Всё это надо было адаптировать, обкатать, запустить. В результате получили совершенно новую конфигурацию «Багетов» — с увязанными в одно целое структурой базы данных, системой обмена, информационной базой, математическим и программным обеспечением. Огромный прорыв!

Одной из ярких новостей в российской микроэлектронике начала 2000-х стало совместное создание Научно-исследовательским институтом системных исследований

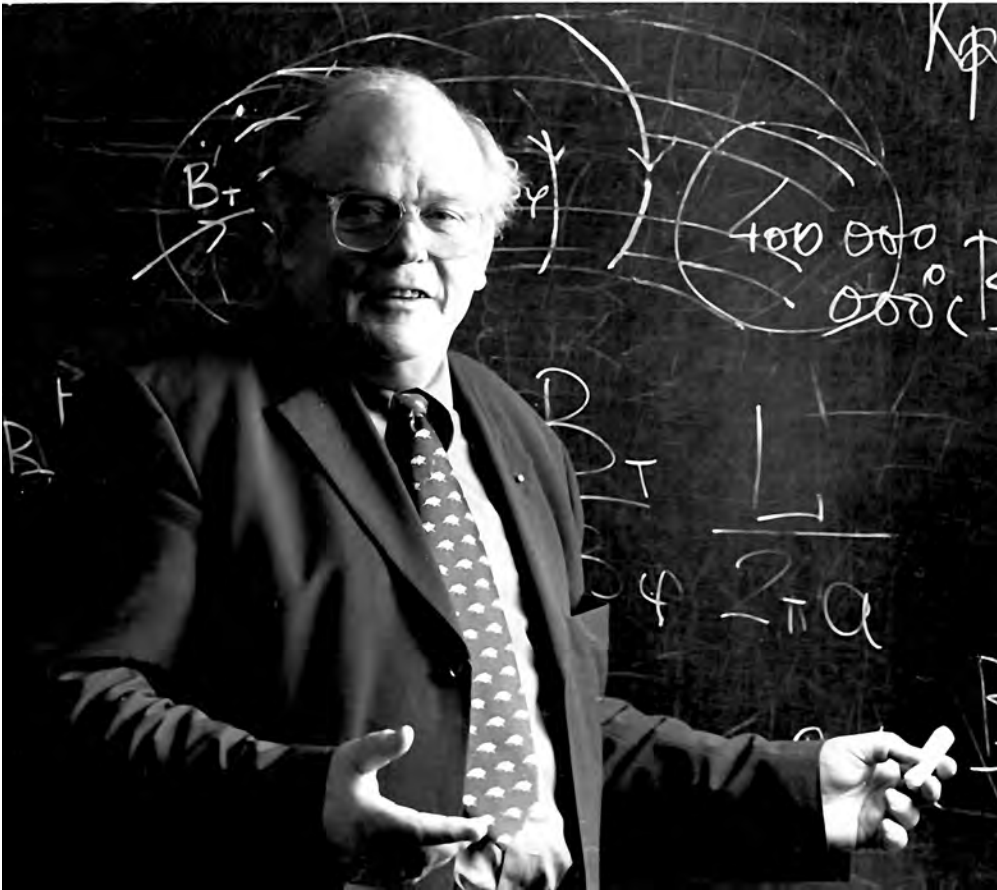
(НИИСИ) РАН и Российским научным центром «Курчатовский институт» микроэлектронного производственного участка, названного «линейкой».

Но «линейку» мы должны были сначала собрать на Западе, поскольку для этого у нас не хватало технических возможностей. Собрали мы её в Швейцарии, потом загрузили в контейнеры и привезли сюда. Долго не могли прийти к единому мнению, где эту «линейку» установить. В итоге было решено, что РНЦ «Курчатовский институт», где я тогда был директором, лучше всего подходит для размещения



Один из первых «Багетов»

такого завода. Многие хотели разместить завод у себя, например в Зеленоград перетаскать. И долго не переводились желающие куда-нибудь его приспособить. Тогда я сказал: давайте затащим его к нам, и сюда уж никого пускать не будем, благо в Курчатовском институте на проходной стояли автоматчики. Ведь буквально каждый из начальников в электронной промышленности пытается этот завод либо ликвидировать, либо захватить. «Линейка» и сейчас находится под защитой наших автоматчиков, потому что на неё до сих пор продолжают поползновения.



К числу особенностей реализации этого проекта относится размещение оборудования в специальных микроклиматических кабинах, где и обеспечиваются необходимые условия для работы оборудования, для транспортировки пластин между технологическими машинами и первый, высший класс чистоты внутри этих контейнеров.

Технологическое оборудование изготовлено из стандартных узлов компаний Applied Materials и Semitool по проекту, разработанному специалистами НИИСИ и РНЦ «Курчатовский институт». В целом производство реализует КМОП-процесс, включающий около 300 технологических операций. Очень важным элементом этой фабрики является компьютерная система управления. В её составе 10 серверов и 60 рабочих мест для обслуживающего персонала. Впоследствии эта «линейка» неоднократно модернизировалась, да и сейчас Бетелин продолжает её модернизировать.

Э.П.: Евгений Павлович, спасибо за интересную беседу. Здоровья Вам и радости общения с Вашими питомцами.

Валерий Дшхунян:

«Я благодарен судьбе за всё, что со мной было...»

С Валерием Леонидовичем Дшхуняном, стоявшим у истоков создания отечественной микроэлектроники в Зеленограде и посвятившим её развитию всю свою жизнь, беседует директор Виртуального компьютерного музея Эдуард Пройдаков.

Эдуард Пройдаков: Валерий Леонидович, в интернете, кроме того, что Вы родились в Тбилиси, в семье военнослужащего, ничего больше нет. Молодые годы формируют человека, какими Вы их запомнили?

Валерий Дшхунян: В Тбилиси я окончил школу, потом был авиационный техникум. Года полтора работал на известном авиационном заводе в Тбилиси, а потом уехал в Москву. В то время, а это был 1962 год, газета «Комсомольская правда» проводила свой первый заочный конкурс по физике и математике. Победитель получал некие привилегии при поступлении в московские вузы. Так получилось, что я выиграл этот конкурс, а значит, не скажу, чтобы без экзаменов, но на льготных условиях мог поступить в МГУ, МИФИ и Бауманский. Я выбрал МИФИ, поскольку мне он казался наиболее интересным с точки зрения изучения физики, которая тогда интересовала меня больше всего, и проучился там положенные пять с половиной лет. Последний год я был на практике и писал дипломную работу в Институте молекулярной электроники (НИИМЭ) в Зеленограде. Поэтому естественно, что после защиты диплома я решил найти работу именно в Зеленограде, хотя, вообще, моё направление — это ускорители элементарных частиц, и я должен был попасть в Серпухов либо в Обнинск. Но в то время шёл большой набор специалистов в Зеленоград,



Интервью
с В.Л. Дшхуняном
(видео)

и, чтобы оказаться там, я решил несколько поменять свою специальность — заняться микроэлектроникой. Работы в области микроэлектроники и гибридных схем тогда только начинались; первая монолитная интегральная схема «Микроватт» делалась в НИИМЭ и на заводе «Микрон». Тема моего диплома была связана именно с этим направлением.

А дальше в НИИ физических проблем открылось очень интересное направление (Научно-технический комплекс системотехники, возглавляемый Д.И. Юдицким), связанное с вычислительной техникой, и туда набирали молодых специалистов. Мне повезло: после защиты диплома я поступил на работу в это подразделение, которое впоследствии было преобразовано в Специализированный вычислительный центр (СВЦ). Надо отметить, что Д.И. умел собирать команды из высококвалифицированных специалистов из разных уголков нашей большой страны. Там у нас сложилась интересная команда. Я проработал в СВЦ с 1969 по 1976 год и скажу, что приобрёл знания и колоссальный опыт в разработках элементной базы для вычислительных средств, предназначенных прежде всего для Минобороны. Д.И. поощрял инициативу, и это позволяло вести поиски решений в самых разных направлениях, некоторых из них сегодня уже и не существует. Например, было такое направление, как пороговая логика. У меня большое количество авторских свидетельств на изобретения в области пороговой логики, соавтором которых я являлся. Мы даже сделали одну серию пороговых элементов (гибридная технология) в ленинградском СКТБ «Светлана» и на заводе «Экситон» в Павловском Посаде. Разрабатывали элементы и для троичной логики. Но в итоге всё свелось к разработке традиционных компонентов для двоичной логики. Таково было начало моей трудовой жизни уже в Москве.

Э.П.: Интересно, почему троичная логика не пошла?

В.Д.: В СССР были вычислительные машины и на троичной логике. Но в советское время существовала большущая тенденция смотреть на то, что сделано за рубежом. В результате некоторые системы, например машины PDP-11 корпорации Digital Equipment Corporation (DEC, США), целиком брались в качестве аналога. А троичная логика и пороговые элементы — это те направления, которые, как нам казалось, можно будет использовать, внедрить, требовали собственных разработок в области вычислительных средств. Д.И. Юдицкий был одним из тех, кто пытался использовать отечественные решения в создании вычислительных систем. В 1972 г. наша лаборатория включилась в разработку и отладку опытной партии мини-ЭВМ. Это позволило детально изучить организацию работы вычислительных систем, разобраться в новых идеях, имеющихся на то время. В начале 1973 года нам поручили подготовить

проект «Микропроцессор», учитывая наш опыт в создании элементной базы, знания технологии их производства, полученные при разработке мини-ЭВМ. Надо отметить, что у нас собралась уникальная команда инженеров, окончивших разные вузы страны: П.Р. Машевич, В.В. Теленков (выпускники МИЭТа), Ю.И. Борщенко, В.Р. Науменков, А.Р. Тизенберг и др. В Научном центре были созданы комплексные команды из специалистов НИИТТ, НИИМЭ и СВЦ. Основываясь на технологии, отработанной в НИИТТ на базе первого в стране калькулятора «Электроника БЗ–04» (1972 г.), мы создали первый советский микропроцессор. На первом этапе (1973 г.) было разработано два чипа; далее добавили ещё два (1974–1975 гг.) для организации периферии. Это и был первый отечественный микропроцессор серии 587, который пошёл в серию, и прежде всего в военную технику.

Э.П.: 587-й был слайсовый процессор?

В.Д.: Слайсовый вариант. У него тоже были свои особенности, на которые, действительно, немало патентов получено за рубежом (США, Франция и т. д.). Там использован асинхронный тип организации обмена. Асинхронные компоненты базировались на асинхронных технологиях, и это давало некие преимущества с точки зрения быстродействия, организации коммуникаций между компонентами и т. д. В этой серии было четыре базовых компонента, и все они легли в основу многих малых микросистем. Я предполагаю, что они до сих пор ещё где-то крутятся на старых спутниках. А дальше была целая линейка микропроцессоров. Мне очень повезло, что я стал этим заниматься. У меня подобралась отличная команда молодых ребят. По сути, они стали родоначальниками этого направления в Зеленограде. Параллельно микропроцессорное направление, в котором мне посчастливилось поработать, развивалось в Питере, Киеве, Воронеже и Минске. В 1976 г. наша команда была переведена в НИИТТ.



Измерения пластины с ОЭВМ. К. Яценко, С.С. Коваленко, В.П. Горский, П.М. Гафаров, П.Р. Машевич, В.Л. Дшхунян

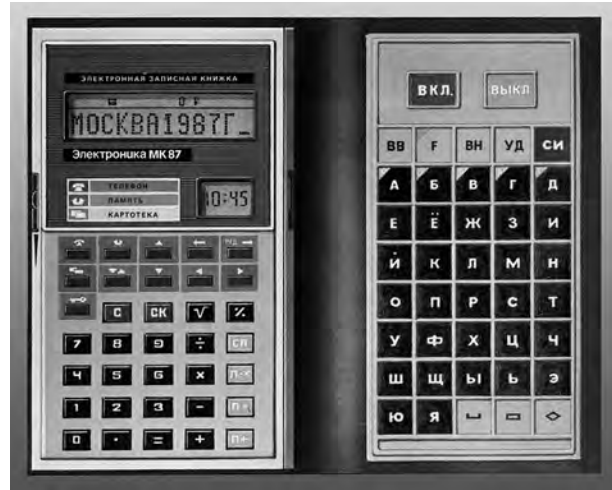


Основные разработчики микропроцессорных БИС (КЛ1839): А.В. Румянцев, С.Ю. Лошаков, Г.Ю. Полушкин, С.Е. Любимов; С.А. Хромов, С.А. Шишарин, И.А. Бурмистров, В.И. Прокопов, В.Р. Науменков

С увеличением числа задач мы превратились в отдел, далее в отделение. Мы разрабатывали не только чипы, но и технологию разработок (САПР), включающую все этапы моделирования до запуска на технологическую линейку. Я думаю, в этом мы были одними из первых в стране. Со временем область разработок расширялась, с командой из НПО «Интеграл» (В.А. Шиллер, Д.Н. Черняховский) разработан секционный 8-разрядный комплект серии 588 на КМОП-технологии, с командой из фирмы «Роботрон» (ГДР) — комплект БИС (серия К1883, в ГДР — U-83) на n-МОП технологии. С развитием технологической базы были разработаны однокристалльные микропроцессоры серии К1801 для промышленного применения (n-МОП), серии 1806 (КМОП) для военного применения. Хочу озвучить фамилии разработчиков: С.А. Шишарин, В.Н. Науменков, С.С. Коваленко, Ю.В. Романец (ныне директор «АНКАД») и др. В 1978 г. было принято решение использовать в наших изделиях архитектуру, совместимую с воронежскими мини-ЭВМ серии «Электроника» (аналог PDP-11 корпорации DEC); ранее мы использовали для однокристалльных микропроцессоров оригинальные архитектуру и программное обеспечение, разрабатываемые в СВЦ/НИИИЦ. Это,

несомненно, добавило сложности в разработку совместимости продуктов.

На базе наших изделий в отделении, совместно с разработчиками из НИИ «Научный центр», разработана серия одноплатных микроЭВМ «Электроника НЦ-8001Дх» для управления технологическим оборудованием и (отделение под руководством Ю.Е. Чичерина) систем для станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Одноплатные ЭВМ рассматривались как конструктивный элемент, который можно было включать в различные системы. Он входил и в так называемый диалоговый вычислительный комплекс (ДВК) — персональную вычислительную систему, входящую также и в состав технологического оборудования. Для



Карманный органайзер «Электроника МК-87»

массового выпуска персональных вычислительных систем типа ДВК был построен завод «Квант». Следует вспомнить и разработку карманного компьютера с использованием языка Бейсик — «Электроника МК-85», а также карманный органайзер «Электроника МК-87», выпущенный ограниченным тиражом (2000 шт.) в качестве сувенира для делегатов съезда КПСС к 70-летию Октябрьской революции.

Начиная с 1988 года мы с Б.А. Бабаяном стали работать над «Микроэльбрусом», но вскоре почувствовали, что технологически не готовы к их масштабному производству. Получив первые экземпляры, поняли: нужно строить новые заводы. В 1987 году в Зеленоград прибыл первый тогда человек в Советском Союзе — М.С. Горбачёв. Он посетил два завода: завод, который выпускал технологическое оборудование, и наш «Ангстрем». Буквально за несколько дней до приезда Горбачёва я стал директором НИИТТ, поэтому сопровождал генсека и его супругу Раису Максимовну по заводу. Генеральный секретарь, видимо, настолько был впечатлён увиденным, что после его визита в Зеленоград поднялась новая волна в области создания электроники. По всей стране, включая Прибалтику, начали строить заводы. В 1987 году вышло постановление правительства, а в 1988-м — постановление Центрального комитета КПСС. Как отдельное приложение появились вторая часть Зеленограда, второе Крюково... Начало строительства «второй половинки»



1987 год. М.С. Горбачёв с супругой на «Ангстрем»

Зеленограда было запланировано на 1988 год. Там в одном месте должны были быть сосредоточены институты и заводы разных отраслей, а не только связанные с электроникой и микроэлектроникой. В проекте были задействованы три министерства: Министерство электронной промышленности, Министерство радиопромышленности и Министерство промышленности средств связи. Но успели построить только часть жилья, а на месте будущих заводов сегодня стоят одни остовы, хотя все коммуникации были проложены. Один из заводов был достроен только в наши дни. Ленточку перерезали, если не ошибаюсь, всего несколько месяцев тому назад. А так, конечно, и цеха строились, но только в рамках существующих предприятий. И на них в те годы, определённо, была надежда. Вот, по сути, и вся моя жизнь — примерно 40 лет работы.



Основные технологи серии БИС (К)Л1839: Ю.И. Сергеев, В.П. Быков, В.В. Гребенщиков, Г.М. Ситников

Э.П.: У Вас ведь ещё была команда, которая разрабатывала 32-разрядные процессоры?

В.Д.: Да, в начале 80-х годов у нас было желание разработать 32-разрядный комплект. В то время корпорация DEC выпустила мини-компьютер VAX-11/750, микроVAX-I и микроVAX-II. МикроVAX-I воспроизвёл Воронеж и начал поставлять в оборонную промышленность. А мы решили заглянуть немножко дальше и воспроизвести не микроVAX, а VAX-11/750, но при этом сделать его в микроисполнении, всего на четырёх БИС серии Л1839. И, надо сказать, это нам удалось.

Это никоим образом не воспроизводство. Надо отдать должное нашей команде: она никогда не занималась воспроизводством. Вначале мы вообще делали систему с использованием только отечественного софта. Он у нас назывался «программное

обеспечение НЦ», данная среда была создана нашими партнёрами из НИИИИЦ. Но потом, в конце 70-х, по требованию сверху мы всё-таки были вынуждены перейти на софт PDP-11 и VAX-11/750. В наши собственные разработки мы встраивали полную совместимость с программным обеспечением PDP-11 и VAX-11/750. Это, заметьте, было непросто. Многое удалось сделать только благодаря большому количеству экспериментов, которые мы проводили как на базе аналога, так и на базе собственной разработки. В результате получилось очень неплохое изделие, которое дальше пошло в определённые разработки. Там была замечательная команда, много уникальных, талантливых людей. Один из них — Сергей Михайлович Шишарин.

Э.П.: Я был знаком с ним.

В.Д.: Уникальный талант. К сожалению, очень рано, в 60 лет, он ушёл из жизни. В начале 90-х годов его команда представила необычную разработку — так называемый «двуликий Янус» в виде слота с шиной PCI. Он обеспечивал работу на IBM-совместимом ПК софта как IBM, так и VAX-11/750. Можно было использовать и то и другое. Очень интересные были ребята!

Если появляется что-то новое, оно всегда привлекает людей. В моей жизни было много интересных, талантливых людей, заслуг которых невозможно переоценить. И до сих пор думаешь о таланте этой когорты людей. Как получилось, что они в тот момент собрались в одном месте и смогли сделать для страны так много? Некоторые их изделия выпускаются до сих пор. Например, изделие 1806VM2 сделал Юрий Васильевич Романец. Этот однокристалльный 16-разрядный микропроцессор, выполненный по уникальной технологии, и по сей день стоит в ряде спутников. Просто уникальная компоновка! Эти приборы потребляли в основном наши военные.

Э.П.: Сергей Шишарин мне рассказывал про систему проектирования микросхем, когда это делалось ещё на бумаге.

В.Д.: Сергей Шишарин пришёл к нам в 1980 году. Микросхемы проектировались на бумаге, глазками просматривалась топология. У нас в команде были люди, которые занимались программным обеспечением наших разработок, потому что предстояло построить системы логического моделирования всех переходных процессов, которые там есть. Всё это достаточно непросто, потому что без этого нельзя скомпоновать большую схему. Можно было ошибиться. Этим занимались уникальные ребята, Александр Тизенберг, Юрий Борщенко, Вячеслав Науменков, Пётр Кемарский и др. В результате был создан целый ряд отечественных систем, которые позволили правильно проектировать большие и сверхбольшие интегральные схемы. Ну сейчас-то уже пользуются известными системами автоматизированного проектирования

(САПР) электроники, которые позволяют проектировать от А до Я как чипы, так и платы. А в то время нам приходилось заниматься, прежде всего, собственными системами, которые обеспечивали наши же собственные разработки. И ребята достаточно успешно решали эти вопросы.

Э.П.: Я работал в Минприборе, у нас была проблема вписать в план МЭП выпуск тех или иных микросхем, в основном интеловских, которые нам были нужны.

В.Д.: Это я постоянно проходил. Были амбиции у тех, кто занимался электроникой. Считали, что мы сами с усами. На мой взгляд, это было неправильно и нарушало кооперацию. Мы не использовали в полной мере тот потенциал, который был в Минприборе и Радиопроме, наше министерство занималось даже суперЭВМ. Казалось бы, в Советском Союзе существовала вертикаль управления, однако допускались такие несоординированные решения, когда продукцию, за которую отвечал Минприбор, почему-то выпускал МЭП.

Э.П.: Борьба между министерствами шла очень активно?

В.Д.: Да, но в то время просто никто об этом не говорил. На самом деле любые крупные проекты давались не одному предприятию, а сразу нескольким, там тоже была конкуренция. Я знаю, что многие на этом погорели. Они шли до конца, но в результате был выбран проект другого генерального конструктора. Три либо два предприятия параллельно делали одну и ту же работу. Наверное, так было надо. Но конкуренция между министерствами — я считаю это неграмотным решением — отвлекала большие силы от решения тех задач, которыми должен был заниматься МЭП, а это прежде всего элементная база.

Э.П.: Интересно, что для нас киевский «Кристалл» был более открытым, чем Зеленоград.

В.Д.: Вполне возможно. Потому что там было больше степеней свободы. Зеленоград же находился под постоянным контролем. Первый замминистра В.Г. Колесников (с 1985 г. — министр) действительно курировал всё, что происходило в Зеленограде, а также в Воронеже и Минске. Он активно участвовал в беседах с разработчиками, желал знать, почувствовать всё сам, увидеть новизну и т. д. И если видел в чём-то большую полезность, то сразу пытался как-то помочь — финансами, пригласить необходимых специалистов. Поэтому Зеленоград волей-неволей был запрограммирован очень серьёзно. И у нас получалось так, что разработки НИИМЭ — это область высокоскоростной элементной базы, а НИИТТ — область, касающаяся скорее больших интегральных схем, больших объёмов памяти и микропроцессоров. В.Г. Колесников приезжал к нам каждую неделю, и за эти дни между его приездами мы должны были

отработать все поставленные нам задачи. А Киев в этом плане был более свободен. И у киевлян было желание проявить себя, поэтому они выбрали своё направление. Как показала история, выбрали они его правильно: Intel победила в этой борьбе. Всем остальным пришлось отойти в сторону. Предугадать, что Intel победит, было сложно. Хотя всё, что нами было сделано, шло в дело, у нас ничего не залёживалось на полках. Всё пошло в аппаратурные разработки, в системы, прежде всего в военные, в технологическое оборудование. А значит, было востребовано.

Э.П.: Время прошло, сейчас видно, что было сделано неправильно? Что можно было изменить?

В.Д.: Процессоры Intel победили не потому, что были лучшими. Всю их линейку я знаю неплохо. Если посмотреть внимательно на каждое из них, всегда найдётся, к чему придраться. Например, при появлении старших моделей процессоров иногда теряется совместимость. То есть сказать, что там было всё идеально, нельзя, но тем не менее была совокупность решений, которые в итоге приобрели массовость. Массовость — вот главный признак Intel. Так же как в некотором роде сегодня у Apple, но в другой стадии, это совершенно другое. Нельзя сказать, что Intel задавала моду, но так уж случилось, что победила в этой конкуренции она.

Э.П.: Но, с другой стороны, их процессор архитектурно проиграл процессорам Motorola.

В.Д.: Процессор Motorola выиграл, но фирма Motorola проиграла. Знаете, что их процессоры тоже воспроизводили в России? В.Б. Бетелин, например, воспроизвёл процессор 68000.

Э.П.: Наверное, совсем малые серии были?

В.Д.: Да, что-то очень маленькое. Воспроизвели, а потом не знали, куда с этим идти. Так что трудно было предугадать. Если же говорить о том, что было правильно или неправильно, то прежде всего надо было консолидировать усилия разных министерств. Не разобщать, а именно консолидировать. И в этом была бы большая сила. Другая причина: у нашего руководства было большое неверие в возможности создания собственного программного обеспечения (низы однозначно верили). И здесь надо отдать должное Б.А. Бабаяну: «Эльбрус» он построил на собственном программном обеспечении. Причём его команда смогла добиться качества, позволивших им в программных задачах стать первыми. Поэтому честь и хвала ребятам из института имени С.А. Лебедева, сумевшим отстоять собственное «Я» в этой области. Нам, к сожалению, это не удалось, хотя у нас тоже были неплохие команды людей, которые в микропроцессорных делах вполне могли бы иметь собственные программы. Но там

другое дело, там обилие прикладных задач, в частности для станков. Кстати, ЧПУ для станков мы делали на базе софта НЦ, который был создан как раз для управляющих машин. И поэтому станки с ЧПУ очень хорошо подходили для этих задач. Но в целом, как я понимаю, мы проиграли в области программного обеспечения.

Э.П.: В одном интервью Вы говорили, что и у нас были направления электроники, вполне успешные на мировом уровне. Можно уточнить, что именно было на уровне, а может быть, и лучше?

В.Д.: Во-первых, где-то до 1982–1983 годов мы достаточно хорошими темпами развивались в области технологий. В то время об уровне обычно судили по элементам памяти — сколько бит в чипе, поскольку именно память определяла технологический уровень. Однако в начале 80-х, когда стало понятно, что нужно переходить на более высокий уровень технологического оборудования, мы застряли, потому что нашими партнёрами, занимавшимися оборудованием, вовремя не были предприняты необходимые шаги. Требовалась разработка новых технологических процессов, новой оптики (хотя оптику мы делали вместе с ГДР). Пришлось закупать оборудование на Западе. Частично это новое оборудование мы всё-таки воспроизвели, но только частично. А как только начинаешь оборудование закупать, начинаешь отставать, потому что именно оборудование определяет новый технологический уровень. Поэтому я считаю, что, начиная с 1982 года, мы потеряли темп. И второе, что тоже сыграло немаловажную роль, это видение ситуации руководителем, а оно, как известно, не всегда объективно. Необходимо было делать большие вложения, ведь новые заводы даже в то время — это сотни миллионов долларов. Думали, что можно обойтись небольшой ретушью того, что имели. И был взгляд людей, которые пытались как-то сэкономить: обойдёмся, дескать, модернизацией. А на самом деле надо было по-новому строить чистые комнаты, по-новому обеспечивать в них рабочую среду. Добиваться требуемых высоких уровней чистоты. Уже в то время требовался класс 10, а это достаточно жёсткие требования: мощная энергетика, определённые требования к её защищённости и т. д. В те годы в стране денег ни на что не хватало. И когда в 1987 году удалось выбить какие-то большие деньги под строительство, они быстро закончились, и многие заводы так и остались недостроенными. Вот смотрите, как рванул вперёд Китай. Он на пустом месте, договорившись с фирмой Sony в 90-е годы о финансировании пополам, построил новый завод. Новый завод, на который пришли новые люди, стал кадровой базой, и страна мощно перешла на новый технологический уровень. Я бы сказал: практически Китай не отстаёт от самых передовых в области микроэлектроники стран. И этот рывок был сделан всего за 20 лет! Мы, работая

в Китае, в 1998 году построили там небольшой завод по изготовлению чипов для калькуляторов и часов. В те годы «Ангстрем», волей-неволей вырвавшись на этот рынок, по часам и калькуляторам занимал примерно 30% мирового рынка. Но это были очень дешёвые чипы. Поэтому, видя, что цены на них всё время падают, мы решили построить завод в КНР, который смог выдерживать конкуренцию ещё лет 5–7. Как только появились крупные заводы, которые имели возможность производить намного более компактные чипы и гораздо дешевле, то, естественно, они оказались более конкурентоспособны. За 20 лет Китай сумел выйти на новый уровень. Мы, к несчастью, не смогли. Пока (!!!) не смогли.

Э.П.: Когда Союз развалился, МЭП потерял массу предприятий в союзных республиках, которые занимались материалами. Как Вам удалось в эти годы сохранить завод?

В.Д.: Когда начались 90-е годы, я в течение трёх лет бегал по министерствам, пытаюсь выбить деньги у тех, кто остался нам должен. Украина нам очень много задолжала. На Украине, в частности в Харькове, было много оборонных заводов, которые у нас закупали продукцию. У меня ничего не получилось. Ни на Украине, ни в Средней Азии, в Ташкенте. Где-то в 1993 году наша команда поняла, что отечественный рынок погас, надо переключаться на экспорт. Именно тогда мы приняли такое решение, хотя это был шаг назад, несмотря на все наши амбиции. Мы могли делать память 256 килобит. В то время это считалось вполне на мировом уровне. Решили отступить и делать более простые чипы для калькуляторов. И, как оказалось, решение было правильным.

Э.П.: Минский «Интеграл» тоже ведь делал чипы для часов.

В.Д.: Да, мы делали чипы для калькуляторов, а для часов делали «Микрон» и Минск. Продукцию «Ангстрема» в советское время на экспорт не пускали. А когда мы более или менее стали сами определять свою судьбу, то решили, не мешая этим двум нашим партнёрам, выйти на калькуляторный рынок. И выиграли эту позицию. Мы сделали весь набор чипов для калькуляторов, а там сотни вариантов, для самых разных



1989. Калькуляторы

типов устройств. Благодаря этому, предприятие, которое было нашим покупателем, выскочило вообще в хорошие миллионеры, и мы вместе с ним потом построили завод для производства чипов. Ну и потом волей-неволей нам пришлось конкурировать, чтобы выйти на рынок часов. Медленно, медленно, медленно. Мировой рынок карманных калькуляторов составлял 700–800 млн штук в год. Мы делали 300 млн. Рынок часов оценивался в 1,5 млрд штук, из которых на нашу долю приходилось около 400–500 млн. Делали немало, но продукция была очень дешёвой. Это, конечно, покрывало наши расходы, приносило определённую прибыль, но средств на собственное развитие не оставалось. Просто позволило сохранить кадры, обеспечило выживаемость. А затем, начиная с 1998 года, образовался внутренний рынок, а с точки зрения военных задач он появился, скорее всего, с 2000 года.

Э.П.: А как же кризис 1998 года?

В.Д.: Для нас он сыграл скорее положительную роль. Мы были экспортноориентированы. Продавали продукцию на 30–35 млн долларов в год. До кризиса доллар стоил 6 рублей, а стал 20, поэтому понятно, в какие разы мы сразу выросли. Ну а в целом кризис ударил по кадрам, надо было повышать зарплату сотрудникам. А когда в начале 2000-х образовался и стал расширяться рынок военных заказов, у нас, естественно, появилась вторая



2000 г. И.о. Президента РФ, Председатель Правительства РФ В.В. Путин в ходе рабочей поездки в Зеленоград посетил «Ангстрем»

линия, которая начала активно развиваться. Сегодня мы экспортируем очень мало, в основном поставки идут на внутренний рынок. Мы активно работали в области карточных задач. Первый чип в те годы (начало 2000-х) был сделан для карточки «Золотая корона», за ним последовали другие.

Э.П.: Карточные чипы сами разрабатывали?

В.Д.: Да, всё сами. «Ангстрему» надо отдать должное. Никогда, кроме калькуляторов в советский период, он ничего не воспроизводил, в основном занимался собственными разработками. И даже те калькуляторы, для которых делались чипы для китайцев, были собственной, хотя и очень несложной разработки. И это правильно, что мы делали сами, потому что главное было быстро выбросить чипы на рынок. Мы всегда пытались скомпоновать чипы так, чтобы они были как можно меньше — цена на них зависела от площади кристалла. Наши чипы всегда были меньше самсунговских, и в этом было наше преимущество. В чипы мы добавляли какие-то дополнительные фишки, и это давало им новое качество. И наш потребитель радовался, потому что с этим качеством он мог представить на рынок новый калькулятор. И карточная программа у нас была довольно обширная.

Э.П.: Есть ещё такое ОАО «Российская электроника», оно в 1998 году образовалось. А в чем была идея его создания? Собрать вот эти 28 предприятий? Вы же председателем там были?

В.Д.: Я же не инициатором его создания был, а служащим. «Российская электроника» в то время мыслилась, да и сейчас мыслится, в виде российского холдинга — объединения предприятий электронной промышленности. Ставилась задача — создавать кластеры, предприятия. Считалось, что тем самым мы улучшим коммуникации, минимизируем общие направления, например инструментальное и т. д. Следует отметить, что в начале 90-х у нас побывали многие специалисты с Запада, которые говорили: «Вы должны сохраниться именно такими, потому что у вас хорошо налажена кооперация». Но отрасль быстро распалась. Распадались даже родственные институты и заводы. Шла борьба за площади, за деньги. В 1993 году мы объединили завод и институт под общим названием ОАО «Ангстрем». Это было очень правильное решение, позволившее сохранить команду. Обычно между заводом и институтом всегда существуют какие-то трения, дразги. Чтобы устранить их, мы объединили две организации и тем самым как бы сказали: мы одна команда, нам нечего делить друг с другом.

В то время тоже много говорилось о кластерах, о необходимости создания холдингов, объединяющих несколько предприятий. Считалось, что это станет неким

толчком, обеспечит выживаемость и развитие. На волне этой идеи в 1997 году и была организована «Российская электроника», но, повторю, не я её организовывал. Первым директором был назначен тогда Илья Клебанов. Вскоре, через два месяца, он ушёл в правительство, стал вице-премьером. Предложили мне, и я согласился возглавить «Российскую электронику». Всего в начальный период в организацию входило 30 предприятий (сейчас их уже 156). Все они тогда находились в сложном положении. Надо было вселять в них определённый дух, чем мы и занимались. Мы пытались главным образом сохранить предприятия действующими, минимизировать число убыточных и количество банкротств, причём всё это в условиях сложного периода, как раз в кризис. Если «Ангстрем» кризис почти не затронул, то другие предприятия пострадали сильно, потому что почти все они были ориентированы на внутренний рынок. Кроме «Ангстрема» было ещё только одно предприятие, которое продавало в другие страны герконы. Оказывается, это такой продукт, который хорошо шёл на экспорт.

Пришлось плотно работать с руководителями предприятий. Это время я считаю для себя очень полезным. Тем не менее в 2003–2004 году я принял решение уйти. Во-первых, возраст. Мне на тот момент уже стукнуло 60. Как говорится, пора. Хотя предприятие и было коммерческим, но 100% акций принадлежали государству. Для меня же это был новый опыт, новые интересные люди, новое предприятие.

Э.П.: Насколько успешной оказалась эта идея с «Росэлектроникой»?

В.Д.: «Росэлектроника» до сих пор жива, только живёт она теперь уже под эгидой «Ростеха». И там сейчас 156 предприятий. Вообще-то я считаю, что электроника в текущей ситуации не может быть чисто самостоятельным направлением, потому что на внутреннем рынке мы ориентированы на определённые отрасли — на космос, на «Росатом». Я считаю, что электронике надо интегрироваться с крупными отраслевыми структурами. Если электроника просто взяла бы и объединилась с «Роскосмосом», думаю, «Роскосмос» приобрёл бы очень сильное подразделение. В Америке точно так же NASA имеет собственные производственные мощности в области электроники. Потому что реально большого гражданского рынка микроэлектроники в России нет. Если бы он был большой, то можно было совершенно по-другому строить отношения в электронике.

Э.П.: Американцы говорят, что сейчас большие надежды на робототехнику, что она станет мотором для полупроводниковой промышленности.

В.Д.: Естественно. Но для этого у нас должна развиваться робототехника, причём приложимо к разным отраслям. Микроэлектроника настроена на массовый продукт,

как например в Китае. Поэтому ей надо сотрудничать с отраслями, в которых есть массовый продукт. К примеру, если рассматривать гаджеты как одно из медицинских направлений, то, конечно, исходя из этого, можно было бы строить и комбинировать задачи для микроэлектроники. Но в целом заводам микроэлектроники нужен потребитель, которого интересует однотипный массовый продукт. Вот в чём проблема. Именно поэтому я и говорю, что надо привязываться к какой-то крупной отраслевой структуре, которая могла бы использовать активы электроники.

Э.П.: Вы между делом защитили диссертацию. Как это происходило?

В.Д.: Я защитил кандидатскую диссертацию на предприятии, которое занимается спутниками, где директором был Л.И. Гусев. Это было в 1986 году, тема диссертации, естественно, связана с микропроцессорами.

Э.П.: Довольно долго Вы к защите шли. Вынудили?

В.Д.: Не скажу, чтобы вынудили, но было необходимо. Раньше я как-то не очень спешил с защитой. У нас не было принято, что надо бежать и срочно писать диссертацию. Внутри каждого предприятия своя культура, которую на самом деле задаёт директор предприятия, верхняя часть руководства. Так получилось, что на нашем предприятии необходимость защищать диссертацию активно не пропагандировалась. А в НИИМЭ наоборот. Директором там был член-корреспондент АН СССР Камиль Ахметович Валиев, он требовал от сотрудников защиты диссертаций. Два предприятия, две культуры работы. Там, где я раньше работал, защита диссертаций не стояла на первом месте, нашей задачей было как можно активнее работать; нужны были прежде всего патенты, а их у меня предостаточно, около 200, статьи, а вот защита диссертации как-то особо не требовалась. Тогда больше ценились награды, Государственные премии, их было престижно получить, а диссертация не слишком высоко котирировалась. Но когда мне предложили возглавить предприятие, а директор НИИ не мог не иметь научного звания, хотя бы кандидатского, я защитился.

Э.П.: Государственная премия у Вас была в 1988 году, премия Совета Министров СССР в 1983-м, а там ещё и третья была, о которой нет информации.

В.Д.: Третью уже в России получил, в 2001 году.

Э.П.: А тематику как-то можно раскрыть?

В.Д.: В 1983 году — премия Совета Министров была за микропроцессоры и системы для их разработки. Что-то вроде этого. В 1988-м получил Государственную премию по закрытой тематике, а в 2001-м по тематике, связанной с использованием кремниевых, карбид-кремниевых технологий. Карбид кремния активно применяется в атомной промышленности, в машиностроении, в химическом аппаратостроении, в том

числе в инструментальной части, например для изготовления высокотемпературных и сверхчистых труб. Для решения задач в микроэлектронике лучший вариант, когда их делают не из кварцевого стекла, а из карбида кремния, который активно применяется в атомной промышленности. Сейчас карбид кремния — это активная «подушка» для всех новых полупроводниковых элементов. Вся силовая электроника — это карбид кремния, который позволяет делать схемы на 6000 вольт. Это, конечно, не новый, но очень важный, существенный материал, который в микроэлектронике даёт новую волну и определяет новое направление в разработке изделий. У нас люди и сейчас занимаются карбид-кремниевыми технологиями. Некоторые успешно.

Э.П.: Всё-таки организация у Вас была очень большая. Как Вы себя воспринимали в роли директора?

В.Д.: Я с ходу не был директором, я учился им быть. Это тоже непросто. Учился у людей, у своих старших товарищей, читал книги. Важно сформировать команду, что я и сделал, и мы смогли совершить хороший рывок. В 1989 году начались активные поиски того, как повысить у людей мотивацию к тому, что они делают. И один из вариантов — это некая форма аренды оборудования, когда люди на этом зарабатывают. Весь заработок делился между теми, кто дал в аренду, и теми, кто взял. Называлось это тогда внутренний хозрасчёт. Не скажу, что мы его ввели первыми в стране, но одними из первых в микроэлектронике. К нам много народу приезжало за опытом. У нас был уникальный, хотя и непростой, человек Владимир Иванович Соломоненко, с которым мы первыми начали раскручивать эту систему на заводе. Образовалась хозрасчётная организация внутри предприятия, не имеющая юридического лица, но имеющая внутренний счёт. И в договоре было указано доленое участие, определявшее, что зарабатывают сотрудники и что зарабатывает предприятие в целом. В результате резко снизилась себестоимость изделий, прежде всего чипов памяти, что обеспечило соответствующий эффект: на рубль дохода расход был 36 копеек. Вот что значит мотивировать людей, не ограничивать их возможности. Это была уникальная ситуация, прибыль колоссальная. В то время понятие прибыли не было таким важным, как сейчас, и даже в министерстве, куда шли наши отчёты, не знали, что с прибылью делать.

Создание нескольких таких хозрасчётных центров резко изменило структуру предприятия. В какой-то момент я даже почувствовал, что мне нечего делать как директору. Первое время я каждый день ходил в цех, а потом понял, что такой необходимости больше нет, потому что всё без меня, без моих указаний и так крутится-вертится. Эти два года, 1989–1991-й, были уникальным временем. Мы выдавали колоссальный объём продукции, выросли невероятно. Вот что сделали правильная

мотивация и внутренняя инициатива людей. Это как один из моментов моей жизни. Поэтому я тоже учился быть директором и, надо сказать, в конце концов почувствовал себя реально способным управлять. До 1987 года я был директором института, а в 1988-м стал ещё и директором завода. Это были два разных юридических лица, а для меня — очень непростая комбинация. Вообще, завод — это своя система управления, свои технологии, свой ритм, а ритм на заводе — это главное. По-настоящему директором я почувствовал себя лишь тогда, когда прошёл все эти сложные моменты развала. Думаю, много здоровья я потерял в тот период. И только в 1996 году почувствовал себя на своём месте, стал жить спокойно. А до этого все мои мысли были направлены на то, как выжить, что делать дальше. Время было сложное: кругом создавались кооперативы, малые предприятия, где можно было заработать большие деньги. Лучшие люди уходили, убегали — надо было кормить семьи...

Э.П.: В западные компании народ активно переходил?

В.Д.: Некоторые сотрудники уехали из страны, но таких было немного. В основном народ уходил в малые предприятия, в другие направления бизнеса, которые к тому времени раскрутились. Зеленоград всё-таки не Москва, это небольшой городок со своей спецификой. Слишком близко люди к друг другу располагаются. Здесь не бывает, что на предприятие человек едет с другого конца Москвы, — всё на виду, все рядом живут. Поэтому, как только один человек куда-то уходит, он сразу уводит за собой ещё нескольких. В 1988 году на «Ангстреме» работало 10 тыс. человек, а в 2000-м осталось только 2600, но это, с одной стороны, и хорошо, потому что с точки зрения поставленных нами задач больше и не требовалось. К сожалению, на том этапе, в 1991–1992 годах, уходили наиболее активные. Одни создавали небольшие фирмы, например по сборке телефонов. Покупали, чистили, ремонтировали и продавали. Другие собирали компьютеры, источники питания. Оказалось, что всем они требовались. Третьи пытались создать собственные небольшие фирмы, в том числе и для разработок, и некоторые из них выжили. Например, Сергей Михайлович Шишарин ушёл от нас в 1998 году в фирму, организованную в Зеленограде китайцем. Потом многие бизнесмены приезжали сюда набирать людей. Здесь было всего понемножку.

Э.П.: Мы уже перешли к современности. За эти годы произошёл некоторый разрыв поколений. Как Вам кажется, сейчас есть какая-то перспектива восстановления отрасли?

В.Д.: У нас в стране с начала 90-х изменилась мотивация. Надо было зарабатывать деньги. Инженеры, выпускники лучших вузов страны — Физтеха или МИФИ, стали банкирами, потому что там можно было заработать деньги. Многие университеты

и институты начали специализироваться и ушли от инженерных специальностей. По существу, в области подготовки кадров для полупроводниковой промышленности остался только зеленоградский МИЭТ. Раньше «Ангстрем» ежегодно получал до сотни молодых специалистов. Представляете, как волна новых людей приходит на предприятие и обновляет его каждый раз? Естественно, они продвигались по карьерной лестнице. Вообще, инженерное племя — это важная часть любого общества. Как только оно перестаёт воспроизводиться, возникает целое поколение, что называется, пропавших специальностей. Например, в конце 80-х мы не могли найти сварщика, это была целая проблема, потому что в то время исчезли профессиональные училища, ПТУ. И мы занимались тем, что пытались восстановить направление подготовки среднего персонала. Потом исчезли толковые инженеры. Особенно трудно найти инженеров-технологов.

Э.П.: Не учат сейчас?

В.Д.: Сейчас-то учат. Но это возобновилось всего лет 7–8 назад, быть может, 10. Не раньше. И очень важно существование школ. Раньше приходит свежеспечённый инженер на предприятие (это, кстати, очень правильно было организовано в Зеленограде), а он там уже студентом работал на практике, уже что-то делал. Он уже чувствовал кремний — у него есть понятие, чувство материалов. Сегодня, к сожалению, этого не происходит. Сейчас развитие идёт больше в области программного обеспечения. Программист — это гораздо легче, менее обременительно, нет привязки к одному месту работы. А вот таких, кто занимается технологическими задачами, техническими решениями, сейчас очень мало, большущая нехватка. Несмотря на то, что делаются попытки их воспроизводить. Я уж не говорю о среднем персонале, а только об инженерах. И, что ещё немаловажно, не знаю где как, но в Зеленограде директорами предприятий становились люди, которые начинали простыми инженерами и прошли всю карьерную лестницу практически с первой ступеньки. Не было среди них людей, которые, условно говоря, пришли из другой области либо слабо знали всё то, что есть снизу. Сейчас очень легко становятся руководителями предприятий те, которые, возможно, неплохие организаторы, закончили, наверное, серьёзные вузы, но вряд ли они способны постигнуть до конца базовые технологические элементы этих предприятий. Предприятия в нашей отрасли — это прежде всего технологии, технологический актив. Конечно, варяги могут (если хорошо обучаемы) обучиться, но всей глубины они знать не будут. А если директор не знает глубины, он теряет ориентиры, его легко облапошить, что часто и происходит. В этом смысле у нашей страны сегодня большущие проблемы. Китай же, напротив, сейчас максимально активно разрабатывает этот инженерный класс. Инженеры для них — самая главная элита. И все покидающие свои деревни ребята бегут, в первую

очередь, учиться на инженера. И платят там им очень неплохо: инженер получает 2000 долларов, тогда как рабочий — не более 500. Так китайцы стимулируют вот этот инженерный актив. Сейчас в России есть молодые люди, которые занимаются изобретательством. Но их немного. Их, конечно, стимулируют, но, наверное, уже многое безвозвратно потеряно. Ситуация напоминает мне первые годы советской власти, 20–30-е годы, тогда тоже были большие потери: многие специалисты покинули страну, и пришлось воспроизводить своих инженеров на рабфаках и т. д. Тогда было потеряно 15 лет, где-то с 20-х по 35-е годы. Сейчас мы переживаем такую же волну.

Э.П.: С 1929 года в СССР действовала программа подготовки «красной профессуры». Профессорам в 10 раз повысили зарплаты.

В.Д.: Да, но вот только где-то в 1933–1935 годах появился слой достаточно сильных специалистов, в основном на базе тех, что выезжали из страны и обучались за границей. Как мне кажется, мы проходим тот же путь. Сегодня инженер не имеет тех всеобъемлющих знаний, которые давались в то время.

Э.П.: В американской электронной промышленности сейчас тоже стали активно ставить на руководящие должности менеджеров, хотя в 60-х годах они придерживались концепции, что руководителями должны быть специалисты.

В.Д.: Наверное, да, но Вы же понимаете, что если руководителями ставятся менеджеры, то рядом обязательно должны быть люди, которые знают и понимают производство. Одним из плюсов советского времени я считаю продвижение по карьерной лестнице специалистов. Не знаю, как в других областях, но в электронной промышленности было принято именно так. Человек со стороны тогда не мог случайно стать директором. Иногда, конечно, появлялись такие люди, например партийный товарищ, который был секретарём парткома, а потом переходил на должность директора, но это редкий случай. На моей памяти всё-таки директорами становились, как правило, бывшие инженеры. Секретарь парткома, скорее всего, тоже в своё время крутился в производственной ситуации, исходно он тоже когда-то был инженером и лишь затем перешёл на партийную работу. И всё-таки карьерная лестница в целом состояла в том, чтобы пройти все производственные ступени от начала до конца. И это было очень важно. Сейчас меня огорчает, что во главе предприятий стоят люди, которых условно называют хорошими организаторами. Но, я надеюсь, в будущем в этом плане что-то изменится.

Э.П.: Ещё хотелось бы попросить Вас рассказать об интересных людях, с которыми Вам посчастливилось работать. С Валиевым Вы работали?

В.Д.: Камиль Ахметович Валиев был очень приятный человек. Я с ним напрямую не работал, но знал его ещё со времён «Ангстрема». Думаю, что люди, работавшие под

его руководством, были ему во многом благодарны. Были разные руководители, которые оставили след в моей памяти. У многих я даже учился. Ведь не так-то просто было становиться директором — это в начале назначили, а дальше-то надо становиться. Так что немало времени прошло, прежде чем я почувствовал: теперь я что-то могу. И учился, конечно, у многих людей, в том числе и на «Ангстреме». Я считаю, что у нас был непростой, но уникальный директор Эдуард Евгеньевич Иванов. Он умел организовать людей, мотивировать их, и, по сути, он перестроил наши предприятия, сделал их передовыми в отрасли. Вообще в электронике немало известных личностей, таких, например, как Александр Иванович Шокин. Я был на заседаниях коллегии министерства и видел, как он организовывает работу. А непосредственно работать мне было интересно со многими руководителями. Один из них Анатолий Тимофеевич Яковлев, который одно время возглавлял НИИТТ. В молодости для меня примером был директор СВЦ Давлет Исламович Юдицкий, по-настоящему уникальная личность. Когда требовала ситуация, он мог даже паяльник в руки взять — не для того, чтобы что-то сделать, а чтобы мотивировать подчинённых. Умел зажигать, вдохновлять, вообще умел работать с людьми. Прекрасное оставил о себе впечатление. К сожалению, очень рано, всего в 53 года, такой человек ушёл из жизни. А его детище, СВЦ, по сути, развалили. Я уже говорил, что там была прекрасная команда людей, собранных со всех уголков бывшего Союза. Так случилось, что последнюю часть своей жизни Давлет Исламович уже был не на том месте, где мог бы быть и приносить колоссальную пользу.

В Зеленограде работало много интересных людей. Среди них первый директор НИИМВ А.Ю. Малинин, Б.Г. Грибов, со временем сменивший его на этой должности. Вообще было немало талантливых людей, которых я мог бы вспомнить. Это отдельная страница моей жизни. Каждый из них вложил что-то в меня, в других, и это осталось не только как память, но и как результат нашей совместной работы. К сожалению, многих из них уже нет с нами. Можно вспомнить и В.Г. Колесникова, заместителя министра, потом министра МЭП. Владислав Григорьевич — прежде всего личность. Я ему благодарен, потому что он верил в меня, что очень немаловажно. И я старался оправдать его доверие: если сказал «сделаю», то сделаю обязательно. Конечно, не лично я, а моя команда. И в этом смысле он во многом мне доверял.

Нельзя не упомянуть ещё одного очень интересного человека — Валентина Михайловича Пролейко. При нём, в 1976 году, меня приказом министра назначили главным конструктором в министерстве по микропроцессорам, но это была довольно условная должность. Мы с Валентином Михайловичем ездили по стране, смотрели, что происходит в отрасли, инициировали новые работы и т. д. Но гораздо больше

о нём я узнал, когда уже был директором «Российской электроники». Он пытался написать огромную историю электроники, но не успел завершить задуманное. Уникальность этой работы в том, что он, оказывается, вёл дневник чуть ли не с 1948 года. Дневник этот частично сохранился, и я, частично, его прочёл. Увидел, как и чем человек живёт. Его поездки в Америку, как он чувствовал то время, ту страну. И ещё я узнал, что он, как и я, был большим любителем джаза, но до него мне, конечно, далеко. У него хранилось колоссальное количество записей. Это вообще большая редкость. Во всех отношениях он был незаурядной личностью.

Одним словом, меня окружало множество людей, у которых я мог учиться, и за это я благодарен судьбе. Вообще, до 2004 года я был на редкость удачливый человек, а дальше — уже другая история. А в то время я практически шёл на волне, и мне всегда сопутствовала удача. Так что я благодарен всему, что со мной было.

Э.П.: Членом совета директоров Вы остались?

В.Д.: Условно. В 2004 году я ушёл из «Ангстрема» и из «Российской электроники». В 2008 году меня попросили вернуться, но, честно говоря, это был уже другой «Ангстрем» и другие сложности. Я там сделал, как говорится, всё возможное, вместе с командой помог кое-что исправить и восстановить предприятие, после чего ушёл. Сейчас работаю в области так называемых зелёных технологий, а конкретно в области солнечного кремния и в медицинском приборостроении. Сложно сказать, это у меня хобби, ну не совсем хобби — конечно же работа, и надеюсь из этого сделать небольшой бизнес.

Э.П.: Что это за направление?

В.Д.: Новая технология — солнечный кремний. Это, прежде всего, исходный материал, так называемый поликремний, из которого делается всё остальное. Есть разные способы изготовления поликремния: традиционный способ, который все используют, и нетрадиционные варианты производства. В этой области сегодня много поисковых работ. У нашей команды есть запатентованная технология, которая сейчас на определённом этапе остановилась, но которая даст колоссальный эффект с точки зрения цены и охраны экологии. Думаю, в будущем мы добьёмся хороших результатов. А в области медицины я занимаюсь вопросами, связанными с телемедициной. Это телекоммуникации, микроэлектроника, надо всё скомпоновать, ну и вопросы, связанные с медицинским приборостроением. Пытаюсь в этой части сделать ряд приборов для здравоохранения.

Э.П.: Очень интересно. Спасибо за беседу и успехов Вам во всех начинаниях!

Раздел 2

Организации

Б.М. Малашевич

Инновационный Центр советской микроэлектроники

Электроника требует другого, государственного отношения к её развитию.

А.И. Шокин [1]

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. В СССР в марте 1961 г. электронная промышленность выделяется в самостоятельную отрасль — Госкомитет по электронной технике (ГКЭТ) во главе с Председателем ГКЭТ — министром Александром Ивановичем Шокиным. В 1965 г., при переходе на министерскую структуру, ГКЭТ стал научной основой Министерства электронной промышленности СССР (Минэлектронпром, МЭП), министр — А.И. Шокин.

К тому времени в США и в СССР уже были промышленно освоены интегральные технологии производства как полупроводниковых приборов (на одной пластине полупроводника в едином технологическом процессе делалось сразу много транзисторов или диодов, затем разделяемых и индивидуально корпусируемых), так и толстоплёночных и тонкоплёночных керамических печатных плат. Мир был обречён на изобретение идеи многоэлементных комплектующих изделий¹ — интегральных схем (ИС). Вопрос заключался лишь в том, кого первым эта идея озарит.

¹ Комплектующие изделия для электроники – минимальная неделимая, неремонтируемая конструктивная единица, выполняющая определённую функцию. Как правило, это товарная продукция специализированных производств. Совокупность таких изделий раньше называлась «электрорадиоэлементами» (ЭРЭ), «элементной базой» (ЭБ), «изделиями электронной техники» (ИЭТ), ныне это – «электронная компонентная база» (ЭКБ). Далее, при описании истории, мы будем использовать МЭП'овский термин – ИЭТ, в современных эпизодах – ЭКБ, понимая их как синонимы.

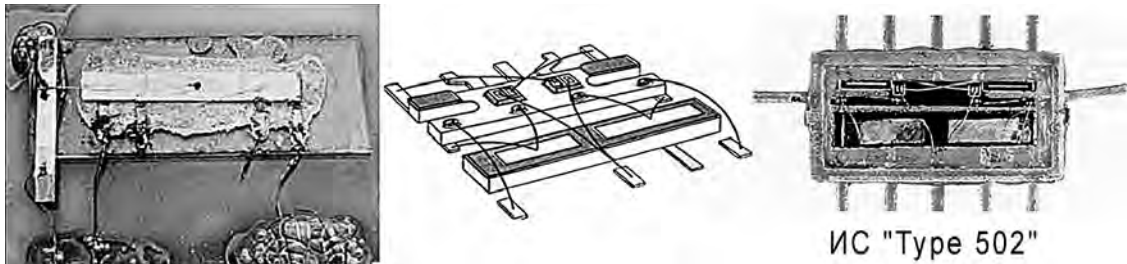


Рис. 1. ИС "Type 502" (слева направо): макет, рисунок и производственный образец

И она озарила немало умов. Но большинство идей носило частный характер и не имело продолжений. Основой для развития интегральной электроники оставались только три пионерских проекта.

Первые полупроводниковые интегральные схемы

Удачливыми оказались Джек Килби из Texas Instruments (TI), Роберт Нойс из Fairchild (оба из США) и коллектив Юрия Валентиновича Осокина из КБ Рижского завода полупроводниковых приборов (РЗПП, СССР) [2].

В сентябре 1958 г. Дж. Килби продемонстрировал руководству компании объёмные макеты полупроводниковой ИС (рис. 1) как доказательство возможности изготовления всех элементов схемы из одного материала — полупроводника. Затем он изготовил экспериментальную ИС «Type 502» (триггер), но из-за сложностей, связанных с необходимостью проводного монтажа внутри схемы, ИС Килби не производилась. В производство в 1962 г. в TI пошла ИС серии SN-51, выполненные по технологии Р. Нойса.

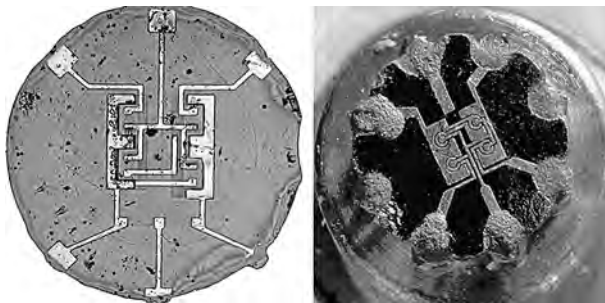


Рис. 2. Экспериментальный триггер Р. Нойса (фотография ИС Micrologic в журнале "Life")

В 1959 г. Роберт Нойс, президент фирмы Fairchild, прослышав о макете ИС Килби, решил создать интегральную схему без проводного монтажа. Комбинируя новейшие технологии, он в сентябре 1960 г. изготовил полностью монокристаллический вариант триггера (рис. 2). Полтора года потребовалось на отработку

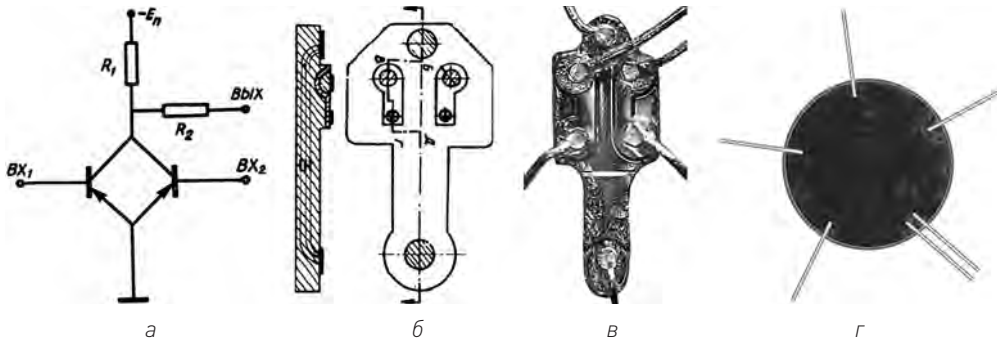


Рис. 3. ИС P12-2 (1ЛБ021): а – электрическая схема; б – структура кристалла; в – фото кристалла; г – в корпусе (в разных масштабах)

технологии и разработку ИС, и в 1962 г. Fairchild приступила к серийному производству ИС серии Micrologic.

Весной 1962 г. ленинградский НИИ радиоэлектроники (НИИРЭ, позже ставший основой НПО «Ленинец») обратился на РЗПП с просьбой найти способ реализации однокристалльной многоэлементной схемы типа 2НЕ-ИЛИ — универсальной для построения цифровых устройств. Решить эту задачу поручили 24-летнему инженеру Юрию Валентиновичу Осокину. Рижане успешно решили её своим способом, изготовив ИС P12-2 (рис. 3). К концу 1962 г. РЗПП выпустил около 5 тыс. ИС P12-2. Впоследствии выпуск их достигал миллионов единиц в год и продолжался до вплоть 1990-х годов.

Используя P12-2, в НИИРЭ разработали гибридную ИС (ГИС) «Квант» (главный конструктор — А.Н. Пелипенко) с двухуровневой интеграцией (впервые в мире), в которой в качестве активных элементов были использованы ИС P12-2 (рис. 4), а на их основе разработали первую в мире авиационную ВЦВМ «Гном» (рис. 5), которая до сих пор летает в самолётах.



Рис. 4. ГИС «Квант»

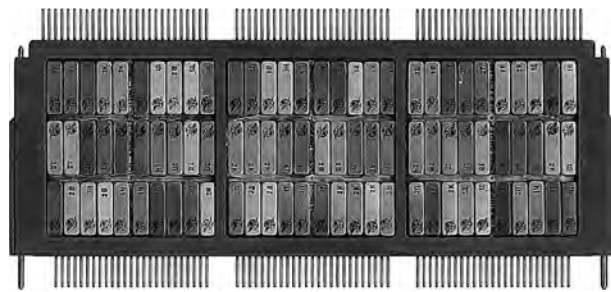


Рис. 5. Арифметическое устройство бортового компьютера «Гном»



Дж. Килби

Р. Нойс

Ю. Осокин

Рис. 6. Пионеры мировой микроэлектроники. 1962

Приоритеты

Приоритет авторов ИС закреплён патентами США: Дж. Килби (№ 3138743 от 06.1964), Р. Нойса (№ 2981877 от 07.1959) и Авторским свидетельством СССР Ю.В. Осокина и Д.Л. Михаловича (№ 36845 от 06.1966) (рис. 6).

В 2000 г. Дж. Килби за изобретение ИС стал одним из лауреатов Нобелевской премии, поделив её с Жоресом Ивановичем Алфёровым. Р. Нойс не дождался мирового

признания, скончавшись в 1990 г. (согласно статуту Нобелевского фонда, Нобелевская премия не может быть вручена посмертно).

Работы же Ю. Осокина не только Нобелевским комитетом, но и в нашей стране не были должным образом оценены и оказались забыты, следовательно, приоритет страны в создании микроэлектроники не был защищён. А он бесспорно был. И мы имеем полное право считать Ю. Осокина одним из изобретателей интегральной схемы наравне с Дж. Килби и Р. Нойсом, а часть Нобелевской премии, вручённой Дж. Килби, было бы справедливо поделить с Ю. Осокиным (кстати, из этой тройцы Килби менее других достоин Нобелевской премии, поскольку его изобретение не нашло реального применения, а изобретатели, даже с патентами, были и до него. Но по иронии судьбы именно он её и получил). Что же касается изобретения первой ГИС двухуровневой интеграции, то здесь приоритет А.Н. Пелипенко из НИИРЭ абсолютно бесспорен.

Первопроходцы отечественной микроэлектроники

В СССР образовались две группы первопроходцев-организаторов советской микроэлектроники — в ГКЭТ и в Конструкторском бюро № 1 (КБ-1, позже НПО «Алмаз»). Ещё с первой половины 1950-х годов в КБ-1 под руководством его главного инженера Фёдора Викторовича Лукина велись активные работы по микроминиатюризации РЭА на основе имевшейся тогда элементной базы. В какой-то степени проблему смягчило применение различных микромодулей (рис. 7).

Однако к концу десятилетия стало ясно: необходимы радикальные методы. Вот тогда-то Ф.В. Лукин и поручил доктору физико-математических наук, профессору Андрею Александровичу Колосову [2], одному из наиболее активных и грамотных специалистов КБ-1, свободно владеющему тремя иностранными языками,

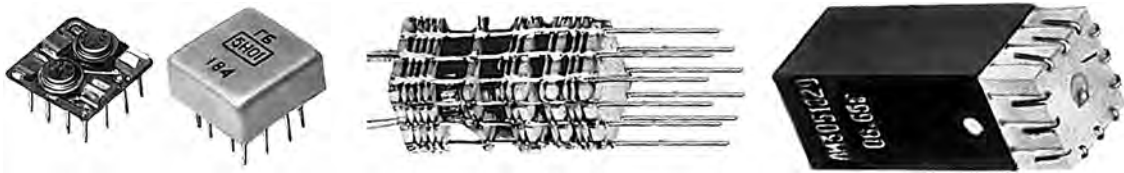


Рис. 7. Плоский и этажерочный микро модули

досконально изучить подходы к микроминиатюризации по иностранным и отечественным источникам.

Результаты этой работы были обобщены в 1960 г. в монографии А.А. Колосова «Вопросы молекулярной электроники» (рис. 8), ставшей учебником для многих будущих специалистов. В том же году Ф.В. Лукин поручает А.А. Колосову образовать «самую первую в СССР лабораторию по микроэлектронике» [2] (в начале следующего, 1961 г., отдел микроэлектроники под руководством Б.В. Малина создаётся в НИИ-35, а весной 1962-го подобный отдел под руководством Ю.В. Осокина — в РЗПП). Лаборатория приступает к активной работе, привлекая к ней многочисленные 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 ленинградского Центра микроэлектроники (ЦМ), который через три года ему предстояло создавать.

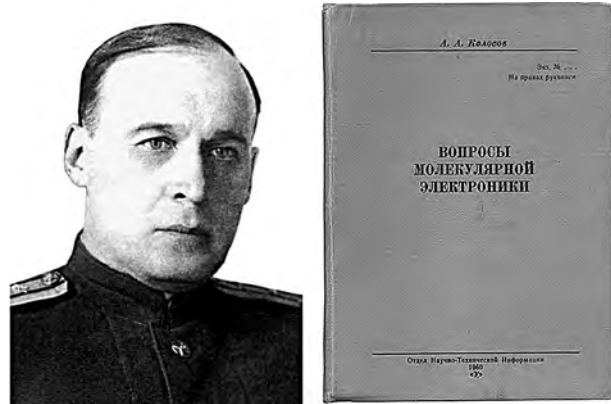


Рис. 8. А.А. Колосов и его монография

В это же время А.И. Шокин с группой специалистов из НИИ-35 и аппарата ГКЭТ пришли к выводу о необходимости создания и развития принципиально новой подотрасли — микроэлектроники.

Об «американском следе»

С середины 1980-х годов в стране начали ходить ложные мифы об исключительной роли в создании советской микроэлектроники двух американских учёных-микронщиков — Ф. Староса и Й. Берга.

Распространению мифов способствовали отсутствие тогда описания реальной истории нашей микроэлектроники, неоспоримый факт их участия в разработках, ореол таинственности происхождения Староса и Берга. Сыграло свою роль и то, что многие, как правило, не подозревали о существовании в стране двух Бергов: ленинградского Йозефа Берга (о нём мы ещё поговорим) и москвича, адмирала и академика Акселя Ивановича Берга, много сделавшего для становления отечественной радиоэлектроники и кибернетики. В результате эхо славы о делах академика неизвольно переносилось на его ленинградского однофамильца, а также его коллегу Ф. Староса, способствуя распространению легенд об их исключительности.

Отцы-основатели микроэлектроники, истинные герои её создания, не оставили потомкам описания истории: многое в ней тогда было секретным, да и времени у них всегда не хватало — работали, что называется, на износ. Зато нашлось оно у «бывших наших», они и заполнили вакуум «героями», естественно, мнимыми.

Основными творцами этого мифа были:

- Марк Кучмент, советский физик, эмигрировавший в США, историк науки в Центре русских исследований Гарвардского университета;
- Генри (в СССР — Генрих) Фирдман, эмигрировавший из СССР в 1981 г. В 1960–1970 гг. он работал в ленинградском СКБ-2, директором которого был Ф. Старос, а главным инженером — Й. Берг.
- Й. Берг — один из «героев» легенды.

Эту троицу объединяет то, что, прожив большую часть своих жизней в СССР, они не смогли реализовать там свои амбиции. Такие люди обычно ищут оправдание личных неудач во внешних причинах, во всём обвиняя окружавшую их действительность, что они и сделали.

К тому же происхождение и предыстория Ф. Староса и Й. Берга долгое время были неизвестны, что тоже способствовало процветанию мифа.

Ситуация прояснилась лишь после выхода в 2005 г. в США книги Стивена Юсдина «Инженерный коммунизм: как два американца шпионили для Сталина и основали советскую Кремниевую долину» [3] (рис. 9).

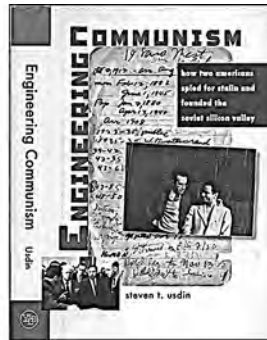


Рис. 9. Стивен Юсдин и его книга

Главными источниками информации для С. Юсдина были его беседы с Й. Бергом на протяжении 1990–1998 гг., рассекреченные архивы ФБР по группе советских разведчиков Ю. Розенберга, воспоминания советского разведчика А. Феклисова, работавшего с группой Ю. Розенберга, статьи М. Кучмента и Г. Фирдмана и масса других источников. С. Юсдин провёл огромную работу.

На первых страницах книги С. Юсдин говорит о недостоверности данных Берга: *«Барр и я начинали работу над его биографией несколько раз, но проект всегда прерывался, поскольку его более интересовали фантазии (fantasizing) о том, какие события могли и должны были быть, а не то, что действительно происходило»* [3]. Но, наряду с развитием легенды, книга наполнена и конкретными фактами из американской жизни её героев.

Так кто же они такие, Ф. Старос и Й. Берг, по С. Юсдину?

Филипп Георгиевич Старос (настоящее имя — Альфред Эпейммондас Сарантопуос) родился 26 сентября 1918 г. в Греции, в Спарте. Его родители эмигрировали в США, приняв фамилию Сарант. Умер в Москве в 1979 г., не оставив дневников и воспоминаний.

Настоящее имя Йозефа Вениаминовича Берга — Джоэл Барр (Joel Barr). Его родители, украинские евреи Вениамин и Ревекка Збарские, в 1905 г. эмигрировали в США, приняв фамилию Barr. Джоэл родился 1 января 1916 г. в Нью-Йорке. Умер Й. Берг в Москве в 1998 г., оставив множество своих “fantasizing”.

По образованию они бакалавры в электротехнике. Профессиональный опыт:

- А. Сарант — шесть лет работы в четырёх фирмах, квалификация — *«низкоуровневая техническая работа»*. В сентябре 1946 г. Сарант бросает свою профессию и открывает своё дело: *«в Итаке он занимался малым домашним строительством и ремонтом»*.
- Дж. Барр — тоже шесть лет работы в четырёх фирмах, высшая должность — рядовой инженер-технолог. 21 января 1948 г. он покидает США и путешествует по Франции, Швеции и Финляндии, подрабатывая игрой на фортепиано.

Итак, А. Сарант бросает профессию в 1946 г., Дж. Барр — в 1947-м. Напомним, что транзистор изобретён в конце 1947 г.

При этом оба они обладали непомерными амбициями. Сарант мечтал *«о руководстве новыми областями в электронике...»*. Именно «областями». Г. Безэ рассказывал: *«Сарант имел средние способности, но был расстроен, считая, что мир не оценивает его таланты»*. Барр же *«разрывался между мечтами стать всемирно известным изобретателем или композитором»*. Тем или иным, неважно, главное — *«всемирно*

известным». Иллюстраций их абсолютно необоснованной амбициозности в книге С. Юсина предостаточно.

Читателю, очевидно, интересно, почему А. Сарант и Дж. Барр бежали из США и их приняли в СССР. Это связано с их работой в разведгруппе Юлиуса Розенберга.

В 1941 г. Ю. Розенберг через руководство компартии США связался с советской разведкой. Он набрал группу из бывших однокашников по колледжу. Сарант в группу был привлечён Барром в ноябре 1944 г. В декабре 1946 г., в связи с угрозой разоблачения, деятельность группы указанием Центра была прекращена.

Члены группы Ю. Розенберга работали в фирмах, разрабатывавших и производивших радиоэлектронное вооружение. Они имели доступ к открыто хранящейся технической документации на продукцию и возможность её выноса для фотографирования. Группа Розенберга передала разведслужбе СССР около 32 000 страниц документации, из них 9 165 страниц были переданы Дж. Барром и А. Сарантом [3].

Провал группы Розенберга определялся расшифровкой в 1946–1950 гг. накопленных за годы войны шифрограмм. Начались допросы членов группы. Руководство советской разведки попыталось спасти членов группы, готовя варианты их бегства, но большинство этим не воспользовалось. К 1950 г. все они были арестованы, кроме бежавших Дж. Барра и А. Саранта. Супруги Розенберг были казнены в июне 1954 г., другие получили различные, до 18 лет, сроки тюремного заключения.

В 1951 г., по приезде в СССР, с нашими героями произошло чудо. Бакалавры-электротехники, простые инженеры с ничтожным производственным опытом 3–4-летней давности, ничего не знавшие о транзисторе, тем более о ИС, словно по маговению волшебной палочки превратились в крупных светил американской электроники. Как такое могло случиться? Очень просто. Их происхождение было покрыто непроницаемым мраком тайны. Лишь несколько человек из высших чинов знали, что это американские специалисты, поставившие нам какую-то очень важную информацию. Другие не знали и этого. Самым таинственным образом прибыли два амбициозных заморских «пророка», умевшие себя подать. С. Юсин объясняет это так: *«В Москве новое доверие позволяло Саранту представить себя как гения, подвергшегося антикоммунистическим преследованиям. А его напористость приводила к тому, что старшие советские должностные лица, особенно ответственные за оборонную электронную аппаратуру, доверяли ему»* [3].

Так в 1951 г. новоиспечённые специалисты Ф. Старос и Й. Берг оказались в Праге, где возглавили лабораторию в составе около 30 человек. По-видимому, незнание

Старосом и Бергом на первых порах чешского языка, с одной стороны, мешало им, а с другой — позволяло скрывать свою некомпетентность, которую они успешно устраняли, читая иностранные журналы на английском языке, незнакомом многим чехам. В этой ситуации, согласно С. Юсдину (и, похоже, он прав), Старос и Берг обнаружили способности, для проявления которых в США у них просто не было условий, оказавшись хорошими учениками и незаурядными организаторами.

В начале января 1956 г. Ф. Староса и Й. Берга перевезли в Ленинград, где они возглавили созданную для них в ОКБ-998 Минавиапрома специальную лабораторию СЛ-11. Впоследствии фирма Ф. Староса претерпела ряд реорганизаций с изменением подчинённости и названия: 1956–1959 гг. — СЛ-11, 1959–1961 гг. — СКБ-2, 1961–1966 гг. — КБ-2, 1966–1973 гг. — ЛКБ, с 1973 г., после слияния с СКТБ, — ЛКТБ «Светлана». В статье же используем её первое самостоятельное имя — СКБ-2.

Первые три года пребывания в Ленинграде Ф. Старос и Й. Берг занимаются тем, чем они отличились в Праге, — разработкой спиральных потенциометров, одновременно прорабатывая проблемы создания компьютера и микроминиатюризации его узлов. И в этих поисках они достигли определённых успехов.

В конце 1958 г. СЛ-11 начала поисковую разработку бортовой авиационной ЭВМ «УМ-1» (не путать с управляющей ЭВМ «УМ-1» северодонецкого НИИУВМ!). Экспериментальный образец УМ-1 был изготовлен в июне 1959 г. и через месяц показан Д.Ф. Устинову, однако на показе произошёл сбой в его работе. Министр авиапрома П.В. Дементьев был настолько разочарован результатом, что потерял всякий интерес к нашим героям. Но поскольку Старос начал исследования в области гибридной технологии изготовления ЭВМ, СЛ-11 попала в поле зрения А.И. Шокина, упорно искавшего новые пути микроминиатюризации РЭА. В 1959 г. СЛ-11 была передана Дементьевым в ГКРЭ, превратившись при этом в СКБ-2.

При поддержке А.И. Шокина СКБ-2 разрабатывает более простой вариант ЭВМ для промышленного применения — УМ-1НХ, а затем, с применением тонкоплёночной технологии и бескорпусных транзисторов, второй вариант бортовой ЭВМ — УМ-2.

Таким образом, очевидно, что никакого влияния на развитие советской микроэлектроники американские познания А. Саранта и Дж. Барра оказать не могли в связи с их полным у них отсутствием.

Однако «американский след» в советской микроэлектронике, безусловно, был и заключался в следующем:

Первые биполярный, МОП и ряд других типов транзисторов были изобретены в США.

Планарная технология, основная при изготовлении полупроводниковых ИС, также была рождена в США.

В 1961 г. группа специалистов ГКРЭ (Б. Малин, В. Стружинский, А. Трутко, В. Цветов и др.) прошла длительную стажировку в электронных фирмах США, где изучала планарную технологию и другие вопросы полупроводникового производства.

Из поездки в США Б. Малин привёз ИС фирмы Texas Instruments серии SN51, которые были воспроизведены по указанию министра А.И. Шокина в НИИ-35 (серия ТС-100).

И это всё. В остальном создание и развитие советской микроэлектроники — дело исключительно отечественных специалистов и руководителей.

Создание Центра микроэлектроники

Идея создания Центра микроэлектроники

Идея создания Научного центра в СССР была не нова, она буквально витала в воздухе. Научные центры создавались в разных регионах страны — в Дубне, Протвино, Сарове и т. п. — под самые разные научные проблемы. Итак, идея родилась, и началась активная работа по её реализации.

Включился в работу и Старос. В отличие от приехавшего из США бакалавра-неудачника А. Саранта, он за эти годы превратился в высококвалифицированного специалиста и прекрасного организатора. Старос и его коллектив уже имели опыт разработки экспериментальных образцов трёх ЭВМ, а также некоторые результаты в создании тонкоплёночной гибридной технологии и малогабаритных устройств памяти типа «Куб» на многоотверстных ферритовых пластинах. Первым в стране начав в 1958 г. заниматься тонкоплёночной технологией, он так и не создал товарной ИС на её основе. Товарная ИС его не интересовала. Он пытался на основе тонкоплёночной технологии создать ЭВМ в целом. И теперь, как утверждает С. Юсдин, Старос мечтал создать и возглавить гигантскую фирму, *«смоделированную с America's Bell Laboratories, но в сто раз большую, превосходящую всё существующее или создаваемое на Западе»* [3].

Иначе к задаче подходил понимающий жизненные реалии страны А.И. Шокин. Отвечая за элементную базу для всех видов радиоэлектронной аппаратуры, он воплощал идею создания инновационного ЦМ — локально размещённого функционально полного комплекса НИИ с опытными заводами, решающего все специфичные проблемы создания и применения ИС как товарной продукции.

Как видим, подходы совершенно разные. Но пока они ещё не обособились, не вошли в противоречия, и их сторонники дружно работали в единой команде.

Нашлось место и для ЦМ. С 1958 г. у станции Крюково севернее Москвы строили для лёгкой промышленности новый город-спутник (Зеленоградом и одновременно 30-м районом Москвы он стал в январе 1963 г.).

Подготовка

Такие масштабные работы, как создание научного центра, могли выполняться только на основании постановлений ЦК КПСС и Совмина СССР, а на это требовалось согласие первого секретаря ЦК и председателя Совмина Никиты Сергеевича Хрущёва. И Шокин начал подготовку. Такое постановление можно было «пробить» только в результате многоходовой комбинации, объединив усилия всех её сторонников, а противников и неверующих было немало. Шокин использовал все возможные средства для расширения круга сторонников. Проект постановления стал 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 сопутствующих документов, плакатов и экспонатов стал НИИ-35. В работе участвовали также специалисты СКБ-2 во главе с Ф. Старосом. Курировали подготовку В. Малин (заведующий общего отдела ЦК КПСС, отец Б. Малина из НИИ-35), И. Сербин (заведующий оборонного отдела ЦК КПСС) и Г. Титов (первый зам. председателя Военно-промышленной комиссии — ВПК). В начале 1962 г. А.И. Шокин добился согласия Хрущёва на проведение небольшой выставки с докладом в перерыве заседания Президиума ЦК КПСС. Таким образом, Хрущёв идею уже воспринял и с ходу не отверг. Вскоре на ежегодном просмотре архитектурных проектов в Красном зале Моссовета, когда ему доложили о серьёзных диспропорциях в строительстве города-спутника, Н.С. Хрущёв сказал: «Надо переговорить насчёт микроэлектроники» [4]. Значит, он уже был готов к принятию решения.

Под руководством А. Шокина и его заместителя К. Мартюшова, при участии учёных и специалистов отрасли, в том числе из НИИ-35 (А. Трутко, Б. Малин, М. Самохвалов, Н. Ройзин и др.) и СКБ-2 (Ф. Старос, Й. Берг, В. Панкин, М. Гальперин и др.), была подготовлена концепция Центра микроэлектроники и проект постановления ЦК КПСС и СМ СССР о его создании. Параллельно с подготовкой постановления планомерно разворачивались работы по созданию гибридных (в СКБ-2) и планарных (в НИИ-35) интегральных технологий.



Рис. 10. В СКБ-2. В раздумьях о том, как встретить Н.С. Хрущёва. Сидят (слева направо): Ф.Г. Старос, А.И. Шокин, Г.А. Титов. Стоят: Г.Р. Фирдман, М.П. Гальперин, А.Л. Писаревский, В.Е. Панкин

и в ВПК, и совмещение нужных событий во времени и пространстве наконец состоялось. Визит Н. Хрущёва в СКБ-2 был включён в программу поездки в Ленинград» [5].

Специально для визита было разработано и изготовлено несколько образцов миниатюрного радиоприёмника (радиолюбительство тогда было повальным увлечением). Длинноволновый микроприёмник был сделан из миниатюрных деталей и размещался за ухом. Он ловил всего две местные станции, но для Хрущёва его

противопоставили уже много лет выпускаемому всеволновому ламповому радиоприёмнику «Родина».

Блок полупроводниковой логики ЭВМ «УМ-1НХ», спрятав другие блоки (рис. 11), поставили на отдельный стол и предъявили Хрущёву, знакомому только с ламповой техникой, как настольную ЭВМ — явление тогда невиданное. Оба экспоната были представлены главе государства весьма некорректно, но «потёмкинские деревни» на Руси всегда имели



Рис. 11. «Настольная» ЭВМ «УМ1-НХ» в комплекте в Политехническом музее

успех. А миф о «настошной» ЭВМ живёт до сих пор.

Постановление

Визит был хорошо организован и удался: ЭВМ, радиоприёмник и другие экспонаты произвели на главу государства нужное впечатление (рис. 12).

Там же Н. Хрущёву был доложен и в целом им одобрен проект постановления о создании в стране Центра микроэлектроники. После интенсивных согласований 8 августа 1962 г. Постановление ЦК КПСС и Совмина СССР было подписано.

Это было концептуальное постановление, первое в череде за ним последовавших. В нём узаконивалось, что Центру микроэлектроники быть, что быть ему в городе-спутнике и что отныне проблема создания и развития отечественной микроэлектроники приобрела характер национальной задачи.

- Были установлены самые общие положения концепции построения ЦМ, в том числе:
- определён комплексный характер ЦМ с организацией всех основных необходимых НИИ и опытных заводов для разработки и производства ИС;
 - ЦМ придан статус головной организации по микроэлектронике в стране;
 - определено локальное размещение ЦМ в городе-спутнике, где ЦМ становился градообразующей системой.

«Определялись главные задачи ЦМ как головной организации в стране по микроэлектронике:

- *обеспечение разработок и опытного производства ИС на мировом техническом уровне (догнать Америку) в интересах обороны страны и народного хозяйства;*
- *обеспечение перспективного научного задела;*
- *разработка принципов конструирования радиоэлектронной аппаратуры и ЭВМ на основе микроэлектроники, организация их производства, передача этого опыта соответствующим организациям страны;*
- *унификация ИС, условий их применения в аппаратуре на предприятиях страны;*
- *подготовка кадров, в том числе специалистов высшей квалификации»* [6].



Рис. 12. Визит Н.С. Хрущёва в СКБ-2. На переднем плане слева направо: Ф.Г. Старос, А.И. Шокин, Г.А. Титов, Н.С. Хрущёв, Е.И. Жуков (в белом халате)

Постановление определяло первоначальный состав предприятий ЦМ: пять новых НИИ с тремя опытными заводами.

Необходимо подчеркнуть, что 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 городах начиналось перепрофилирование имеющихся или создание новых НИИ с опытными заводами для разработки и серийных заводов с КБ для массового производства ИС, специальных материалов и специализированного технологического и контрольно-измерительного оборудования.

Реализация

Сразу после выхода постановления команда А.И. Шокина приступила к созданию Центра микроэлектроники (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 городе-спутнике позволял сразу же выделять жилье принимаемым на работу сотрудникам, что в условиях острого жилищного кризиса делало работу в ЦМ привлекательной и давало возможность отбирать наиболее профессиональные кадры.

Использование в микроэлектронике совершенно новых для промышленности материалов, физических принципов и процессов повлекло за собой развитие новых технологических направлений, выдвинуло крайне жёсткие требования к чистоте и однородности материалов, к точности работы технологического и измерительного оборудования, к чистоте помещений. Ни одна из отраслей техники до того времени не предъявляла столь жёстких технических требований по широкому кругу проблем, необходимых для осуществления поставленных задач.

Поэтому Центр микроэлектроники изначально задумывался как комплекс предприятий для создания как ИС, так и всего, что для этого необходимо.

Началось образование НИИ с опытными заводами: 1962 — НИИ микроприборов (НИИМП) с заводом «Компонент» и НИИ точного машиностроения (НИИТМ) с заводом «Элион»; 1963 — НИИ точной технологии (НИИТТ) с заводом «Ангстрем» и НИИ материаловедения (НИИМВ) с заводом «Элма»; 1964 — НИИ молекулярной электроники (НИИМЭ) с заводом «Микрон» и НИИ физических проблем (НИИФП); 1965 — Московский институт электронной техники (МИЭТ) с опытным заводом «Протон» (1972); 1968 — Центральное бюро применения интегральных микросхем (ЦБПИМС); 1969 — Специализированный вычислительный центр (СВЦ) с заводом «Логика» (1975).

К началу 1971 г. в НЦ работало 12,8 тыс. человек. Работа предприятий начиналась на временных площадях в трёх школьных зданиях.

На этом этапе образования ЦМ активное участие принимает Ф. Старос. Первый директор НИИМП И.Н. Букреев вспоминает: «Старос активно помогал мне. Специалисты НИИМП стажировались у него в Ленинграде. Кроме того, в 1963 г. он передал нам 4 спроектированные его КБ вакуумные установки для напыления тонких плёнок (первые в стране). Мы сразу же стали осваивать технологию, и благодаря этому к 1964 г. появились первые микроэлектронные изделия. А если бы ждали, пока построят наш институт машиностроения, потеряли бы года 2–3» [7]. Ф. Старос делился с ЦМ своими идеями и заделом. Так, в НИИМП была заново реализована идея микроприёмника, но уже на основе микроэлектронной технологии. Завод «Ангстрем» выпускал разработанный ленинградцами блок памяти «Куб-2» на многоотверстных ферритовых пластинах. Были и другие примеры.

29 января 1963 г. один из первопроходцев отечественной микроэлектроники, доктор технических наук, 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 стал Ф. Старос, оставшийся директором ленинградского СКБ-2. «Старос был ошеломлён, узнав, что он должен согласиться на положение номер два, заместителя директора» [2].

По ходу событий и с назначением Ф.В. Лукина директором ЦМ Ф. Старос понял, что ЦМ создаётся не таким, каким он хотел его видеть, и что суперBell, о которой он мечтал, не состоится. Пытаясь спасти свою идею, он в июле 1964 г. написал письмо (рис. 13) Хрущёву, обвиняя

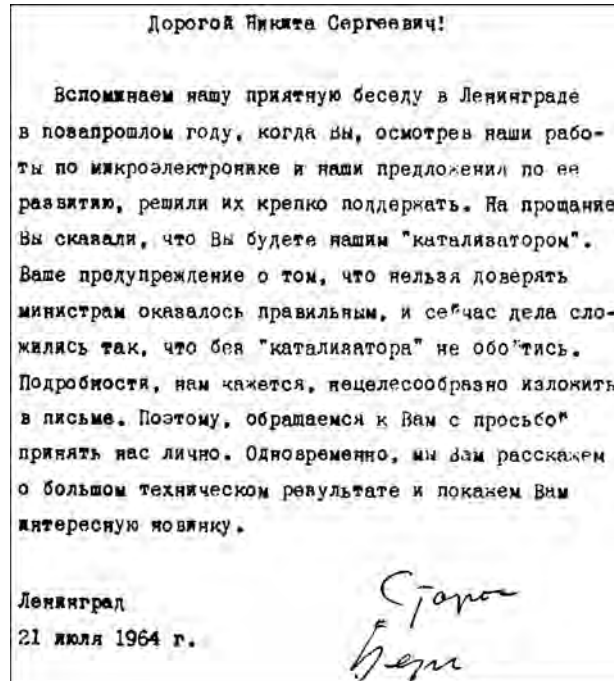


Рис. 13. Письмо Н.С. Хрущёву [8]

А.И. Шокина в искажении замысла создания ЦМ. Но 14 октября Н.С. Хрущёв был освобождён от всех должностей.

Ничто больше, кроме суперBell под своим руководством, Староса в Зеленограде не интересовало, и он фактически самоустранился от выполнения обязанностей зам. директора ЦМ по научной работе. В результате в начале 1965 г. за систематическую неявку на рабочее место в ЦМ Ф. Старос был освобождён от должности зам. директора ЦМ. Й. Берг официальных должностей в ЦМ никогда не имел.

Условия создания и развития отечественной микроэлектроники

Следует учитывать особые условия создания и развития советской микроэлектроники. *«Электронная промышленность стран Европы, США, Японии, какой бы жёсткой ни была конкуренция между фирмами, развивалась в условиях широко развитого обмена достижениями через международную торговлю лицензиями и патентами, документацией на технологические процессы, новейшим технологическим, контрольно-измерительным и оптико-механическим оборудованием, материалами и т. д.*

Электронная промышленность нашей страны была полностью лишена такой возможности. США создали специальный международный комитет (КОКОМ), контролирующей все научно-технические и торгово-экономические взаимоотношения с СССР. КОКОМ разработал положение и огромный — в 250 страниц — свод правил, по которым в СССР нельзя было продавать не только передовые технологии и изделия, принадлежавшие к области любой высокой технологии, и в первую очередь к микроэлектронике и вычислительной технике, но и технологическое и измерительное оборудование, материалы, прецизионное станочное оборудование и т. д.» [5].

Иными словами, в нашей электронной промышленности всё приходилось делать самим. Конечно, спецслужбам частично удавалось пробивать окружавшую нас стену КОКОМ и окольными путями добывать кое-какие изделия, документацию, материалы и оборудование. Но добывалось далеко не всё и в штучных количествах. Разрабатывать всё это и тиражировать в нужных объёмах отечественная микроэлектроника вынуждена была сама. Иногда полученные образцы копировались, но точную копию сделать невозможно из-за различий в технологиях, материалах, оборудовании и т. п. Иногда делали функциональные аналоги, иногда — полностью собственные разработки. Но всегда разрабатывали и тиражировали сами.

Импортировать в объёмах, требуемых для обеспечения серийного производства микросхем, удавалось только второстепенные материалы и оборудование, не определяющие технический уровень микросхем. Но делать это приходилось, так как

изоляция существовала и внутри страны. Специфика микроэлектроники в том, что её технологии требуют особых, сверхчистых материалов, сверхсложного и сверхпрецизионного технологического оборудования и особых, сверхчистых и без вибраций производственных помещений. Причём, всё это нужно только микроэлектронике, то есть в относительно небольших количествах, что невыгодно (в советском ценообразовании) производителю. Поэтому профильные ведомства (Минрадиопром, Минприбор, Минмаш, Минстанкопром, Минхимпром и пр.) всячески уклонялись от своего вклада — поставок профильных для них приборов, оборудования и материалов, соответствующих требованиям микроэлектроники.

Всё самое сложное предприятиям МЭП приходилось делать самим.

В таких условиях создание единого инновационного центра микроэлектроники позволяло максимально сконцентрировать имеющиеся ресурсы и было единственно возможным решением для успешного развития микроэлектроники в СССР. И это дало результаты.

Первые результаты

На начальном этапе Ф.В. Лукин сосредоточивается на построении структуры Центра микроэлектроники (рис. 14), подборе научных и руководящих кадров, на формировании коллективов и промышленном строительстве. Он напрямую участвует в формировании тематики создаваемых предприятий, вникает в проводимые разработки, оказывает оперативную помощь в их реализации.

В 1966 г. на базе предприятий Центра микроэлектроники было создано научно-техническое объединение «Научный центр» (НЦ), включающее шесть НИИ, пять заводов при НИИ, Вычислительный центр и Дирекцию центра.

Интегральные схемы и устройства

Уже в мае 1963 г. на основе полученных от СКБ-2 образцов в НИИТМ была разработана установка вакуумного напыления. Уже во второй половине 1963 г. в НИИМП были получены первые результаты по тонкоплёночной технологии. Предстояло проверить их на реальном изделии и провести публичную демонстрацию возможностей микроэлектроники. Решили использовать уже опробованную Старосом идею — сделать микроприёмник. Приёмник «Микро» был создан по тонкоплёночной гибридной технологии на бескорпусных транзисторах.

Радиоприёмником, даже карманным, тогда удивить было трудно, поскольку в 1950–1980-е годы радиолюбительство было повсеместным занятием. (Свой первый

СХЕМА ЦЕНТРА МЭ

УТВЕРЖДАЮ
ЗАМ. ПРЕДСЕДАТЕЛЯ ГКЭТ
/Лукин Ф.Ф./

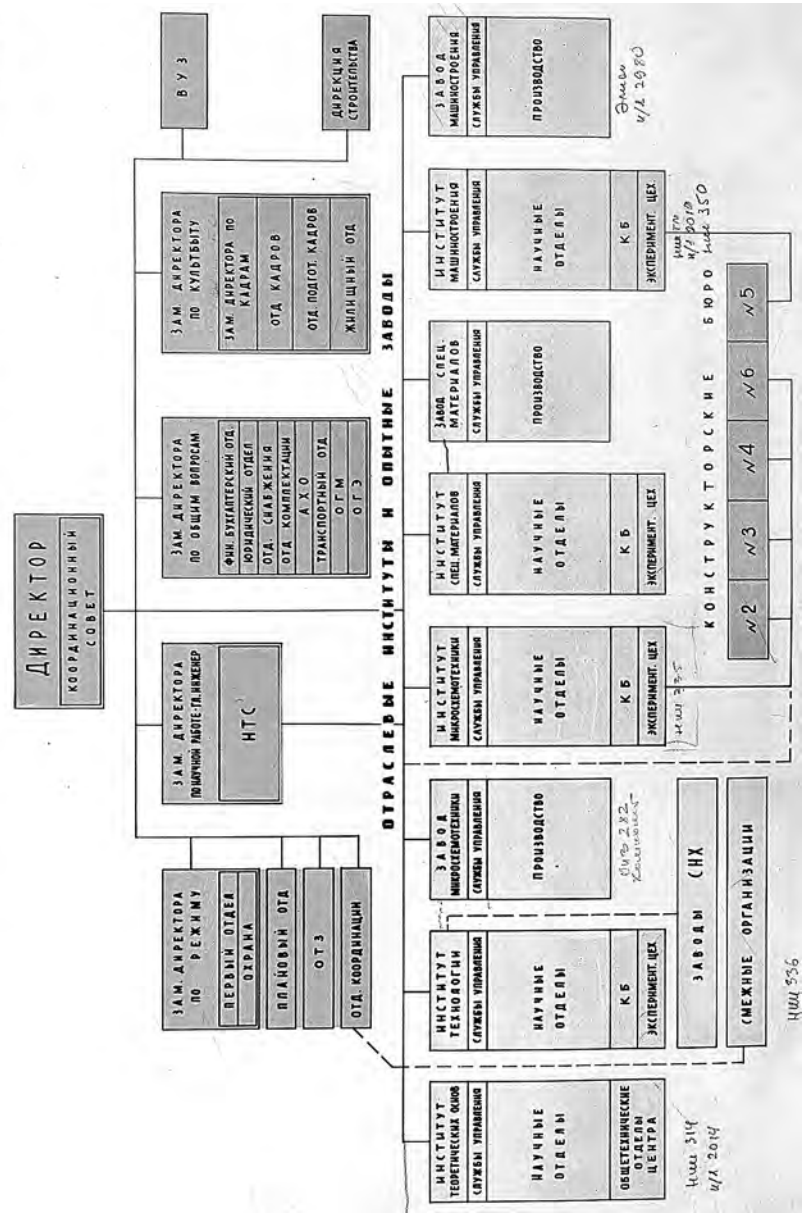


Рис. 14. Структурная схема Центра МЭ (из архива В.Ф. Лукина)

карманный радиоприёмник я собрал ещё будучи школьником, а затем последовал и телевизор.) Тем нагляднее была демонстрация возможностей новой технологии.

И.Н. Букреев вспоминает: «Первая модель — «Микро» — был приёмник прямого усиления, а второй, чуть больше по размерам, уже супергетеродинный. У него была очень острая настройка, и, так как в СССР радиостанций на средних и длинных волнах было тогда совсем мало, это казалось недостатком. Но когда я в 1964 году привёз этот приёмник в США на съезд радиоинженеров, он произвёл там мировую сенсацию! Статьи в газетах, фотографии: как СССР смог нас обогнать?..

...В Нью-Йорке, где было около 30 местных радиостанций, острая настройка нашего приёмника пришлось в самый раз. «Микро» продавали потом за валюту также во Франции, Англии, и везде там за ним в 1960-е годы очереди стояли. В общем, «Микро» стал первой сенсацией для руководства. Хрущёв брал их с собой за границу как сувениры, дарил Г. Насеру, королеве Елизавете...» [7].

Радиоприёмник «Микро» (рис. 15) стал первым в стране и в мире общеизвестным серийным изделием микроэлектроники. Разработан он был во второй половине 1963 г. в НИИМП, а в 1964-м его производство освоил «Ангстрем», где их было выпущено около 80 тыс. шт., после чего производство «Микро» было передано заводу Минрадиопрома в Минске. До середины 1970-х этот микроприёмник можно было купить в магазинах СССР и Франции.

За «Микро» последовал радиоприёмник «Эра». Фактически это были предтечи (за 40 лет) современных MP3-плееров — то же назначение, те же компоновки (рис. 16).

Вскоре появились первые зеленоградские микросхемы (рис. 17).

В 1964 году НИИТТ приступил к созданию серии толстоплёночных ГИС «Тропа» (главный конструктор — А.К. Катман). Первый директор НИИТТ В.С. Сергеев

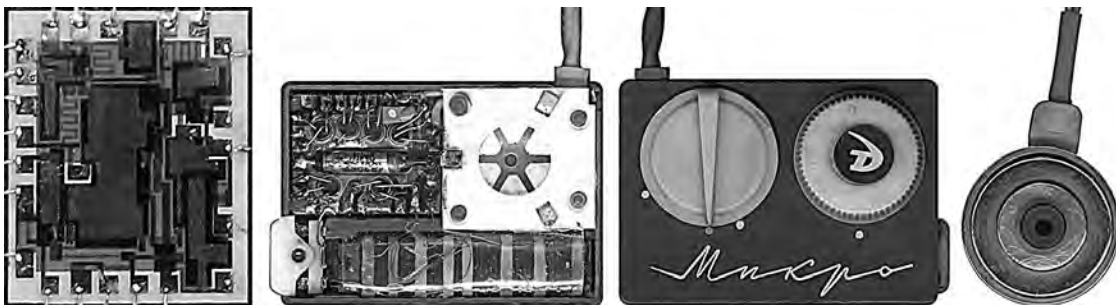


Рис. 15. Первое в СССР изделие микроэлектроники – радиоприёмник «Микро»



Рис. 16. Радиоприёмники «Микро» и «Эра» и современные MP3-плееры

вспоминает: «Никаких технических материалов и литературы по этому направлению не было... <...> Особенно в большом секрете за рубежом держалась технология изготовления резистивных, проводниковых и изоляционных паст. Всю работу мы начали с нуля: разработку конструкции, материалов, технологии и оборудования... Уже с первых дней существования предприятия, помимо работ непосредственно по технологии ГИС, велись значительные работы по созданию и применению стекла, керамики, полимеров, клеев, изоляционных материалов, гальванических процессов, сварки, пайки, получению прецизионного инструмента (штампов, пресс-форм) химической фрезеровки, многослойных полимерных и керамических плат и по многим другим процессам, необходимым в перспективах развития техники...» [9]. В связи с этим некоторые вспоминают фразу А. Эйнштейна: «Самый большой секрет атомной бомбы состоит в том, что её можно сделать», намекая тем самым, что ничего сложного в создании «Тропы» не было. Но не зря в мире с появлением микросхем широко распространилось понятие “know how” (знаю как), а не “know what” (знаю что). Главная проблема

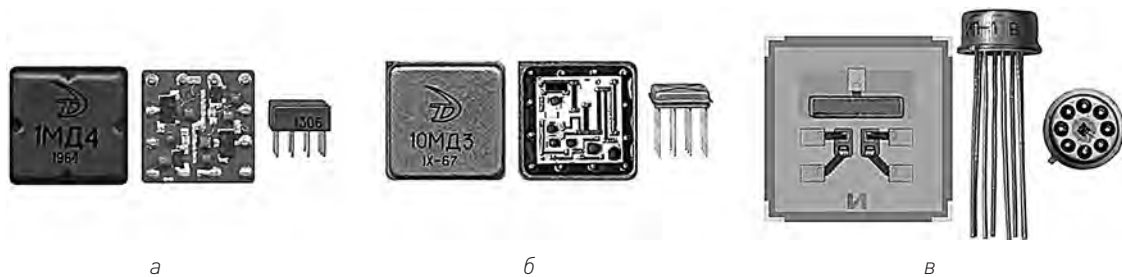


Рис. 17. Первые зеленоградские микросхемы: а – толстоплёночные «Тропа»; б – тонкоплёночные «Посол»; в – полупроводниковая ИС «Иртыш»

в современной технике именно в «как», а её в нашей микроэлектронике пришлось решать самим. В частности, в НИИТТ впервые в мире для подгонки параметров резисторов был применён лазер, зарубежные фирмы использовали менее точную и более «грязную» пескоструйную технологию.

Кстати, первыми в мире ИС, облетевшими Луну и благополучно вернувшимися на Землю (1969), были англостремовские «Тропы» (рис. 18).

Первая зеленоградская серия ГИС «Тропа» по уровню не уступала STL-модулям IBM. Она была создана на совершенно иных конструктивно-технологических принципах. Их внешнее сходство объясняется одинаковым прототипом — плоским микромодулем (рис. 19), которые промышленно производились в СССР и в США.

В 1972 г. в НИИТТ было освоено новое направление — многослойные ИС «Талисман» (рис. 20). Технология создания этих ИС тогда была неизвестна за рубежом. Она резко снижала габариты, повышала быстродействие и надёжность ИС.

В создании полупроводниковых ИС мы сначала отставали, но не на 5–10 лет, как утверждают недобросовестные или некомпетентные политики и публицисты, не понимающие, что невозможно в середине 60-х годов отставать на 10 лет от события, произошедшего в 1962 г.

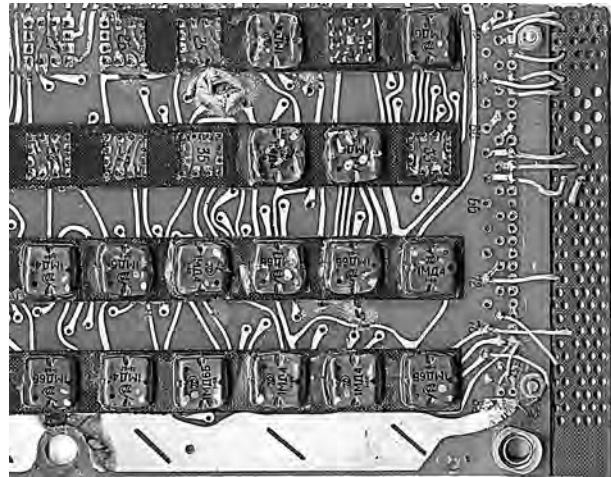


Рис. 18. Фрагмент платы ЭВМ «Аргон-11С», облетевшей Луну и вернувшейся на Землю. Часть ИС демонтирована для исследования результатов длительного влияния на них открытого космоса

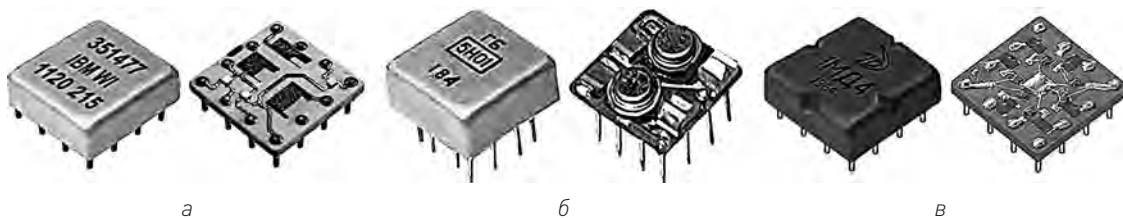


Рис. 19. STL-модуль фирмы IBM (а), плоский микромодуль 5N01 (СССР) (б) и ГИС «Тропа» НИИТТ (в)



Рис. 20. Многослойная ИС «Талисман»

В 1965 г. «Микрон» начал выпуск первой в Зеленограде полупроводниковой ИС «Иртыш» (Е. Дробышев и А. Голубев), которая была разработана в НИИМЭ на основе планарной транзисторной технологии, созданной в НИИ-35 и поставленной на «Микроне». А за ней последовали серии ИС, разработанные в НИИМЭ, НИИТТ, тиражируемые заводами страны.

В 1970-е годы наиболее преуспевающей в МОП-приборах полупроводниковой компанией была Intel. По сравнению с ней НИИТТ и «Ангстрем» на ведущих направлениях сначала имели некоторое отставание. Например, динамическое ОЗУ ёмкостью 4 Кбит Intel выпустила в 1974 г., а «Ангстрем» — в 1975-м, 16 Кбит — соответственно в 1977-м и начале 1978-го, а 64 Кбит обе фирмы поставили на рынок почти одновременно — в 1979 г. [10].

Аналогичная ситуация была в НИИМЭ с заводом «Микрон». В начале 1970-х годов директор НИИМЭ К.А. Валиев, находясь в США, в компании Motorola, показал ИС серии 500 (функциональный аналог MC10000 Motorola). Исследовав образцы, специалисты фирмы констатировали: *«Ваши схемы действительно имеют более высокое быстродействие по сравнению с MC10000, у вас хорошая технология»* [11].

Стремительное развитие отечественной микроэлектроники — результат комплексного подхода к её созданию и развитию. В Зеленограде, как её инновационном центре, и в стране в целом развивались все направления, необходимые для создания и тиражирования окончательной товарной продукции — интегральных схем. Это и специальное сверхчистое материаловедение, и сверхпрецизионное технологическое и контрольно-измерительное оборудование, и сверхчистые производственные помещения, и системы автоматизации технологических процессов и проектирования, и многое другое.

Уже в 1966 г. «Элма» 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 было разработано 1020 типов ИС. Всё это передавалось на серийные заводы МЭП. И это было только начало.

В Советском Союзе планирование велось по пятилеткам, и 1970-й являлся последним годом 8-й пятилетки. К тому времени разработкой и производством

интегральных схем занимались уже около 20 предприятий страны: НИИ, КБ, опытные и серийные заводы при головной роли зеленоградского ЦМ.

Вычислительная техника

Согласно Постановлению, задачей ЦМ была и «разработка принципов конструирования радиоэлектронной аппаратуры и ЭВМ на основе микроэлектроники, организация их производства, передача этого опыта соответствующим организациям страны».

В ЦМ сложилось два центра реализации этой задачи:

- в НИИ микроприборов с заводом «Компонент»;
- в НИИ физических проблем в виде Научно-технического комплекса системотехники (НТКС), выделенного в 1969 г. в самостоятельное предприятие — Специализированный вычислительный центр (СВЦ), в дальнейшем претерпевший ряд преобразований.

Вычислительная техника в НИИМП

В НИИМП, сначала под руководством И.Н. Букреева, а затем Г.Я. Гуськова, развилось направление космической микроэлектроники, основой которого стал ряд бортовых цифровых электронных вычислительных машин (БЦВМ) семейства «Салют». Слово «цифровых» тогда несло признак прогрессивности и перспективности, так как в системах управления в те годы основные ЭВМ были аналоговыми, ныне почти повсеместно вытесненные цифровыми. Поэтому со временем это слово утратило своё значение, и теперь уже аналоговость ЭВМ (а они имеют свою нишу применения) требует подчёркивания.

Первой в этом ряду была БЦВМ «Салют-1» (рис. 21), разработанная в 1966–1967 гг. по техническому заданию, утверждённому С.П. Королёвым, со сроком поставки первого технологического образца в декабре 1966 г.

БЦВМ «Салют-1» предназначалась для решения задач автономной навигации на борту пилотируемых космических объектов типа 7К-Л 1 и 7К-Л 3 советской лунной программы.

За «Салютом-1» последовали другие БЦВМ и иные приборы космической микроэлектроники [12].



Рис. 21. БЦВМ «Салют-1» с пультом управления

Вычислительная техника в НИИФП–СВЦ

Для разработки средств вычислительной техники Ф.В. Лукин пригласил коллектив Давлета Исламовича Юдицкого, хорошо ему известный по совместной работе в НИИ-37 и имевший опыт создания двоичной ЭВМ А340А и модулярных (на основе непозиционной системы остаточных классов — СОК) ЭВМ Т340 и К340А.

К тому времени в ОКБ «Вымпел», возглавляемом Г.В. Кисунько, уже были проработаны основные принципы построения второй очереди системы ПРО А-35 и её полигонного варианта — многоканального стрельбового комплекса (МКСК) «Аргунь» (главный конструктор — Н.К. Остапенко).

МКСК должен был обеспечивать полную автоматизацию управления технологическими средствами и обработки данных в цикле от обнаружения целей до их поражения. Для этого требовались очень мощные по тем временам вычислительные ресурсы.

Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР трём предприятиям — НЦ (МЭП, Ф.В. Лукин), ИТМиВТ (МРП, С.А. Лебедев) и ИНЭУМ (Минприбор, М.А. Карцев) — было дано конкурсное задание на разработку эскизных проектов мощной ЭВМ.

В Зеленограде в этом проекте, получившем название «Алмаз», участвовали молодые предприятия НЦ: НИИФП — разработка архитектуры и процессора ЭВМ; НИИТМ —

конструкции, системы питания и ввода-вывода информации; НИИТТ — ИС.

Общими усилиями эскизный проект был разработан, экспериментальный образец изготовлен, испытан и точно в срок представлен Министерству обороны (МО). Причём производительность ЭВМ превышала требуемую: 8 млн алгоритмических операций в секунду (оп/с). Оборудование в 11 шкафах занимало 100 м² и оценивалось в 2,6 млн руб. (рис. 22).

Проект ЭВМ «Алмаз» выиграл конкурс и был принят генеральным конструктором ПРО в качестве базовой ЭВМ для МКСК. По результатам конкурса в мае 1968 г. был заключён договор на разработку ЭВМ 5Э53 для МКСК. Производство



Рис. 22. Инженерный пульт управления ЭВМ «Алмаз»

5Э53 планировалось осуществлять на Загорском электромеханическом заводе (ЗЭМЗ) Минрадиопрома.

Главным конструктором ЭВМ был назначен Давлет Исламович Юдицкий. Разработчиков ЭВМ «Алмаз» объединили в новом предприятии — Специализированном вычислительном центре (СВЦ), директором которого стал Д.И. Юдицкий.

Требования к ЭВМ 5Э53 по сравнению с «Алмазом» заметно возросли. Вторая очередь системы А-35 нуждалась в общей вычислительной мощности до 0,5 млрд опций в секунду — тогда эти цифры выглядели фантастично. Её должны были обеспечивать 12 ЭВМ, каждая производительностью 10 млн алгоритмических опций в секунду (около 40 млн обычных опций в секунду), с ОЗУ 10 Мбит, ППЗУ 2,9 Мбит, ВЗУ 3 Гбит и с аппаратурой передачи данных на сотни километров. Для удовлетворения требований в 5Э53 был реализован целый букет новых, прогрессивных решений.

В начале 1971 г. разработка ЭВМ завершилась. В её состав вошли: 160 типов ячеек, 325 типов субблоков, 12 типов блоков питания, 7 типов шкафов, инженерный пульт управления, масса стенов. Был изготовлен и испытан экспериментальный образец ЭВМ 5Э53 (рис. 23).

В результате ЭВМ 5Э53 представляла собой 8-процессорный комплекс (4 модулярных и 4 двоичных процессора), работающий с тактовой частотой 6 МГц, и 25 компактных шкафов, занимавших площадь 120 кв. м.

27 февраля 1971 г. восемь комплектов конструкторской документации (по 97 272 листа каждый) были доставлены на ЗЭМЗ. Началась подготовка производства.

Закончить её, к сожалению, не удалось. В начале 1972 г. замминистра Минрадиопрома издал приказ о прекращении финансирования работ по договору с СВЦ о создании 5Э53 и работ по организации производства 5Э53 на ЗЭМЗ. Причины такого решения, конечно, известны, но это уже другая история [2].

На момент прекращения работ, по оценке Н. Антипова, заместителя главного конструктора по внедрению ЭВМ 5Э53 в производство, подготовка серийного производства 5Э53 в ЗЭМЗ была выполнена более чем на 70%: подготовлено соответствующее оборудование, изготов-

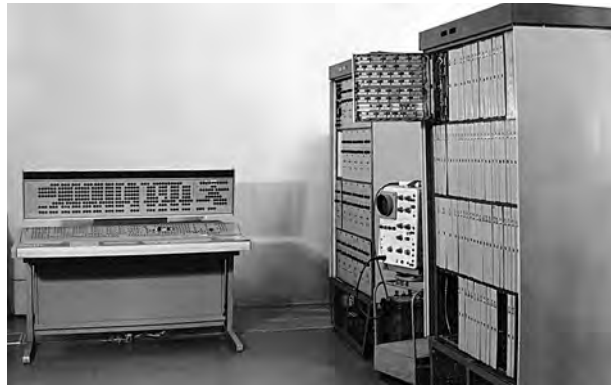


Рис. 23. Фрагмент экспериментального образца суперЭВМ 5Э53

лены стенды и оснастка, расписаны технологии, обучены специалисты и т. д. Всё это пропало.

Д.И. Юдицкий и И.Я. Акушский искали других изготовителей 5Э53. Нашлись заводы, готовые взяться за её производство, но все они относились к Минрадиопрому и им не позволили это сделать. Невостребованной 5Э53 оказалась и в электронной промышленности: время мощных САПР БИС с их топологическими задачами, где система остаточных классов (СОК) эффективна, ещё не пришло.

Так перспективный проект суперЭВМ 5Э53 оказался погублен. Было пресечено новое, перспективное направление развития отечественной вычислительной техники — модулярная арифметика, превосходящее по своим возможностям все имевшееся в стране и за рубежом. В целом работы СВЦ по СОК примерно на 10 лет опережали зарубежный уровень. О том, что первая серийная модулярная ЭВМ К-340А прекрасно работает (в РЛС дальнего обнаружения «Дунай-3У»), поражая своей производительностью и надёжностью, знали только её создатели и потребители — это был секретный объект. Слухи же о том, что Д.И. Юдицкий и И.Я. Акушский не смогли сделать ЭВМ в СОК, получили широкую огласку и стали серьёзным барьером на пути внедрения СОК в ВТ.

Но задел, созданный в ходе работ по 5Э53, полностью не пропал.

В 1971 г. в СВЦ началась поисковая работа над эскизным проектом мощной вычислительной системы — ЭВМ четвёртого 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), ОЗУ (до 32 секций ОЗУ 32К×64 бит) и мощную модульную систему динамической коммутации перечисленных модулей по сложному графу (любой ЦП мог быть соединён с любым процессором ввода-вывода и с 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 несложно, а любая функция одной или двух переменных может выполняться за один машинный такт. В результате проявляется парадоксальное свойство СОК: эффективная производительность модулярной ЭВМ может быть многократно выше её физического быстродействия или производительности позиционной ЭВМ с таким же быстродействием.

В конце 1971 г. ОКБ «Кулон» авиаконструктора П.О. Сухого обратилось в СВЦ с заказом на разработку САПР самолётов. В основе комплекса планировалось использование ЭВМ–IV. Система предполагала мощнейшую ЭВМ с необыкновенно развитой периферией: около 700 автоматизированных рабочих мест (АРМ), 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 расчётная стоимость системы (в основном из-за периферийных устройств АРМ) оказалась настолько высока, что Миновиапром вынужден был отказаться от её создания.

В начале 1972 г. СВЦ получил заказ ГРУ МО на разработку эскизного проекта суперЭВМ для обработки векторных и структурированных данных, получившей условное наименование «41–50». 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.И. Юдицкий — главным конструктором.

Проект 41–50 был своевременно разработан, принят госкомиссией с высокой оценкой и с рекомендациями о продолжении работ. Далее планировалось выполнение технического проекта с разработкой конструкторской документации, ориентированной на производителя из Минрадиопрома. Но МРП категорически отказался от производства «чужой» (МЭП) разработки, предложив ГРУ применять разрабатываемую в МРП ЭВМ «Эльбрус». Несмотря на то что «Эльбрус» на задачах ГРУ значительно уступал 41–50, Минобороны так и не смогло добиться разрешения на её разработку. Договор на техническое проектирование 41–50 не состоялся.

Три неудачные попытки создания перспективных машин — 5Э53, САПР самолётов, а затем и 41–50 — показали, что разместить производство мощных ЭВМ, не являющихся профильными для МЭП, в других министерствах практически не удаётся: конкуренции в СССР официально не было, но реально существовавшие «межведомственные барьеры» (сочетавшие в себе основные недостатки конкуренции, но лишённые её положительных сторон) были несокрушимы. Поэтому Д.И. Юдицкий принял

решение о смене курса на мини-ЭВМ и системы и микропроцессоры, которые МЭП мог производить самостоятельно. Руководство ЦМ и МЭП его поддержало, и в 1973 г. начались исследования в новом направлении. Но ЭВМ классов мини и микро — малоразрядные (8 или 16 бит), а на малоразрядных операндах СОК неэффективен. Работы по модулярной арифметике в СВЦ были прекращены.

Первые итоги работы НЦ

НЦ непрерывно наращивал свои научно-технические и производственные возможности. Ежегодный прирост выпускаемой продукции составлял до 25%, являясь одним из самых высоких в промышленности страны.

В 1970 г. в стране было выпущено 3,6 млн ИС 69 серий — 30 гибридных и 39 полупроводниковых.

НИИМЭ с заводом «Микрон», руководимые директором К.А. Валиевым и главным инженером А.Р. Назарьяном, создали базовую технологию для массового производства биполярных цифровых и линейных схем. НИИТТ (В.С. Сергеев и А.К. Катман) и завод «Ангстрем» (В.П. Дёмин и Э.Ф. Бенуа) разработали технологии производства гибридных ИС (ГИС), в том числе больших ГИС (БГИС) на многослойной керамической подложке. Эти технологии осваивались серийными заводами. «Ангстрем» к тому времени выпускал 109 типоминалов ГИС. Серия К-224 толстоплёночных ГИС стала основой для выпуска чёрно-белых и цветных телевизоров и радиоприёмников.

НИИМЭ, НИИ «Пульсар», воронежское КБ разработали базовые маршруты планарной технологии для производства ИС и планарных транзисторов. По их техническому заданию НИИТМ (Зеленоград, директор В. Савин), Конструкторское бюро технологического машиностроения (КБТМ, Минск, И. Глазков), НИИ технологии организации производства (НИИТОП, Горький, А. Салин), НИИ полупроводникового машиностроения (НИИПМ, Воронеж, К. Лаврентьев), НИИ Электронстандарт (Ленинград, И. Гаген) разработали комплект технологического оборудования «Корунд», обеспечивающего массовый выпуск планарных ИС и полупроводниковых приборов. Оборудование было принято в качестве базового комплекта для оснащения промышленных предприятий отрасли на следующую пятилетку (1971–1975).

Накопленный положительный опыт позволил приступить к разработке следующих высокопроизводительных автоматизированных линий для массового промышленного выпуска полупроводниковых ИС, транзисторов и диодов на пластинах диаметром 75 мм, что должно было резко снизить их стоимость и повысить производительность труда. Главным конструктором разработки новой линии «Корунд-С» был назначен

главный инженер НИИТМ И.Г. Блинов, главным технологом — главный инженер НИИМЭ А.Р. Назарьян. Ответственным за создание необходимых материалов, в первую очередь кремния повышенного диаметра, для производства ИС и оборудования для его обработки был определён НИИМВ (директор А.Ю. Малинин, главный инженер Ю.Н. Кузнецов). Сроки были поставлены жёсткие: предъявить линии для эксплуатации в начале 1971 г. Задача очень сложная для всех предприятий, так как в 1968 г. заводы работали на пластинах диаметром 25–30 мм, в 1969–1970-м — на пластинах диаметром 40 мм. Технологически минимальные размеры в 1968 г. были 8–10 мкм, а в 1970-м — 2–5 мкм.

Но это лишь отдельные примеры выполненных работ.

В конце пятилетки было принято подводить итоги работы. В 1970 г. специальная комиссия рассмотрела итоги деятельности предприятий НЦ и его Дирекции.

НЦ на тот момент включало девять НИИ и КБ, пять опытных заводов, вуз и др. По состоянию на 1 июня 1970 г. в институтах и КБ Центра работали 12 924 человека, в том числе 9 докторов и 214 кандидатов наук. На опытных заводах трудились 16 154 человека. Предприятия Центра размещались на 240 000 кв. м промышленных площадей.

В целом комиссия положительно оценила работу НЦ. Особо была отмечена большая роль, которую сыграл крупный учёный Ф.В. Лукин в становлении и успехах НЦ и создании работоспособного коллектива. Были указаны и недостатки. За достигнутые успехи в создании отечественной микроэлектроники Научный центр был награждён орденом Ленина, а его директор Ф.В. Лукин — орденом Октябрьской Революции.

За восемь лет работы в Центре микроэлектроники Ф.В. Лукин (рис. 24) был в отпуске только два раза. В октябре 1970 г. он решает отдохнуть в санатории. При прохождении медицинской комиссии врачи обнаруживают тяжёлую запущенную болезнь, оказавшуюся неизлечимой. 18 июля 1971 г. Фёдора Викторовича Лукина не стало. Директором НЦ был назначен Анатолий Васильевич Пивоваров.

Таким образом, в 1960-е годы в МЭП практически с нуля была создана принципиально новая подотрасль — микроэлектроника. И в целом технический уровень её технологий и оригинальных



Рис. 24. Фёдор Викторович Лукин

разработок микросхем соответствовал мировому, где-то отставая, в чём-то опережая. На этой проблеме мы остановимся далее, а пока рассмотрим, как в МЭП и Зеленограде строилась система управления разработками.

Управление разработками в Минэлектронпроме

Все проблемы в создании и развитии отрасли в МЭП решались на основе комплексного системного подхода к организации работ. Свою основную задачу — обеспечение аппаратостроительных отраслей страны изделиями электронной техники (ИЭТ) — МЭП решал на основе её комплексной унификации путём создания оптимизированных функционально-параметрических рядов в рамках общеотраслевой технической политики.

Эта система возникла не вдруг, а создавалась и совершенствовалась в течение всего времени существования ГКЭТ и МЭП, с 1962 по 1991² год. Она естественно встраивалась в ныне забытую общегосударственную систему планирования и координации разработок промышленных изделий, основными элементами которой были:

- ООП ЦК КПСС — Отдел оборонной промышленности ЦК КПСС (Москва, 1954–1991). Осуществлял в основном кадровую политику, подбор и расстановку людей на ключевые посты — от директоров значимых предприятий до министров.
- Госплан СССР — Государственный плановый комитет Совета министров СССР (Москва, 1923–1991). Осуществлял общегосударственное планирование развития народного хозяйства СССР и контроль за выполнением государственных планов.
- ВПК при СМ СССР — Комиссия Президиума Совета министров СССР по военно-промышленным вопросам (Москва, 1957–1991). Осуществляла организацию и координацию работы девяти министерств оборонных отраслей промышленности (МООП, так называемой «девятки») по созданию современных видов вооружения и военной техники. В состав «девятки» входили следующие министерства [13]:
 1. МОП — Министерство оборонной промышленности (стрелковое и артиллерийское оружие, танки, противотанковые ракетные комплексы...).
 2. ММ — Министерство машиностроения (боеприпасы, пороха, ракетное топливо...).

² МЭП упразднён 14 ноября 1991 г. На тот момент в него входило 816 предприятий, в том числе 584 завода с филиалами и 232 НИИ и КБ с филиалами. Министры: А.И. Шокин (март 1961 (с ГКЭТ) – 18 ноября 1985, В.Г. Колесников (18 ноября 1985 – 14 ноября 1991).

3. МОМ — Министерство общего машиностроения (оборудование для космоса и ракетно-ядерного вооружения...).
4. МСМ — Министерство среднего машиностроения (ядерные боезаряды...).
5. МСП — Министерство судостроительной промышленности (флот...).
6. МРП — Министерство радиопромышленности.
7. МЭП — Министерство электронной промышленности.
8. МПСС — Министерство промышленности средств связи.
9. МАП — Министерство авиационной промышленности.

Продукцией МЭП пользовалось и Министерство приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР (МПСАиСУ, Минприбор), разрабатывающее и производящее электронику для народного хозяйства. Действовало в 1956–1991 гг.

— ГКНТ СССР (Москва) — Государственный комитет Совета министров СССР по науке и технике (ГКНТ СССР) (Москва, 1948–1991). Осуществлял организацию и координацию работ в стране в сфере научно-технической деятельности.

— Госстандарт СССР (Москва, 1948–1991) — Государственный комитет стандартов Совета министров СССР. Осуществлял руководство работами ведомств и сотрудничество с международными органами по установлению промышленных и торговых стандартов на продукцию.

Действуя в рамках общегосударственной системы, МЭП создал свои механизмы и органы формирования и реализации технической политики отрасли. Основные из них:

- Главное научно-техническое управление (ГНТУ) МЭП, организующее в отрасли все работы по формированию и реализации технической политики.
- Институт головных предприятий и главных конструкторов по направлениям.
- ЦНИИ «Электроника» (Москва) — информационно-аналитический центр отрасли.
- ЦНИИ «Электронстандарт» (Ленинград) — центр по разработке отраслевых и государственных стандартов и контролю выполнения их требований.
- Центральные бюро по применению по видам изделий.

Со стороны Минобороны заказывающим и контролирующим органом для МЭП было 16-е Главное управление МО (16 ГУ МО) и его рабочий орган — 22 Центральный научно-исследовательский испытательный институт Министерства обороны (г. Мытищи).

В микроэлектронике и вычислительной технике головным в МЭП был зеленоградский Научный центр.

При общем руководстве ЦНИИ «Электроника» и «Электронстандарт» вопросами применения и стандартизации в микроэлектронике занимался зеленоградский ЦКБ «Дейтон» (ранее Центральное бюро применения интегральных микросхем — ЦБПИМС), а информационно-аналитическими работами — НИИ НЦ (ранее ДНЦ, СКБ НЦ), ныне не существующий.

Основными компонентами отраслевой системы управления разработками в микроэлектронике и вычислительной техники являлись:

- Институт головных предприятий и главных конструкторов по направлениям.
- Постоянные анализы и прогнозы развития в стране и за рубежом.
- Изучение нужд потребителей, в том числе в форме ежегодных заявочных кампаний.
- Отраслевые долгосрочные комплексно-целевые программы (КЦП).
- Межотраслевые аппаратно-ориентированные программы (АОП).
- Ежегодное планирование разработок в форме плана важнейших работ (ПВР).
- Система развиваемых микросхем.
- Общегосударственное планирование.

В Минэлектронпроме всё это работало, правда, не всегда чётко, не без сбоев и ошибок, не без волонтаризма, но в целом обеспечивало высокие темпы развития отрасли.

Рассмотрим эти компоненты подробнее.

Институт головных предприятий и главных конструкторов

В МЭП действовал иерархический институт головных предприятий: по каждому направлению в отрасли назначалось головное предприятие, которое должно было осуществлять координацию разработок всех предприятий МЭП в данном направлении. Оно выполняло перечисленные выше функции, а также согласовывало в отрасли по своему направлению все технические задания (ТЗ) на НИР и ОКР, технические условия (ТУ) на изделия и т. п. Головное предприятие имело соответствующее подразделение, выполняющее указанные функции. Фактически это подразделение подчинялось также ГНТУ МЭП, являясь скрытым продолжением его аппарата. С момента создания Дирекция НЦ (ДНЦ), позже преобразованная в СКБ НЦ, затем в НИИ НЦ, была головным предприятием в микроэлектронике в целом, а затем и в области микропроцессорных средств вычислительной техники (МСВТ) и систем автоматизации проектирования изделий электронной техники (САПР ИЭТ).

Ведущие специалисты (не обязательно руководители предприятий) назначались главными конструкторами (ГК) отрасли по соответствующему направлению.

Второй уровень в микроэлектронике представляли главные конструкторы и головные предприятия в частных направлениях (в микроэлектронике: микропроцессоры, память, логика, операция, ЦАП–АЦП и др.).

В частности, в МЭП действовал Отраслевой совет главных конструкторов МСВТ (СГК МСВТ), созданный приказом министра [14]. К составу СГК мы вернёмся позже.

Приказ определял основные задачи СГК:

«...Возложить на СГК МСВТ:

1. *Формирование и реализацию технической политики в отрасли в области МСВТ.*
2. *Координацию всех разработок МСВТ в отрасли с целью:*
 - *оптимизации номенклатуры изделий МСВТ,*
 - *обеспечения совместимости технических средств и программного обеспечения,*
 - *обеспечения высокой серийноспособности изделий МСВТ,*
 - *обеспечения возможности комплексования из изделий МСВТ различных управляющих и вычислительных комплексов,*
 - *обеспечения конкурентоспособности изделий и комплексов как в стране, так и за рубежом.*
3. *Координацию работ со смежными отраслями.*
4. *Координацию работ в части создания изделий МСВТ со странами-участниками Соглашения в рамках Межправительственной комиссии по сотрудничеству в области вычислительной техники (МПК по ВТ) и других международных органов...».*

Все решения СГК МСВТ утверждались министром и были обязательны для исполнения предприятиями МЭП.

Обзоры, анализы и прогнозы развития микроэлектроники и МСВТ

Основой всех координационных работ является тщательное изучение состояния и тенденций развития науки и производства в курируемом направлении и прогнозирование его дальнейшего развития. А для этого нужно знать всё, что делается по данному направлению в мире. Отлично понимая это, МЭП организовал у себя прекрасное информационное обеспечение специалистов всех уровней. Выписывались и добывались иными способами все выходящие в мире научные и технические периодические издания, периодические и специальные обзоры, анализы и прогнозы, труды конференций и симпозиумов; корпоративные и государственные программы развития, фирменные каталоги и пользовательская документация на продукцию;

закупались образцы продукции; приобреталось всё, что могло пригодиться для пользы дела. Материалы добывались как спецслужбами МЭП по открытым каналам, так и государственными спецслужбами по их каналам. Те и другие работали в полную силу.

Информационным обеспечением в МЭП занимался ЦНИИ «Электроника», а в головных по направлениям предприятиях имелись специальные подразделения, укомплектованные высококвалифицированными специалистами со знанием иностранных языков. Был такой отдел и в НИИ НЦ.

Система строилась так, что при желании любой специалист отрасли всегда мог получить информацию обо всех новейших достижениях в сфере своих профессиональных интересов в мире и стране (причём получить отечественную информацию было даже сложнее — мешали секретность и «межведомственные барьеры»). Это в значительной мере способствовало необычайно высоким темпам развития отечественной электронной промышленности. Так, по данным Коллегии МЭП от 22 мая 1975 г., «...темпы прироста (среднегодовой по 1970–1973) электронной промышленности СССР — 20%, США — 10%, Японии — 8,1%, ФРГ — 10,6%, Франции — 1,0%, Англии — 3,8%» [15].

На основе этих материалов, информации предприятий и иных источников специалисты головной организации в рамках специальных отраслевых НИР формировали ежегодные отчёты, содержащие глубокий анализ и прогноз развития интегральных схем разных классов. Такие отчёты являлись одной из основ формирования технической политики развития отрасли.

Ежегодные заявочные кампании

Ежегодная заявочная кампания была эффективным механизмом согласования противоречивых запросов заказчиков и разработчиков изделий электронной техники, основой оптимизации и унификации её номенклатуры.

В рамках таких кампаний была введена двухуровневая унификация заявок на разработки ИС — на отраслевом и на межотраслевом уровнях.

Каждое министерство-заказчик к концу июня собирало заявки своих предприятий на разработку новых ИС на предстоящий год. Его головная служба по согласованию с заявителями проводила свой этап унификации, заменяя заявки на разработки однотипных ИС по разным аналогам на одну.

Затем такая же работа проводилась с заявками министерств в НЦ с целью на основе унификации привести к реально выполнимому и технически оправданному оптимуму.

В декабре в НИИ НЦ проходило итоговое заседание специальной комиссии с участием всех заинтересованных лиц, на котором после обсуждения (иногда долгого и бурного) принималось окончательное решение по каждой позиции. Принятые комиссией заявки автоматически включались в план разработок МЭП на следующий год.

В результате формировались оптимизированные функционально-параметрические ряды ИС по типам, что позволяло также оптимизировать количество технологий, номенклатуру оборудования и материалов.

Согласованные заявки, за редким исключением, МЭП всегда принимал без задержек. Это свидетельствует о высоком технологическом уровне его предприятий, которые к моменту получения заявки уже имели технологию мирового уровня, отработанную на производстве схмотехнически простых ИС памяти.

Комплексно-целевое планирование

С 1975 г. МЭП перешёл на долгосрочное планирование разработок на основе отраслевых комплексно-целевых программ (КЦП).

КЦП формировались по направлениям развития техники. В частности, в микроэлектронике существовал целый пакет КЦП, направленных как на создание непосредственно изделий микроэлектроники («Логика», «Память», «Микропроцессор», «Операция», «ЦАП-АЦП»...), так и их обеспечивающих — специальных материалов, спецтехнологического оборудования, САПР ИЭТ, стандартизации и др.

КЦП формировались головной по направлению организацией. В частности, НИИ НЦ вёл программы «Логика», «Память», «Микропроцессор», МСВТ, САПР ИЭТ и др. КЦП согласовывались с представителями Генерального заказчика — 22 ЦНИИИ МО и 16 ГУ МО. Утверждались КЦП министром МЭП и были обязательны для исполнения.

КЦП включали следующие разделы:

- Пояснительную записку, объясняющую принцип построения КЦП, её основную задачу, связь с другими документами и др.
- Концепцию развития объекта КЦП, включающую анализ и прогноз развития направления, дерево целей программы, основы технической политики, рубежи планируемых результатов и др.
- Перечень конкретных НИР и ОКР по созданию конкретных изделий или документов с указанием: названия каждой работы, исполнителя, сроков разработки, объёмов и источников финансирования по годам исполнения, основных характеристик изделия, форм окончания работы.

- Перечень специфичных для данного направления обеспечивающих работ по созданию оборудования, материалов, стандартов и т. п., если они не были включены в соответствующие КЦП.

Аппаратно-ориентированное планирование (АОП)

Практика формирования межведомственных долгосрочных аппаратно-ориентированных программ (АОП) по микроэлектронике для классов продукции потребителей складывалась на протяжении ряда лет. В итоге сложился следующий механизм.

В рамках АОП по микроэлектронике НИИ НЦ с помощью головных предприятий аппаратурных министерств собирал разработчиков аппаратуры определённого класса, нуждающейся в аналогичных ИЭТ, в специальный временный или постоянный рабочий орган, с задачей формирования унифицированной номенклатуры изделий микроэлектроники для решения их задач.

Унифицированная номенклатура включала следующие группы ИС:

- серийно выпускаемые, сохраняющие перспективность применения в новых разработках аппаратуры;
- разрабатываемые и запланированные к разработке соответствующими КЦП;
- подтверждённо необходимые, но не запланированные к разработке.

Структура АОП была аналогична структуре КЦП и включала перечень НИР и ОКР по разработке каждого изделия.

АОП позволяли выявлять упущения в планировании разработок ИС и устранять их в рамках единой системы унифицированных изделий микроэлектроники.

АОП также утверждались министром и были обязательны для исполнения.

План важнейших работ

Ежегодный План важнейших работ (ПВР) был итоговым документом по планированию разработок в МЭП. В него автоматически включались все НИР и ОКР, вошедшие:

- в окончательный Протокол заявочной кампании;
- в КЦП;
- в АОП;
- в постановления ЦК КПСС и СМ СССР или СМ СССР по построению сложных систем, с которыми не поспоришь, даже если они нарушают сбалансированность функционально-параметрических рядов ИЭТ, что иногда случалось.

После отдельного рассмотрения в ПВР включались инициативные предложения предприятий-исполнителей МЭП.

ПВР согласовывался с представителями Генерального заказчика — 22 ЦНИИИ МО и 16 ГУ МО, утверждался министром МЭП и был обязателен для исполнения. За успешное выполнение каждой НИР и ОКР предприятия получали специальную премию.

Системы развиваемых микросхем

Реализация этой системы планирования новых разработок позволяла сформировать оптимизированную систему изделий микроэлектроники (и ИЭТ в целом), функционально и параметрически полную при минимальной номенклатуре.

В целях успешного применения ИС потребителями в МЭП выпускались сводные справочники, каталоги, на сложные изделия формировались руководящие технические материалы (РТМ) по применению и т. п.

А с 1976 г. в НЦ ежегодно выпускался Перечень (позже — Система) развиваемых ИС, в котором, наряду с серийно выпускаемыми ИС, приводились и ИС, находящиеся в разработке. Устаревшие ИС, не рекомендуемые для применения в новых разработках аппаратуры, в Перечень не включались.

Для разработчиков специальной аппаратуры ежегодно совместно с 22 ЦНИИИ МО выпускался более жёсткий документ — Перечень ИС, разрешённых к применению. Не вошедшие в него неперспективные ИС запрещалось применять в новых разработках аппаратуры.

Планирование по пятилеткам

В стране было принято планирование по пятилеткам. Имея более информативное и обоснованное долготетнее планирование на основе КЦП и АОП, МЭП в таких пятилетних планах работ, по сути, не нуждался. Но они ему были необходимы как источник государственного финансирования, также планируемого по пятилетним планам. Именно поэтому свои КЦП МЭП обычно увязывал по срокам с пятилетками, используя их в качестве основы при формировании планов пятилеток.

Таковы были механизмы МЭП по управлению разработками в отрасли на примере микроэлектроники. Но это внутри страны. На международной координации в рамках Совета экономической взаимопомощи (СЭВ), Межправительственной комиссии по развитию вычислительной техники (МПК по ВТ) и др. останавливаться не будем.

Работы по отраслевой, межотраслевой и международной координации развития микроэлектроники и МСВТ выполняли специализированные подразделения НИИ НЦ под руководством Ю.В. Терехова, а после его ухода в Координационный центр

МПК по ВТ — В.М. Гусакова. Ведущими специалистами в этих работах были В. Шахнов, А. Дорофеев, Б. Ваградов, Б. Малашевич, В. Кундин, Э. Коночкин, С. Бать, В. Берников, Л. Якушкина и др.

Координация разработок микропроцессоров и МСВТ

В 1976 г. в СКБ НЦ был образован отдел, координирующий в НПО НЦ разработки микроэлектронной аппаратуры (МЭА), в том числе микропроцессоров. Отдел, у которого оказалось активное будущее, образовали специалисты, пришедшие из СВЦ: В. Шахнов, Б. Малашевич, Э. Коночкин, Л. Якушкина, Б. Ефимов, А. Любушкин, А. Кутепов, О. Бельшева, Г. Захарова и др.

Вскоре стала понятна неэффективность координации разработок МЭА в рамках одного НПО, так как в этих работах необходима широкая кооперация с другими предприятиями МЭП. В министерстве соответствующей службы тогда не было. Отдел подготовил предложение о создании отраслевого Координационного совета (КС) по разработкам микроэлектронной аппаратуры. Это положительно сказалось на организации разработок как в НПО НЦ, так и в отрасли.

Для упрощения межотраслевых отношений КС был формализован в стране новый класс продукции — микропроцессорные средства вычислительной техники (МСВТ) с головной ролью МЭП, для МСВТ была создана своя система стандартизации. В МСВТ были включены микропроцессоры (БИС), микроЭВМ, периферийные устройства для микроЭВМ, системы и комплексы на их основе. Было организовано комплексно-целевое планирование МСВТ в рамках МЭП.

В 1979 г. приказом министра Координационный совет был преобразован в отраслевой Совет главных конструкторов МСВТ (СГК МСВТ) под председательством начальника ГНТУ МЭП В.М. Пролейко [14]. Членами СГК МСВТ, главными конструкторами — председателями секций СГК по направлениям МСВТ назначены:

- В. Шахнов (НИИ НЦ, Зеленоград) — зам. председателя СГК, перспективное планирование и координация разработок;
- В. Дшхунян (НИИТТ, Зеленоград) — ГК микропроцессоров, однокристалльных ЭВМ и вычислительных систем на пластине;
- И. Талов (СКБ при заводе «Процессор», Воронеж) — ГК мини- и микроЭВМ;
- Б. Малашевич (НИИ НЦ, Зеленоград) — ГК по унификации и совместимости МСВТ;
- В. Харин (СКБ при заводе «Процессор», Воронеж) — ГК программного обеспечения;

- В. Иванов (ЦНИИ «Циклон», Москва) — ГК отраслевого фонда алгоритмов и программ;
- В. Амирбекян (НИТИМ, Ереван) — ГК внешних ЗУ;
- Ю. Широков (ЦНИИ «Циклон», Москва) — ГК устройств ввода-вывода (УВВ);
- А. Козак (ЦКБИТ, Винница) — ГК устройств отображения информации;
- В. Звездин (НИИМП, Зеленоград) — ГК устройств речевого ввода-вывода информации;
- В. Цветов (ЛКТБ «Светлана», Ленинград) — ГК устройств связи с объектами;
- В. Шмигельский (НИИ НЦ, Зеленоград) — ГК запоминающих устройств на цилиндрических магнитных доменах;
- С. Якубовский (ЦКБ «Дейтон», Зеленоград) — ГК по стандартизации МСВТ;
- Ю. Глазков (ЦКБ «Дейтон», Зеленоград) — ГК по применению МСВТ.

Указанные в скобках предприятия членов СГК назначались головными по соответствующим направлениям.

Аналогично был создан СГК САПР ИЭТ, также при головной роли НПО НЦ.

Такое преобразование позволило существенно улучшить организацию разработок и производства МСВТ в МЭП. Регулярные встречи главных конструкторов обеспечивали постоянный обмен информацией, своевременность принятия и выполнения назревающих решений. Образовался отраслевой коллектив единомышленников, выполняющих общее дело. Общеизвестным центром этого сотрудничества были ГНТУ МЭП и отраслевой отдел в НИИ НЦ. Упорядочение дел в отрасли значительно упростило координацию работ с предприятиями других ведомств. МЭП стал восприниматься как равноправный участник процесса создания средств вычислительной техники.

В 1985–1988 гг. в стране наблюдался невиданный ранее подъём активности в области развития и внедрения микропроцессоров и ЭВМ, поддерживаемый на высшем государственном уровне. Вышел ряд постановлений ЦК КПСС и СМ СССР, в частности:

- январь 1985 г. — Постановление № 15–9 «Об общегосударственной программе создания, развития производства и эффективного применения вычислительной техники и автоматизированных систем на период до 2000 г. и о первоочередных мерах по её реализации»;
- март 1985 г. — Постановление № 271 «О мерах по обеспечению компьютерной грамотности учащихся средних учебных заведений и широкого внедрения электронно-вычислительной техники в учебный процесс»;
- январь 1986 г. — Постановление № 158–52 «О развитии работ по разработке и производству персональных ЭВМ на 1986–1990 гг.»;

- июнь 1987 г. — Постановление № 675/155 «О мерах по созданию и освоению серийного выпуска перспективных средств вычислительной техники и по развитию работ в области информатики».

Во всех подобных постановлениях МЭП был представлен как разработчик и производитель:

- ИЭТ для средств вычислительной техники других ведомств,
- микропроцессорных средств вычислительной техники «Электроника».

Перед МЭП, первым в стране приступившим к массовому выпуску ПЭВМ³, остро встала проблема организации их массового производства, в том числе периферийных устройств (видеомониторов, клавиатур, накопителей на гибких и жёстких магнитных дисках (НГМД и НЖМД), манипуляторов «мышь», источников питания и т. п.). Купить их в стране в те времена было негде: валюты для импорта было мало.

Для совершенствования организации работ в 1988 г. приказом министра проведена коррекция составов Советов конструкторов МСВТ и САПР ИЭТ [16].

В состав SGK МСВТ входили:

- А.Р. Назарьян (начальник ГНТУ МЭП) — председатель SGK МСВТ,
- В.А. Меркулов (НИИ НЦ, Зеленоград) — зам. ГК SGK МСВТ, главный конструктор (ГК) МСВТ в отрасли,
- Б.М. Малашевич (НИИ НЦ, Зеленоград) — зам. ГК МСВТ ВТ в отрасли, начальник отраслевого отдела МСВТ,
- А.А. Попов (НИИ НЦ, Зеленоград) — ГК ПЭВМ,
- В.С. Лопатин (ОКБ при заводе «Процессор», Воронеж) — ГК микро-, мини-ЭВМ для САПР, СТО и КИА,
- П.Д. Кузнецов (ЦКБИТ, Винница) — ГК устройств отображения информации,
- В.Н. Уласюк (НПО «Платан», г. Фрязино Московской обл.) — ГК приборов отображения информации,
- В.В. Громов (НИИТМ, Зеленоград) — ГК НГМД,
- В.С. Забурдяев (НИИТОП, г. Горький) — ГК НЖМД,
- А.З. Савёлов (НПО «Полус», Москва) — ГК накопителей на оптоэлектронных дисках,

³ ПЭВМ – персональная ЭВМ, синоним ПК – персональный компьютер. ШЭВМ, ШК – школьный компьютер.

- В.П. Буц (НИИ ЭМП, г. Пенза) — ГК потоковых накопителей на магнитной ленте,
- Р.Г. Алексанян (СКБ ПО «Позистор», г. Абовян) — ГК печатающих устройств,
- В.Ф. Агафонов (ОКБ при заводе «Эвистор», г. Витебск) — ГК устройств ввода-вывода графической информации (графопостроители, дигитайзеры...),
- Ю.Н. Знаменский (НИИ «Дельта», Москва) — ГК сетей ЭВМ,
- Б.Г. Полозов (СКБВТ ПО «Рубин, г. Псков) — ГК УСО,
- Ю.Ф. Тартищев (НИИРК, Москва) — ГК клавиатур и источников электропитания,
- В.М. Гусаков (НИИ НЦ, Зеленоград) — ГК ИЭТ для МСВТ,
- В.Н. Брюнин (НИИ НЦ, Зеленоград) — ГК САПР МСВТ.

Я умышленно подробно привёл состав двух СГК МСВТ, чтобы подчеркнуть масштабы и динамику развития работ по МСВТ в МЭП.

Началась активная работа, о темпах и широте спектра которой может свидетельствовать далеко не полный перечень приказов министра за 1988 г.: № 234 «О ходе работ по разработке и производству ПЭВМ», № 272 «Об увеличении выпуска современных микроЭВМ», № 360 «О НГМД», № 318 «Об изготовлении мониторов для ШЭВМ на основе телевизоров», № 319 «О плёночных клавиатурах для ПК и ШЭВМ», № 339 «О мониторах для ПК и ШЭВМ», № 234 «О ходе работ по разработке и производству ПЭВМ», № 439 «Об изготовлении вычислительных систем», № 489 «О комплексном развитии автоматизации производства ПЭВМ», № 494 «О совершенствовании системы стандартизации», № 550 «Об организации сервисного обслуживания», № 570 «Об улучшении организации работ в области программного обеспечения и информатики», № 636 «Об организации в отрасли производства программных средств для ПЭВМ», № 750 «О НЖМД 25 и 50 МВ, 133 и 89 мм» и др.

Огромная координационная работа проводилась и со смежными отраслями.

Аналогичным образом была проведена реорганизация координации САПР ИЭТ.

Всё прекратилось в одночасье, с ликвидацией в 1991 г. МЭП.

Описанная (насколько позволяют личное участие тогда и память теперь) система управления разработками в МЭП оказалась весьма эффективной и хорошо проявила себя в реальной жизни. Но об этом далее.

Продуктивный период

Таким образом, 1960-е были годами создания и развития микроэлектроники и МСВТ. В 1970-е и последующие годы, вплоть до наступления разрушительных реформ

в стране, микроэлектроника и МСВТ продолжали своё развитие и совершенствование как сформировавшиеся классы продукции в условиях их массового производства.

Вычислительный центр коллективного пользования

Первой акцией по обеспечению роли головного предприятия по системам управления стало создание в 1960-е годы в НИИФП Вычислительного центра коллективного пользования (ВЦКП). В те годы ЭВМ было ещё очень мало и они были весьма дорогими. Для их установки нужны были просторные помещения («машинные залы»), а для эксплуатации требовался большой штат обслуживающего инженерно-технического персонала, работающего круглосуточно. Поэтому идея создания ВЦКП была весьма актуальной.

Первоначально вычислительный центр появился ещё в составе НИИФП в виде подразделения, подчинённого Д.И. Юдицкому. Первой ЭВМ в этом ВЦ была БЭСМ-4, установленная на третьем этаже «шайбы» (корпус «В»). На ней проводили вычислительные работы специалисты всех зеленоградских предприятий, ранее для этого им приходилось ездить в Москву. Затем получили две ЭВМ М-220, программно совместимые с БЭСМ-4.

ЕВС – Единая вычислительная сеть

Единственным средством общения пользователя с ВЦКП тогда были перфокарты и ноги: программисты приходили в ВЦ и работали непосредственно на ЭВМ. Д.И. Юдицкий предложил на основе проекта 5Э53 (15-машинная система, распределённая по периметру Московской области) создать Единую вычислительную сеть (ЕВС) НПО «Научный центр». Руководство НЦ и МЭП одобрило предложение. Проект предусматривал четыре этапа создания ЕВС:

1. Создание информационно-справочной системы руководителей с вводом информации с бумажных носителей.
2. Обеспечение доступа к ЭВМ удалённым абонентам через оператора с предоставлением ресурсов ЭВМ для решения их задач.
3. Обеспечение дистанционного прямого доступа к ЭВМ удалённым абонентам и с увеличением вычислительных ресурсов ЕВС за счёт введения в неё самой мощной тогда ЭВМ БЭСМ-6.
4. Объединение всех ЭВМ НПО НЦ и ЭВМ Института кибернетики в Киеве (Д.И. Юдицкий тесно сотрудничал с В.М. Глушковым) в единую сеть с предоставлением ресурсов сети каждому пользователю в соответствии

с динамическими приоритетами на основе очереди поступающих запросов.

Главным конструктором ЕВС был назначен Ю.Н. Черкасов (он был главным конструктором аппаратуры передачи информации (АПИ) для 5Э53). Его заместителями — Б.Н. Рухманов, В.С. Бутузов, В.Л. Глухман, В.А. Меркулов, В.Е. Лукашов, А.М. Смаглий.

ЭВМ М-220 доработали: в систему команд ввели более 20 новых операций режима реального времени. В качестве терминалов широко использовали венгерский дисплей «Видеотон-340». Но в связи с острым их дефицитом, на основе самого большого тогда цветного телевизора с диагональю экрана 53 см было разработано устройство визуального отображения (УВО) (рис. 25). Изготовили и дополнительную стойку для блоков, сами ТЭЗы собрали из ЗИП машин М-220 и М-222. На основе АПИ 5Э53 было изготовлено несколько шкафов аппаратуры передачи данных, связавшей воедино все ЭВМ и терминалы.

Так в СВЦ был создан комплекс, обеспечивший совместную работу ЭВМ БЭСМ-4, двух М-220, М-222, БЭСМ-6 с разветвлённой сетью разноудалённых терминалов.

Систему венчало демонстрационное панно — схема ЕВС на всю стену с массой мигающих лампочек, эффектно демонстрирующих частым высокопоставленным гостям принцип работы ЕВС (рис. 26).

С 1972 г. ЕВС работала в режиме оперативного сбора данных с 25 предприятиями, находившимися в пяти союзных республиках. Информация принималась по коммутируемым телеграфным каналам, обрабатывалась. Отчёты о выполнении производственной программы и о поставках тысячам потребителей направлялись в министерство. Поддерживалась уникальная база данных по всем планам и фактам поставок, велись расчёты планов производства, планов материально-технического обеспечения, хода их исполнения и многое другое.



Рис. 25. УВО для ЕВС. Б.М. Малашевич и Е.Н. Корепова



Рис. 26. Д.И. Юдицкий рассказывает Первому секретарю ЦК Монгольской народно-революционной партии, председателю Совета Министров МНР Ю. Цеденбалу о ЕВС Научного центра. 1972 г.

Автоматизированные системы

В соответствии с головными функциями предприятия, в СВЦ на основе сначала ВЦКП, а затем ЕВС разрабатывался широкий спектр различных систем автоматизации производства и управления. Вот лишь некоторые примеры:

- Система машинной разводки печатных плат.
- Первые системы САПР ИС.
- Система автоматизации бухгалтерского учёта в НЦ.
- Система «Кадры» автоматического учёта кадров НЦ.
- Система контроля за исполнением директивных документов и указаний в НЦ.
- Система АСНИ «Атомная адсорбция».
- Автоматизированный информационно-диспетчерский пункт (АИДП) Минрадиоэлектронпрома.
- Первая в стране АСУ «Район» (главный конструктор — В.Е. Лукашов), которая в перспективе была развита до типовой системы и внедрена сначала в Зеленограде, а затем и в остальных районах Москвы. В её состав входили подсистемы:
 - планирование по всем сферам городского хозяйства на уровне районов;
 - оперативное управление в деятельности муниципальных органов;
 - обработка писем, обращений населения;
 - контроль исполнительской дисциплины;
 - проведение выборов с почасовым контролем за ходом голосования.

После внедрения системы во всех 32 районах Москвы (в соответствии с тогдашним административным делением) данные на городской уровень принимались только от АСУ «Район».

«Хроматрон» – Мекка Минэлектронпрома

Особо можно выделить активное участие СВЦ в комплексной работе МЭП по созданию комплексной АСУ предприятия на примере завода «Хроматрон». Это был отраслевой полигон создания АСУ, его наработки тиражировались затем на многих заводах МЭП и других ведомств. По завершении работ «Хроматрон» стал местом паломничества для перенимающих опыт. Министр А.И. Шокин любил говорить: «Зачем ездить учиться за границу, поезжайте на “Хроматрон”».

Из пяти подсистем АСУ «Хроматрона» две — АСУ цеха изготовления теневых масок для цветных кинескопов и АСУ цеха нанесения люминофора на экран кинескопа — разрабатывались СВЦ (главный конструктор — В.М. Трояновский):

Обе подсистемы строились на основе мини-ЭВМ «Электроника-100», выпускаемой калининградским ПО «Кварц». В.М. Трояновскому пришлось разработать для неё ОС реального времени.

Таким образом, СВЦ полностью и на высоком научно-техническом уровне выполнял все функции головного в отрасли предприятия по автоматизированным системам.

МСВТ – микропроцессорные средства вычислительной техники

Историю рождения МСВТ (хотя тогда они ещё так не назывались) можно начинать с событий, произошедших в 1974–1975 гг., а именно с разработки в МЭП трёх ЭВМ:

- «Электроника С5-01» — оригинальной ЭВМ, разработанной в ЛКТБ «Светлана» (Ленинград);
- «Электроника-100» — аналога ЭВМ PDP-8 корпорации DEC (США), воспроизведённой ОКБ при заводе «Процессор» (Воронеж),
- «Электроника НЦ-1» — оригинальной ЭВМ, разработанной в СВЦ (Зеленоград).

Так в МЭП появились три главных центра проектирования мини- и микроЭВМ⁴. Два из них — ЛКТБ «Светлана» и СВЦ, коллективы которых, созданные соответственно Ф.Г. Старосом и Д.И. Юдицким и уже имевшие опыт создания оригинальных ЭВМ, заложили основы оригинальных архитектур типа С5 и НЦ, реализованных в последующих моделях мини- и микроЭВМ. Воронежский центр занимался исключительно прямым (насколько это было возможно) воспроизводством ЭВМ корпорации DEC. Эти три центра создали большое количество моделей ЭВМ, которые невозможно достойно представить в одной статье. Поэтому ограничимся зеленоградскими разработками, да и из них придётся представлять далеко не все и довольно скупо.

«Детский конструктор» Юдицкого

СВЦ был образован для создания суперЭВМ и трижды пытался реализовать этот проект с организацией производства в Минрадиопроме (МЭПу производство суперЭВМ ну никак не по профилю). И каждый раз это производство срывалось. Стало ясно, что в условиях межведомственных барьеров реализовать проект создания суперЭВМ не удастся.

⁴ В Зеленограде был и четвёртый центр – НИИМП/НПО «Элас», создающий компьютеры и комплексы для ракетно-космических систем. Но из-за секретности разработок в состав МСВТ он фактически не входил.

Давлет Исламович Юдицкий, заблаговременно оценив ситуацию, ещё в 1973 г. пошёл на расширение тематики СВЦ в сторону малых машин и систем, которые можно было производить на предприятиях МЭП, а именно:

- модульной управляющей мини-ЭВМ «Электроника НЦ-1» и систем на её основе;
- отечественных микропроцессоров, микроЭВМ и систем на их основе.

Задел был подготовлен своевременно, и новая тематика выходила в СВЦ на лидирующие позиции.

Мини-ЭВМ «Электроника НЦ-1»

В 1973 г. началась разработка мини-ЭВМ «Электроника НЦ-1». В основу проекта был положен модульный принцип («детский конструктор», по Юдицкому), позволяющий из стандартных модулей путём простого комплексирования, «без паяльника и осциллографа» создавать системы разнообразных конфигураций. Тогда это было новацией.

Был проанализирован лучший зарубежный и отечественный опыт, восприняты все перспективные идеи, дополнены собственными и гармонично синтезированы в единой архитектуре для построения ряда совместимых мини-ЭВМ и систем на их основе. Новая мини-ЭВМ получила название «Электроника НЦ». Основные её характеристики:

- микропрограммное управление;
- программируемая архитектура на основе управляющей памяти (УП), реализованной на индукционном ППЗУ (задел из 5Э53);
- базовое ядро команд и его расширение, позволяющее вводить дополнительные команды для специфических применений ЭВМ;
- магистральная структура;
- модульное программное обеспечение;
- мощная тестовая система самодиагностики;
- кросс-система на БЭСМ-6, а затем и на ЕС ЭВМ, для автоматизации проектирования и отладки системного, тестового и прикладного программного обеспечения и ряд других решений.

Модульная конструкция мини-ЭВМ НЦ-1 позволяла иметь разные варианты по составу и конструктивной компоновке: в виде автономного специального стола (рис. 27) или в виде типовой 19-дюймовой стойки.

Основные модули:

- операционный блок ОБ-1,
- блок накопителя микрокоманд НМК-1 на интегральных индукционных картах,
- блок ОЗУ-1 на интегральных цилиндрических магнитных плёнках.

В НЦ-1 была заложена возможность реализации интерфейсов АСВТ и ЕС ЭВМ. Но в связи с острым дефицитом устройств пришлось разрабатывать и осваивать в производстве свои: дисплей, УВВ, ВЗУ на компакт-кассете, УСО и др.

В декабре 1973 г. НЦ-1 была с высокой оценкой принята Межведомственной комиссией (сопредседатели — директор НЦ А.В. Пивоваров и директор Института кибернетики АН УССР, академик В.М. Глушков).

Серийное производство мини-ЭВМ «Электроника НМ-1» было поручено Псковскому заводу радиодеталей (ПЗРД) псковского объединения «Рубин» с образованием при нём СКБ вычислительной техники (СКБ ВТ).

Большой вклад в создание мини-ЭВМ НЦ-1 внесли Д. Юдицкий (главный конструктор), М. Хохлов, В. Смирнов, Б. Михайлов, Ю. Захаров В. Артюшенко, А. Смаглий, Ф. Романов, В. Кокорин, Б. Шевкопляс, В. Помогалин, В. Петров, В. Вушкарник, А. Садовникова, Р. Темник, Л. Петрова, Э. Овсянникова-Панченко, А. Рунова, В. Боева, Б. Малашевич и др.

«Детский конструктор» НЦ-1 активно использовался и в последующих разработках: в ЦКС МГА, в КВС «Связь-1» и др.

Центр коммутации сообщений «Юрюзань»

В 1971 г. Министерство гражданской авиации (МГА) СССР, имевшее свою ведомственную систему телеграфной связи между аэропортами, приняло решение о создании и тиражировании в стране электронных центров коммутации сообщений (ЦКС). В конце 1972 г. СВЦ получил заказ на разработку ЦКС «Юрюзань» с установкой и вводом в эксплуатацию первого образца в аэропорту Пулково в Ленинграде.

ЦКС «Юрюзань» представлял собой дублированный двухканальный программно-аппаратный вычислительный комплекс. Каждый канал состоял из ЭВМ взаимодействия с каналами, ЭВМ обработки телеграмм и аппаратуры связи с телеграфными каналами. Таким образом, в состав ЦКС входило четыре НЦ-1 в стоечной компоновке. ЦКС обеспечивал обработку 64 телеграфных каналов со скоростью передачи



Рис. 27. Мини-ЭВМ «Электроника НЦ-1»

50 бод — стандарт тех времён. «Детский конструктор» НЦ-1 был пополнен модулем мультиплексора передачи данных (МПД).

В начале 1976 г. начался монтаж первого комплекта ЦКС в аэропорту Пулково. Дальнейшее тиражирование ЦКС для установки в других крупных аэропортах планировалось не только что образованном при СВЦ заводе «Логика». К середине 1976 г. разработка ЦКС практически была закончена, а на «Логике» продолжались изготовление и автономная наладка его модулей.

В это время в Зеленограде произошла крупная реорганизация, в результате которой СВЦ и завод «Логика» прекратили своё существование, разрабатывающие подразделения СВЦ с большими кадровыми потерями были переведены в НИИТТ, а цеха «Логики» переданы заводу «Ангстрем». Это, безусловно, повлияло на ход выполнения работ над ЦКС «Юрюзань». Но в ноябре 1976 г. первый комплект ЦКС в Пулково был полностью настроен и введён в опытную эксплуатацию. В декабре 1978 г. пулковский ЦКС с высокой оценкой приняла государственная комиссия. Договорные обязательства были выполнены полностью. Но тиражировать ЦКС, как это предполагалось ранее, МЭП категорически отказался. Другого изготовителя не нашлось, и пулковский ЦКС «Юрюзань» оказался первым и последним. Он проработал в Пулково 17 лет и только в 1995 г. был заменён на ЦКС нового поколения фирмы «Оливетти».

Комплекс вычислительных средств «Связь-1»

16 августа 1974 г. генеральный директор ЛНПО «Красная заря» (Минпромсвязи, Ленинград) Ю.Г. Данилевский и директор СВЦ Д.И. Юдицкий подписали договор о разработке комплекса вычислительных средств (КВС) «Связь-1» — базового для различных систем связи, разрабатываемых «Красной зарёй». Роль заказчика выполнял НИИ электротехнических устройств (НИИ ЭТУ), головной институт в ЛНПО. Производство КВС планировалось осуществлять на заводе «Красная заря».

В процессе разработки КВС «Связь-1» получила дальнейшее развитие идея «детского конструктора» для комплексирования из стандартных модулей систем разных конфигураций, соответствующих задачам конкретного применения КВС. Набор унифицированных аппаратных и программных модулей был дополнен новыми.

В зависимости от требований по производительности, объёмам памяти, пропускной способности и т. п. «Связь-1» обеспечивала возможность построения однопроцессорной и многопроцессорных (до 16) конфигураций.

В основу структуры КВС (рис. 28) были положены критерии максимальной эффективности (пропускной способности) и живучести (надёжности, достоверности), базирующиеся на следующих основных принципах:

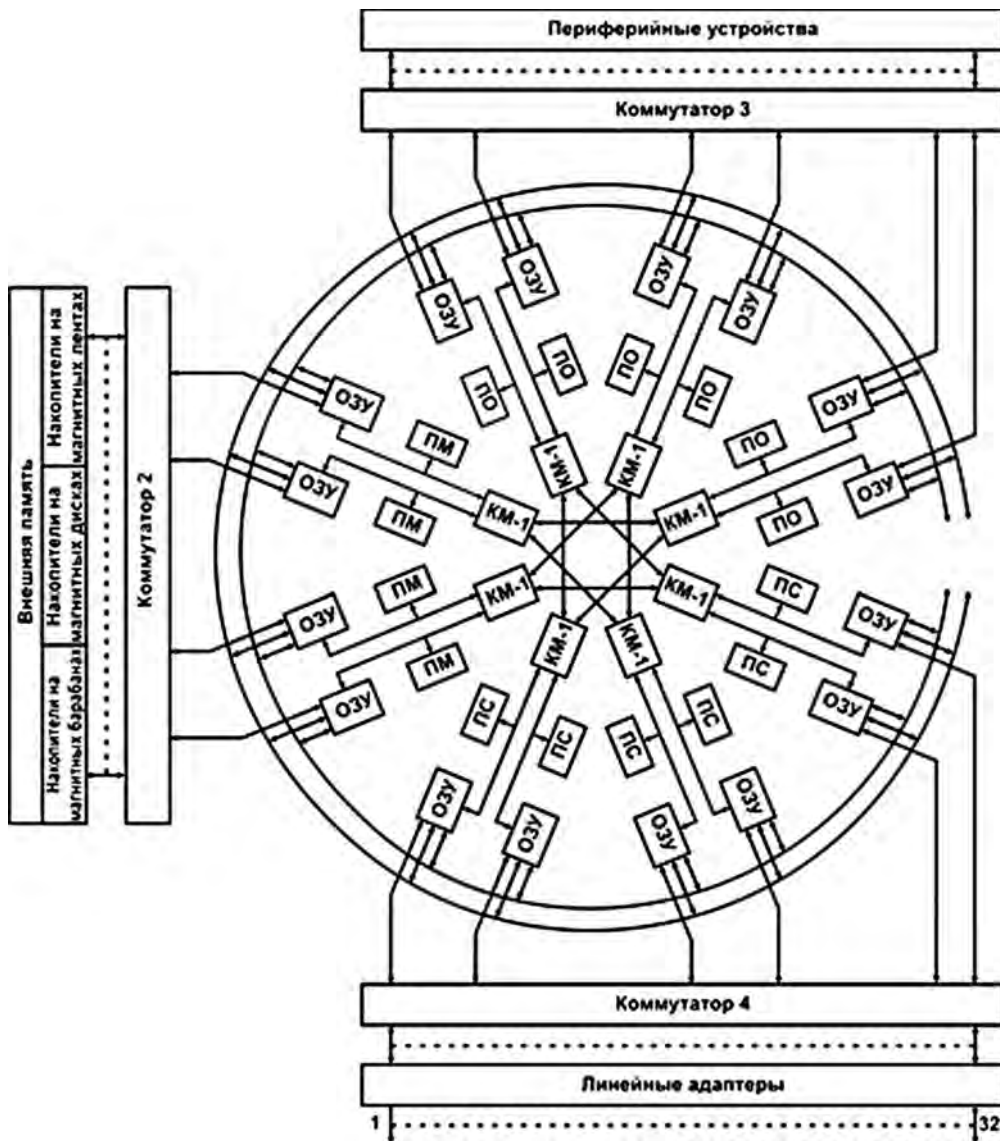


Рис. 28. Структурная схема КВС «Связь-1» максимальной конфигурации

- распараллеливание вычислительного процесса;
- общедоступное поле памяти;
- возможность реконфигурации структуры на уровне модулей;
- полное аппаратное дублирование вычислительного процесса.

Управление КВС аппаратно децентрализовано. Роль центрального управляющего органа выполняет модульная операционная система, одной из важнейших задач которой является динамическое распределение ресурсов системы между отдельными процессами и процессорами.

КВС «Связь-1» обеспечивал возможность построения самовосстанавливающихся управляющих систем, которые сохраняют работоспособность при появлении неисправности и в которых автоматизировано восстановление и исправного состояния, и вычислительного процесса, прерванного появлением неисправности.

Обмен информацией между модулями осуществлялся через сложную систему коммутации (см. рис. 28), включающую коммутационные модули и магистрали: ввода-вывода, запоминающей подсистемы, управления питанием и прямой сигнализации.

Новыми для того времени элементами были магистраль управления питанием (программное включение, выключение и диагностика блоков питания) и средства прямой сигнализации (сигнализация о неисправностях, возникающих в модулях КВС).

В соответствии с требованиями достоверности передачи данных КВС программным способом может быть настроен как одноканальная 16-процессорная система или как дублированная 8-процессорная система. Во втором случае оба канала одновременно обрабатывают одни и те же данные, результаты сравниваются. В случае несовпадения автоматически производится последовательная проверка обоих каналов. Если оба канала исправны, производится перезапрос данных; если обнаружена неисправность, она устраняется.

Разработка КВС «Связь-1» проводилась большим коллективом специалистов. Главным конструктором был Д.И. Юдицкий, научным руководителем — П.В. Нестеров, заместителем главного конструктора — А.А. Попов. Активное участие принимали: М. Корнев, Н. Смирнов, Н. Воробьев, В. Горовой, П. Силантьев, В. Савельчев, А. Коекин, А. Григорович, В. Бутузов, В. Глухман, В. Меркулов, Б. Михайлов, А. Михайлов, Е. Зверев, В. Мищенко, П. Казанцев, И. Евдокимов, М. Кушнир, И. Селезнев, В. Бриккер, В. Петровский, В. Травницкий и др.

КВС и его программное обеспечение были разработаны, проект принят заказчиком, конструкторская и программная документация во второй половине 1976 г. передана заводу «Красная заря» для серийного производства.

Однако НИИТТ (правопреемник СВЦ) от продолжения работ отказался. Дальнейшую работу над КВС «Связь-1» «Красной заре» пришлось осуществлять самостоятельно. НПО «Красная заря» освоило серийное производство КВС, но уже с наименованием «Связь-М» (рис. 29). Он выпускался в течение многих лет и был базовым КВС для различных систем связи, разрабатываемых и выпускаемых в те годы НПО «Красная заря».

Итак, в ходе создания мини-ЭВМ «Электроника НЦ-1», периферийных устройств для неё, ЦКС «Юрюзань», КВС «Связь-1» и ещё нескольких более мелких систем была отработана магистрально-модульная микропрограммируемая архитектура «Электроника НЦ» вычислительных средств класса «мини». При её создании разработчики проанализировали все новейшие на то время зарубежные и отечественные мини-ЭВМ и системы, заимствовали из них прогрессивные идеи, дополнили своими и гармонично увязали в рамках единой архитектуры. Но это был первый этап её создания. К тому моменту технология микроэлектроники приблизилась к уровню, позволяющему создавать в одном кристалле сложные, функционально законченные устройства. Наступала эпоха микропроцессоров, а с ними и второй этап развития архитектуры «Электроника НЦ».

Микропроцессоры

В СССР пионерами микропроцессорной техники стали Д.И. Юдицкий и М.П. Гальперин (ЛКТБ «Светлана»). Но они, имеющие в отличие от разработчиков фирмы Intel богатый опыт создания ЭВМ, пошли иным, более естественным для них путём: создали комплекты микропроцессорных БИС для разработки на их основе различных микроЭВМ и микросистем.

Поиск

Проработку подходов к построению микропроцессора директор СВЦ Д.И. Юдицкий в 1973 г. поручил молодёжному, но уже опытному коллективу лаборатории В.Л. Дшхуняна. Тем не менее, сделав ставку на молодых, Давлет Исламович организовал постоянную шефскую помощь им старших, более опытных товарищей.

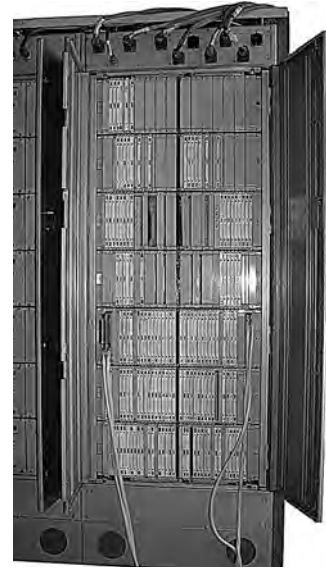


Рис. 29. СУВК-СМ – одна из конфигураций КВС «Связь-М»

В основу разработки была положена идея создания асинхронных микропроцессорных секций, из которых, словно из кубиков, должны были потом строиться различные микроЭВМ и системы.

Когда пути построения микропроцессоров стали проясняться, была открыта специальная поисковая НИР «Юз-1», научным руководителем которой Давлет Исламович назначил В.Л. Дшхуняна. Активное участие в НИР принимали: В. Теленков, П. Машевич, Ю. Борщенко, В. Науменков, И. Бурмистров, С. Коваленко, Я. Кобринский, А. Тизенберг, П. Кемарский, Ю. Бобошко и др.

В рамках проекта разрабатывались не только микропроцессорные БИС, но и вся совокупность средств для их создания. Проектирование велось на наивысшем для того времени уровне. Фактически были заложены основы систем автоматизированного проектирования БИС (САПР БИС) на ЭВМ.

Когда идеология создания микропроцессорных комплектов (МПК) БИС была определена, проработаны архитектура и схемотехника БИС, проведено их моделирование и выполнено множество других работ, наступил момент, требующий подключения к работе полупроводниковых предприятий НЦ. С этой целью руководством НЦ в 1974 г. была создана рабочая группа из ведущих специалистов предприятий Зеленограда [6]. В её состав вошли:

- председатель — главный инженер НЦ А.А. Васенков;
- от СВЦ — П. Нестеров, Ю. Чичерин, В. Дшхунян, Н. Воробьёв, В. Меркулов, Б. Малашевич, Ю. Петров;
- от НИИТТ — В. Баранов, Э. Иванов, Е. Кузнецов, Г. Колобков, Л. Минкин, Л. Можаров, Ю. Платонов, В. Рыженков, В. Филиппенко;
- от НИИМЭ — В. Контарёв, В. Гусаков, А. Березенко, В. Трушин, Б. Орлов;
- от НИИТМ — Л. Богородицкий, Л. Попель;
- от ДНЦ — Ю. Терехов, В. Козидубов, В. Кундин, В. Трифонов.

Однако вскоре НИИМЭ прекратил работы по МОП-приборам и вышел из этой кооперации. В результате окончательно сформировалась сохранявшаяся в советский период специализация зеленоградских предприятий: НИИМЭ занималась биполярными технологиями (ТТЛ, ТТЛШ, ЭСЛ...), а НИИТТ — униполярными (п-МОП, р-МОП, МОП...). А разработку БИС ПЛМ (программируемые логические матрицы) и ЗУ передали в НИИТТ, где теперь сконцентрировались все БИС МПК серии К587. В окончательном виде комплект включал (рис. 30):

- БИС АУ, К587ИК2–4-разрядную секцию арифметического устройства;
- БИС АР, К587ИК3–8-разрядную секцию арифметического расширителя;

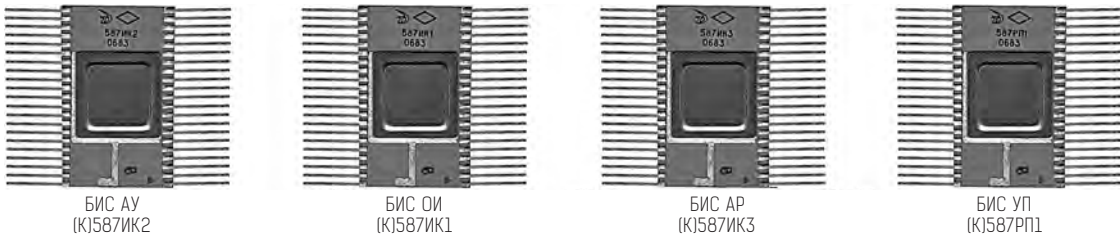


Рис. 30. Микропроцессорный комплект серии (K)587

- БИС ОИ, K587ИК1–8-разрядную секцию обмена информацией;
- БИС УП, K587РП1 — секцию управляющей памяти.

Ряд технических решений, реализованных в БИС комплекта, признаны авторскими свидетельствами СССР как изобретения и запатентованы в ведущих странах.

Комплект имел четыре модификации (рис. 31), различающиеся корпусами и стойкостью к внешним воздействиям,

и обеспечивал возможность построения самых разнообразных устройств обработки данных с разрядностью, кратной 4 бит: простейших микроконтроллеров, микроЭВМ, мини-ЭВМ, многопроцессорных и многомашинных систем и др. Это был один из первых в стране МПК, созданный специалистами СВЦ и НИИТТ. Он нашёл широкое применение и до сих пор работает во многих системах, особенно в военной технике.

Семейство микропроцессоров

В целом созданная архитектура НЦ была положена в основу четырёх МПК на основных для тех времён технологиях:

- высокопороговый (9-вольтовый) КМОП — серия K587 (СВЦ, НИИТТ и «Ангстрем»);
- низкопороговый (5-вольтовый) КМОП — серия K588 (СВЦ, НИИТТ и НПО «Интеграл»);
- ТТЛШ — серия K1802 (СВЦ, НИИТТ, НИИМЭ и завод «Микрон»);
- n-МОП — серия K1883 (в ГДР — U-83) (СВЦ, НИИТТ и «Роботрон», ГДР).

Все они представляли собой секционированные МПК с однотипной архитектурой открытого типа, позволяющей строить на них разнообразные микроЭВМ и системы в довольно широком спектре архитектур.

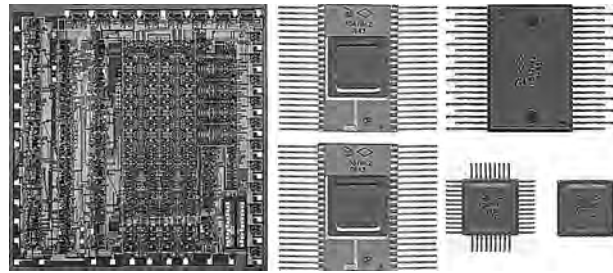


Рис. 31. Топология кристалла 587ИК2 и варианты конструктивного исполнения БИС АУ

Семейство микроЭВМ «Электроника НЦ-хх»

В качестве основных производителей мини- и микроЭВМ в МЭП рассматривались зеленоградское НПО НЦ и воронежское ПО «Электроника». В Воронеже и Зеленограде строились здания для заводов (в Зеленограде — 4-я секция на южной промзоне для завода «Логика» (ныне технопарк «Зеленоград»), позже — завод «Квант» на северной промзоне, в Воронеже — завод «Процессор»).

В СВЦ в ходе дальнейшей отработки архитектуры «Электроники НЦ» была разработана оригинальная архитектура микроЭВМ, воспринявшая лучшие идеи того времени. В частности, в системной магистрали НЦ использовались дополненные технические решения шины Unibus машин фирмы DEC как наиболее удачной, уже имеющей отечественный аналог (ОШ — общая шина) в мини-ЭВМ ПО «Электроника» (Воронеж») и ИНЭУМ Минприбора, которые разрабатывали аналоги моделей ЭВМ корпорации DEC. Уже было ясно, что ОШ будет применяться и в СМ ЭВМ.

МикроЭВМ «Электроника НЦ-01»

На основе МПК серии К587 в СВЦ было разработано и изготовлено два макетных образца одноплатной 16-разрядной микроЭВМ «Электроника НЦ-01» (рис. 32, слева) с быстродействием 250 000 оп/с, с ОЗУ 1 Кбайт и с двумя параллельными программируемыми портами ввода-вывода данных. НЦ-01 была первой попыткой создания принципиально нового тогда продукта — микроЭВМ. Их и сделали-то, как предусматривалось приказом, два образца, чтобы самим понять, что это такое — микроЭВМ. А главное, проверить в реальных условиях работоспособность БИС микропроцессора серии 587.

МикроЭВМ «Электроника НЦ-02»

На НЦ-01 была доказана теорема существования микропроцессорного комплекта и получен первый опыт разработки изделий на основе БИС. Следующим шагом стала разработка и выпуск экспериментальной партии управляющей микроЭВМ «Электроника НЦ-02» (рис. 32, справа) для её применения в реальных условиях. Главным



Рис. 32. МикроЭВМ «Электроника НЦ-01» (слева) и «Электроника НЦ-02» (справа)

конструктором был назначен Д.И. Юдицкий, заместителем главного конструктора — В.А. Меркулов.

Это была асинхронная, с отдельными магистралями ОЗУ и внешних устройств, двухплатная 16-разрядная ЭВМ в компактном корпусе с подвижным пультом управления, который легко устанавливался в удобное для пользователя положение. В качестве платы процессора использовалась переработанная НЦ-01. На второй плате размещалась полупроводниковая память.

В 1976 г. заводом «Логика» было изготовлено пять НЦ-02, а в 1977 г. на «Ангстреме» — ещё 35. И все они нашли применение: в НИИТМ — для управления роботами, в НИИТОП (Горький) — для управления автоматами разварки микросхем.

Микропериферия

Появление микроЭВМ ещё более обострило проблему периферийных устройств. Фактически периферийных устройств, соответствующих микроЭВМ по габаритам, массе и стоимости, не было даже в задумках. Программы и данные для НЦ-01 и НЦ-02 готовились на кросс-средствах на больших ЭВМ и выдавались ими в виде перфоленты или перфокарты. Но ввести эту информацию в микроЭВМ было нечем. Не ставить же рядом с одно- или двухплатной микроЭВМ шкаф перфокарточного или большой блок перфоленточного устройства, хотя вначале и приходилось. Пришлось придумывать паллиативные упрощённые варианты. Из устройства выбросили всё, кроме фотосчитывателей перфорационных отверстий с простейшим интерфейсом для подключения к ЭВМ и канала для ручного протягивания перфоленты или перфокарты (рис. 33). Этим и пользовались.

Так была решена проблема ввода. Но ведь необходимо было и выводить информацию на печать для документирования результатов. Поэтому в СВЦ ещё в 1973 г., в рамках темы «Ювелир» (главный конструктор — В.С. Бутузов), разрабатывался струйный принтер.

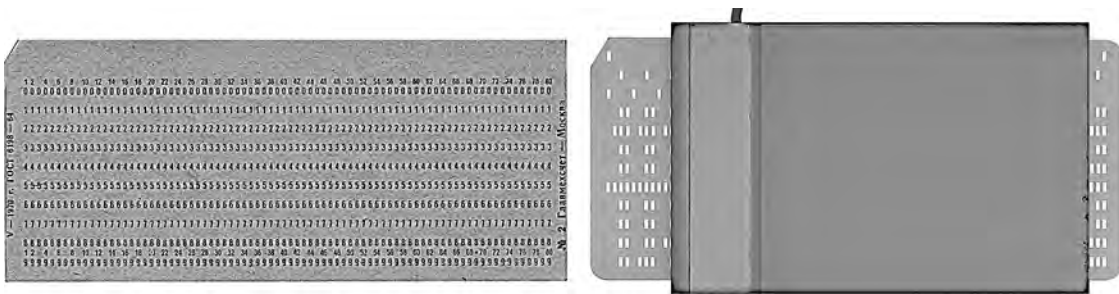


Рис. 33. Ручное устройство ввода информации с перфокарты

Архитектура семейства микроЭВМ «Электроника НЦ-0хх»

МикроЭВМ НЦ-01 и НЦ-02 фактически были лабораторией для отработки архитектуры, конструкции, технологии проектирования и изготовления микроЭВМ, в то время изделий принципиально нового класса.

Накопленный опыт и изучение зарубежных и отечественных новинок позволили завершить совершенствование архитектуры НЦ семейства базовых программно- и аппаратно-совместимых микроЭВМ «Электроника НЦ». Архитектура изначально была ориентирована на создание ряда программно-совместимых (снизу вверх) моделей с возрастающей вычислительной мощностью. Были сформулированы требования к трём первым моделям ЭВМ семейства «Электроника НЦ-0хх»: НЦ-03, НЦ-04 и НЦ-05. В разработке архитектуры активное участие принимали: Д. Юдицкий, Н. Воробьёв, М. Корнев, А. Попов, Н. Смирнов, М. Хохлов, В. Савельичев, С. Догаев, Ю. Сокол, П. Казанцев, Ж. Мамаев, Н. Буслаева и др. ЭВМ строились по модульному принципу на основе магистрали НЦ. Базовый блок типоразмера 5U Евромеханики содержал блок питания и 18 мест для КАМАК-подобных одноплатных модулей.

Описание системы команд НЦ было оформлено в виде стандарта предприятия — СТП ШЦИ7.1.2–78 «Система микропроцессорных средств вычислительной техники. Программное обеспечение. Система команд семейства микроЭВМ «Электроника НЦ»».

На основе архитектуры НЦ были разработаны три базовые модели микроЭВМ — НЦ-03Т, НЦ-04Т и НЦ-05Т.

Программное обеспечение

Параллельно с развитием технических средств микроЭВМ создавалось и программное обеспечение. Было разработано и аттестовано на ЭВМ НЦ-03 базовое программное обеспечение, включающее:

- две модульные перфоленточные операционные системы — ПОС-01 и ПОС-02;
- кросс-систему программирования на универсальных ЭВМ типа БЭСМ-6 и ЕС ЭВМ;
- резидентную систему программирования;
- библиотеку стандартных программ;
- систему контроля и др.

Разработанное ПО обеспечивало оптимизацию использования ЭВМ, максимальное по тому времени удобство для пользователя, лёгкую адаптацию к различным областям применения.

«Электроника НЦ-03Т»

МикроЭВМ «Электроника НЦ-03Т» разработана в 1975–1976 гг. в СВЦ (главный конструктор — Д.И. Юдицкий, позже — Ю.Е. Чичерин, разработчики: В. Лукашов,

В. Петровский, С. Догаев, В. Елагин, В. Сиренко, Б. Шевкопляс, Ю. Борщенко, В. Титов, Ю. Терентьев, Л. Петрова и др.).

Это была 16-разрядная ЭВМ, один или два процессора на МПК К587, память до 64 Кбайт слов, 4-уровневая система прерываний, система команд НЦ-03 содержала 190 команд. Опытным производством СВЦ была изготовлена первая партия из пяти комплектов НЦ-03Т.

Комплексный блок 5U позволял разместить встроенный пульт управления, блок питания и 18 одноплатных КАМАК-подобных модулей с магистралью НЦ.

Программное обеспечение НЦ-03Т дополнено дисковой операционной системой (уже появились первые 8-дюймовые флоппи-диски).

Особенностью разработки НЦ-03Т стало то, что в ходе её выполнения был выработан ряд предложений по улучшению БИС серии К537.

Разгром

Настал момент остановиться на событиях, приведших к ликвидации СВЦ и завода «Логика».

Удачная реализация проектов по разработке ЕВС, НЦ-1, «Связь-1», ЦКС, микроЭВМ и АСУ воодушевила коллектив. Было развито созданное ещё в эпоху 5353 опытное производство, переехавшее в 1974–1975 гг. в новое здание в южной промзоне Зеленограда. Приказом министра от 26 апреля 1976 г. опытное производство преобразовано в завод «Логика» при СВЦ.

Министром было принято решение о передаче СВЦ высотного здания, строившегося в то время в Москве на пересечении Щёлковского шоссе и Сиреневого бульвара (позже это здание получил НИИ «Дельта»).

Уже три года дети персонала СВЦ отдыхали летом в собственном прекрасном пионерском лагере «Альбатрос» недалеко от деревни Ново-Волково.

Весь персонал предприятия, численность которого приближалась к 1700 человек, с уверенностью смотрел в будущее.

Катастрофа произошла, как это часто бывает, в самый неожиданный момент.

29 июня 1976 г. министр А.И. Шокин подписал приказ «О преобразовании Специализированного вычислительного центра в СКБ «Научный центр»» (рис. 34). В приказе не было ни преамбулы, ни обоснований, всего две с половиной строчки: **«Преобразовать Специализированный вычислительный центр и дирекцию Научного центра в Специальное конструкторское бюро (СКБ) “Научный центр”»**. Всего одно слово «преобразовать» и названия предприятий.

Но в этом простом слове для СВЦ заключалась катастрофа: под такой благовидной вывеской научно-производственный комплекс (высокоинтеллектуальный институт и прекрасно



Рис. 34. Приказ № 336 министра, приведший к ликвидации СВЦ

оснащённый завод), обладавший высочайшим в отрасли научным и инженерным потенциалом в области вычислительной техники, имевший крупные научные и проектные заделы, внедрённые и реализуемые проекты, практически был ликвидирован.

Здесь мы не будем анализировать причины произошедшего, о них достаточно сказано [2]. Остановимся на реализации приказа – разделение СВЦ на две части и фактическая ликвидация завода «Логика».

Общий расклад таков: 1253 человека передаются в НИИТТ, 404 – в СКБ НЦ. Все обеспечивающие структуры (плановые, координирующие, снабжение, вычислительный центр и т.п.) оказались в СКБ НЦ, а разработчики и производственные цеха «Логики» – в НИИТТ и «Ангстреме». Всё это и последовавшие переезды на длительное время практически парализовали плановые разработки СВЦ. А научно-производственный комплекс СВЦ – завод «Логика» – был разрушен. СВЦ исчез полностью, завод «Логика» остался только на бумаге. Памятником этих событий является фактически уже другой завод «Логика», в другом

здании, выпускающий особо чистые газы и воду для полупроводникового производства и удивляющий непосвящённых полным несоответствием названия и продукции.

Первое поколение микропроцессорных средств с архитектурой НЦ

К первому поколению отнесём ЭВМ и системы, построенные на основе секционных микропроцессоров, в основном серий 587, 588 и 1802. На трёх ЭВМ — НЦ-01, НЦ-02 и НЦ-03Т — мы уже останавливались.

«Электроника НЦ-02М»

Для многих применений требуется большее, чем в НЦ-02, количество модулей УСО. В 1976 г. ЭВМ модернизировали, получилась «Электроника НЦ-02М» (рис. 35)

с местами для дополнительных одноплатных устройств. Всего было выпущено 63 ЭВМ НЦ-02М, применённых в технологическом оборудовании.

«Электроника НЦ-03Т, —03Д и —03С»

ЭВМ НЦ-03Т выпускалась «Ангстремом» с 1976 по 1981 г., всего выпущено 976 комплектов. «Электроника НЦ-03Д» — более компактный вариант ЭВМ с теми же основными характеристиками, в корпусе 2U Евромеханики (буква «Д» от «ДИП» — тип пластмассовых корпусов ИС, применённых в ЭВМ). В 1978–1980 гг.

«Ангстрем» выпустил 972 комплекта НЦ-03Д. «Электроника НЦ-03С» — специальная конфигурация НЦ-03Д для системы «Электроника НЦ-32» (о ней далее). Их «Ангстремом» было выпущено 730 комплектов, а затем производство, вместе с «Электроникой НЦ-32», передано на Черкасский завод телеграфной аппаратуры. Всего в Зеленограде было выпущено 2683 комплекта моделей НЦ-03 (рис. 36).

«Электроника НЦ-04Т, —04У»

В начале 1976 г. на основе МПК K587 началась разработка ЭВМ «Электроника НЦ-04Т» (главный конструктор — Н.М. Воробьёв, разработчики: В. Лукашов, В. Савельичев, В. Шмигельский, В. Меркулов и др.), которая, в отличие от НЦ-03Т, имела расширенную систему команд (до 328), арифметический сопроцессор, более развитые системы адресаций и прерываний и др. В 1980–1984 гг. «Ангстремом» их было выпущено 1670 шт.

Для системы спутниковой навигации ПО «Радиоприбор» (Минобщемаш) в 1977 г. разработан и поставлялся заказчику программно-аппаратный бортовой комплекс из бортового варианта НЦ-04 — НЦ-04У (И-04 в обозначении заказчика), блока памяти И-08 и системного программного обеспечения (рис. 37) (главный конструктор — В.А. Меркулов,



Рис. 35. «Электроника НЦ-02М»



Рис. 36. «Электроника НЦ-03»: а – НЦ-03Т; б – НЦ-03Д; в – НЦ-03С

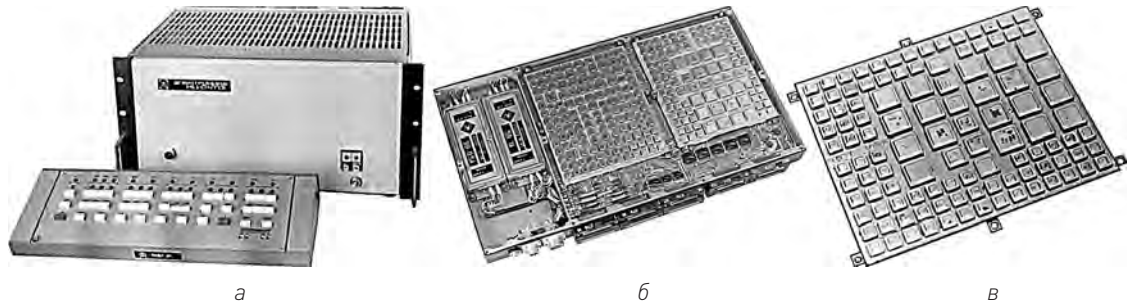


Рис. 37. «Электроника НЦ-04Т» (а), «Электроника НЦ-04У» (б), процессор НЦ-04У (в)

разработчики: А. Смаглий, Г. Алаев, А. Абрамов, Е. Фёдорова и др.). В каждом спутнике устанавливалось по три комплекта. Планировался запуск 24 спутников.

В ходе реализации проекта впервые в стране были разработаны принципиально новые корпуса БИС (микроробота, МПК серии Н587), многослойные керамические платы, технология монтажа микророботов и иных элементов на эти платы.

«Электроника НЦ-05Т, —05Д»

МикроЭВМ «Электроника НЦ-05Т» планировалась как старшая модель первой очереди ряда НЦ (главный конструктор — Н.М. Воробьёв, ведущие разработчики: М. Корнев, В. Савельичев, А. Бокарев, П. Казанцев, Ю. Сокол, Р. Воробьёв, Л. Кридинер, Ж. Мамаев и др.). Она выполнялась в типовой для ЭВМ НЦ конструкции в корпусе 5U. От НЦ-03 и НЦ-04 отличалась аппаратной реализацией умножения и деления, плавающей запятой в 32-разрядном формате слов, работой в математическом пространстве адресов, защитой памяти и др. Быстродействие — 1,2 млн оп/с. К середине 1981 г. было изготовлено и настроено пять образцов НЦ-05Т, но в это время произошёл «DEC-переворот» — событие, изменившие её (и не только её) судьбу.

DEC-переворот

К 1981 г. в НИИТТ и в НПО НЦ завершилась смена поколений руководителей. Ушли ветераны, основатели НЦ, обладавшие огромными знаниями и опытом создания сложных радиоэлектронных систем. На смену им пришло новое поколение, выросшее уже в Зеленограде. Они были специалистами в микроэлектронике (в основном технологи), но не в вычислительной технике и аппаратостроении. Высшим авторитетом в вычислительной технике для них был первый заместитель министра В.Г. Колесников (тоже технолог), ярый приверженец архитектуры PDP-11 корпорации DEC. Разницу между архитектурами ЭВМ PDP-11 и НЦ они не понимали. А тому факту, что архи-

текстура НЦ моложе архитектуры PDP-11 на 7 лет (огромный срок в развитии вычислительной техники), значения не придали. Не посоветовавшись со специалистами и партнёрами, руководство НПО НЦ в 1981 г. вышло с предложением к В.Г. Колесникову о прекращении работ по архитектуре НЦ и переходе на архитектуру PDP-11. Он с готовностью согласился. В результате работы по архитектуре НЦ (а заодно и по архитектуре типа С5 в ЛНПО «Светлана»), в том числе над первой версией НЦ-05Т, были закрыты.

К сентябрю 1984 г. была разработана другая микроЭВМ — «Электроника НЦ-05Д» («Д» — от DEC), но уже с более слабой архитектурой PDP-11/34 фирмы DEC.

Для «Электроники НЦ-05Т/Д» как более быстродействующей совместно с НИИМЭ разработан ТТЛШ МПК серии К1802 (рис. 38), состоявший из семи 8/16-разрядных БИС, не имевших зарубежных аналогов (разработчики: от НИИТТ — Н. Воробьев, М. Корнев, В. Савельичев, А. Бокарев, Ю. Отрохов, П. Казанцев и др.; от НИИМЭ — А. Березенко, Л. Корягин, В. Суворов, С. Беляев, Б. Марков, В. Базанов и др.). Позже НИИМЭ расширило состав комплекта до 16 БИС.

НЦ-05Д — 16-разрядная микроЭВМ, обрабатывающая 1-, 8-, 16-разрядные слова, 16-разрядные данные с фиксированной и 32-разрядные с плавающей запятой (порядок — 8 бит, мантисса — 24 бита). Диспетчер обеспечивал возможность адресации 256 Кбайт страничной памяти с размером страницы от 32 до 4096 байт (кратно 32). Комплектуемое ОЗУ — 128 Кбайт. ЭВМ имела контроллеры для подключения флоппи-дисков, ИРПР, ИРПС, 48-битный программируемый порт, адаптер ОШ. В корпусе было 8 свободных мест для установки модулей расширения.

НЦ-05Т (рис. 39), обладавшая программной совместимостью с ЭВМ «Электроника-60», «Электроника-100/25», СМ-3 и СМ-4, была выполнена на многослойных керамических печатных платах (МКП) размером 100×120 мм. По четыре МКП монтировалось на типовом для ряда микроЭВМ «Электроника НЦ» модуле размером 180×300 мм, по два с каждой из сторон.

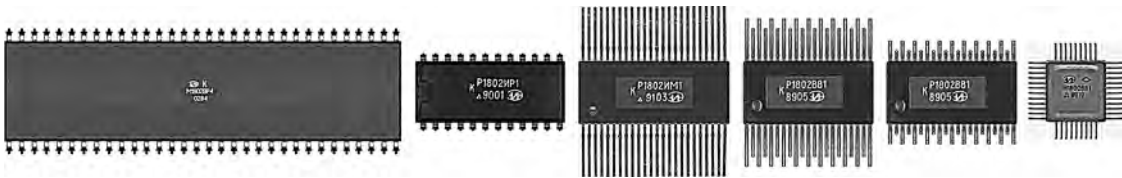


Рис. 38. Микропроцессорный комплект серии 1802

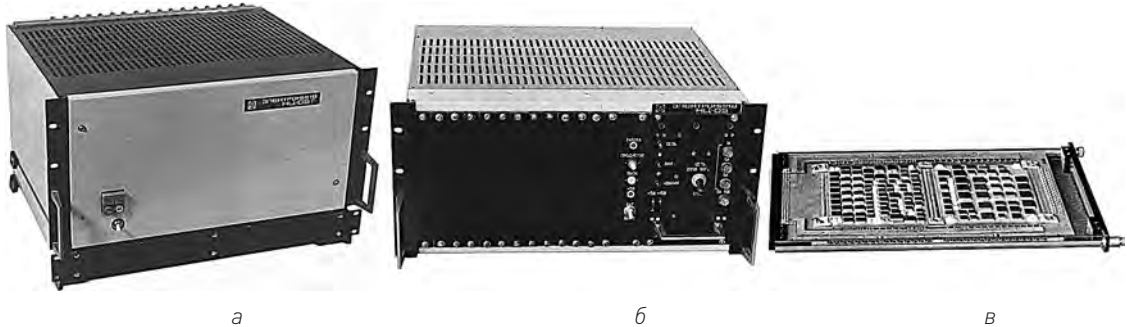


Рис. 39. «Электроника НЦ-05Т» (а), «Электроника НЦ-05Д» (б), процессор НЦ-05Д (в)

НЦ-05Д была разработана по заказу НПО «Агат» и выпускалась им в своём конструктивном исполнении и под другими названиями в течение ряда лет для различных корабельных и авиационных систем.

Система ЧПУ «Электроника НЦ-31»

В 1980 г. НИИТТ получил задание министра на воспроизводство системы числового программного управления (СЧПУ) фирмы «Фанук». Специалисты НИИТТ предложили сделать функциональный аналог на основе архитектуры НЦ, МПК серии К588 и БМК КР1801ВП1. Министр согласился, но потребовал полного внешнего соответствия аналогу. В результате была создана СЧПУ «Электроника НЦ-31» (главный конструктор — Ю.Е. Чичерин, разработчики: В. Шмигельский, В. Лукашов, Ю. Терентьев, Ю. Титов, В. Петровский, И. Евдокимов и др.). По совокупности параметров НЦ-31 не уступала лучшим зарубежным образцам того времени.

Серийное производство НЦ-31 (рис. 40) было начато в 1980 г. на «Ангстрем», а затем передано на заводы «Квант» (Зеленоград) и «Диффузион» (Смоленск). Только «Ангстрем»

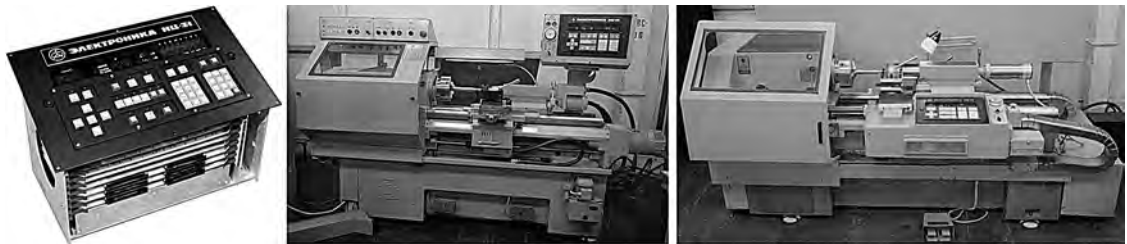


Рис. 40. СЧПУ НЦ-31 и её установка в станки

и «Квант» выпустили 3 736 комплектов НЦ-31. Станки с НЦ-31 работают до сих пор.

МКТК «Электроника НЦ-32»

В 1978 г. МГА и Министерство связи заказали НИИТТ разработку многофункционального концентратора телеграфных каналов (МКТК). К концу 1980 г. такой МКТК, получивший название «Электроника НЦ-32», был разработан (главный конструктор — Н.А. Смирнов, разработчики: М. Корнев, Н. Воробьёв, В. Горовой, П. Силантьев, В. Савельичев, А. Коекин, А. Лавренов, В. Глухман, В. Меркулов, Б. Михайлов, П. Казанцев, И. Селезнев, В. Бриккер, В. Петровский, В. Травницкий и др.).

НЦ-32 был построен на основе микро-ЭВМ НЦ-04Т, а входящий в его состав абонентский пункт — на основе НЦ-03С (рис. 41).

Было разработано базовое и специальное ПО. НЦ-32 обрабатывал до 32 телеграфных каналов со скоростью 50, 100 и 200 бод.

Первый МКТК НЦ-32 был установлен на Центральном телеграфе в Москве, где заменил 300 операторов и окупился за 9 месяцев. Устройствами НЦ-32 были оснащены все (около 200) республиканские и областные телеграфы СССР, многие аэропорты. Дальнейшее серийное производство НЦ-32 было передано на Черкасский завод телеграфной аппаратуры.

Медицинский комплекс «Электроника Тонус НЦ-01»

В 1980 г. в НИИТТ на основе МПК К587 и минимизированной архитектуры НЦ разработан портативный переносной медицинский комплекс «Электроника Тонус НЦ-01» (главный конструктор Н.Н. Зубов). Его назначение — автоматическая оценка работоспособности, нервно-психической активности и прогноз эффективности профессиональной деятельности оператора (лётчика, водителя, космонавта, спортсмена, диспетчера и т. п.). Сначала была изготовлена опытная партия «Тонус НЦ-01» (рис. 42), 15 комплектов которой прошли опытную эксплуатацию в различных медицинских исследовательских центрах. Всего в разных модификациях было выпущено около 125 «Тонусов». Но в 1982 г. работы по медицинской тематике в НИИТТ были свёрнуты, а разработчики переведены на бортовую тематику.



Рис. 41. Стойка МКТК «Электроника НЦ-32» и его абонентский пункт



Рис. 42. Психодиагностический комплекс «Тонус НЦ-01»

Это только примеры прикладных систем, созданных коллективом СВЦ—НИИТТ на основе МК, разработанных под руководством Д.И. Юдицкого.

Второе поколение микропроцессорных средств с архитектурой НЦ

Второе поколение микропроцессорных средств с архитектурой НЦ, в котором были использованы новые достижения микроэлектронной технологии, отличалось однокристалльностью функциональных модулей — микропроцессоров, микроконтроллеров, модулей памяти и т. п. Однако существовало это поколение в рамках архитектуры НЦ недолго, директивным указом оно было переведено на архитектуру PDP-11.

Однокристалльная микроЭВМ «Электроника НЦ-80Т»

В 1980 г. в НИИТТ разработана п-МОП 16-разрядная однокристалльная ЭВМ (ОЭВМ) с архитектурой НЦ — К1801ВЕ 1 (главный конструктор — В.Л. Дшхунян, разработчики: П. Машевич, П. Гафаров, С. Коваленко, А. Рыжов, В. Горский, А. Сурков и др.).

К1801ВЕ 1 (рис. 43) — 16-разрядная ЭВМ с возможностью обработки 1-, 8-, 16- и 32-разрядных данных. Адресуемое пространство 64К слов (128 Кбайт), резидентные (в кристалле) ОЗУ — 128×16 бит, ПЗУ — 1024К×16 бит. Система команд — НЦ-03.

В БИС был применён вариант магистрали НЦ с совмещёнными шинами адреса и данных. Для периферийных устройств она полностью соответствовала шине Q-BUS микроЭВМ LSI-11 корпорации DEC, но отличалась мультипроцессорностью (до четырёх микропроцессоров). Шина получила название «Магистральный параллельный интерфейс (МПИ)», стала систем-

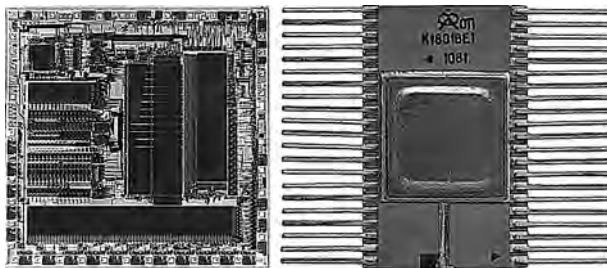


Рис. 43. К1801ВЕ1: слева — топология кристалла, справа — в корпусе

ной магистралью всех однокристалльных модулей и узаконена стандартами ОСТ 11.305.903–80 и ГОСТ 26765.51–86. ОЭВМ К1801ВЕ 1 содержала микропроцессор, оперативную и постоянную память, таймеры, порты ввода-вывода и выход на магистраль МПИ.

Одноплатная микроЭВМ Электроника НЦ-8001

В 1979 г., в рамках разработки ОЭВМ К1801ВЕ 1, на её основе были сделаны действующие образцы одноплатной ЭВМ «Электроника НЦ-8001» (рис. 44) и персонального компьютера (ПК) «Электроника НЦ-8010».

А в начале 1981 г. была закончена разработка НЦ-8001 (главный конструктор — В.Л. Дшхунян, разработчики: Н. Карпинский, А. Половенюк, Н. Трофимова, И. Лозовой и др.). ЭВМ могла обрабатывать 1-, 8-, 16- и 32-разрядные данные с быстродействием до 500 000 оп/с. Её состав: ОЗУ и ПЗУ по 32 Кбайт, 16-разрядный таймер, 32 программируемые линии ввода-вывода, порты для дисплея и печатающего устройства. ЭВМ выполнена на типовой для микроЭВМ семейства НЦ печатной плате размером 180×300 мм с разъёмами с двух сторон, на один из которых выведена шина МПИ, на другой — внешние порты.

Конструкционная система «Электроника НЦ-8020»

В 1981 г. разработана многоплатная малогабаритная конструкционная система, включающая одноплатный, двухплатный и 8-платный блоки для установки НЦ-8001 и периферийных модулей (рис. 45). В первой очереди ЭВМ НЦ-8020 было два модуля — НЦ-8001 и КСПК для подключения периферийных устройств.

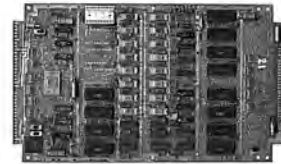


Рис. 44. «Электроника НЦ-8001»: два варианта и в комплексе



Рис. 45. «Электроника НЦ-8020»



Рис. 46. Персональная ЭВМ «Электроника НЦ-8010»

Персональный компьютер «Электроника НЦ-8010»

Как уже отмечалось, в 1979 г. был выпущен действующий образец персональной ЭВМ «Электроника НЦ-8010» (тогда это называлось «инженерная микроЭВМ индивидуального пользования»), программно совместимой с НЦ-03Т. Это был первый в стране персональный компьютер (рис. 46), причём полностью построенный на отечественных микросхемах с отечественной архитектурой, программно совместимый с отечественным семейством микроЭВМ «Электроника НЦ». Конструктивно он был выполнен в виде увеличенной по высоте стандартной клавиатуры. После нескольких итераций НЦ-8010 превратилась в первый и самый массовый отечественный бытовой компьютер «Электроника БК-0010», но об этом далее.

НЦ-8001, НЦ-8010 и НЦ-8020 были изготовлены, отлажены и нормально работали. Но в это время произошёл вышеупомянутый «DEC-переворот», и архитектура НЦ оказалась под запретом. Работы над НЦ-05Т, К1801ВЕ 1, НЦ-8001, НЦ-8010 и НЦ-8020 были прекращены. Безусловно, это были лучшие в стране микроЭВМ своего времени, не уступающие лучшим зарубежным образцам.

Итоги развития МСВТ с архитектурой НЦ

На этом развитие вычислительной техники на основе архитектуры НЦ — детища Д.И. Юдицкого — завершилось. Большинство изделий были освоены в серийном производстве и широко применялись в стране. А суммарный объём их производства — около 10 тыс. комплектов — по тем временам был огромен (табл. 1).

МСВТ с архитектурой PDP-11 и VAX-11

Как уже говорилось, в 1981 г. в МЭП произошёл директивный переход на тотальное применение в мини- и микроЭВМ архитектуры типа PDP-11 корпорации DEC. При этом производство ранее разработанных ЭВМ с архитектурой НЦ продолжалось ещё несколько лет, но внутри отрасли они практически не применялись.

Таблица 1

Объём производства микроЭВМ с архитектурой НЦ

Тип ЭВМ	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	Итого
НЦ-01, –02, –02М	2	3	88	35	–	–	–	–	–	–	–	–	128
НЦ-03Т, –03Д, –03С	–	–	25	243	428	563	648	229	210	195	140	68	2749
НЦ-31	–	–	–	–	–	–	336	650	750	680	760	560	3736
НЦ-32	–	–	–	–	–	–	15	20	30	100	300	280	745
НЦ-04Т, –04У, –04М	–	–	–	–	–	–	104	192	624	448	794	–	2162
НЦ-05Т	–	–	–	–	–	–	5	–	–	–	–	–	5
НЦ-Тонус	–	–	–	–	–	–	15	50	60	–	–	–	125
НЦ-8001	–	–	–	–	–	5	50	70	90	20	–	–	235
НЦ-8010	–	–	–	–	–	5	5	20	–	–	–	–	30
НЦ-8020	–	–	–	–	–	–	–	20	50	–	–	–	70
Итого	2	3	113	278	428	573	1178	1251	1814	1443	1994	908	9985

Демарш фирмы DEC

Здесь уместно сделать небольшое отступление. В 1970-е годы в Минприборе и МЭП началось активное воспроизводство мини-ЭВМ семейства PDP-11 американской корпорации Digital Equipment Corp. (DEC).

В СССР закона об интеллектуальной собственности не было. Считалось, что всё, что люди изобретают и разрабатывают, они делают в рабочее время за зарплату. Патентов тоже не существовало, были лишь авторские свидетельства, закрепляющие авторство за человеком без каких-либо прав на изобретение. Поэтому в СССР воспроизводство чужих разработок (как отечественных, так и зарубежных) не считалось предосудительным. Но за рубежом были иные порядки. Естественно, DEC не могла не отреагировать на подобное поведение Минприбора и МЭП, но и сделать ничего не могла. Единственное, что было в её силах, это «погрозить пальчиком» в виде письма во внешнеторговую советскую организацию «Электроноргтехника» (ЭЛОПРГ). Такое письмо они и прислали (рис. 47). Автору неизвестно, ответила ли ЭЛОПРГ корпорации DEC, но в стране это письмо никаких последствий, кроме разговоров в «курилках», не имело.

Вернёмся же к микропроцессорам и микроЭВМ.

Разработчики микропроцессоров (МП) в НИИТТ, переведённые в 1976 г. из ликвидированного СВЦ, не умели, да и не желали заниматься прямым (насколько это возможно) копированием за-

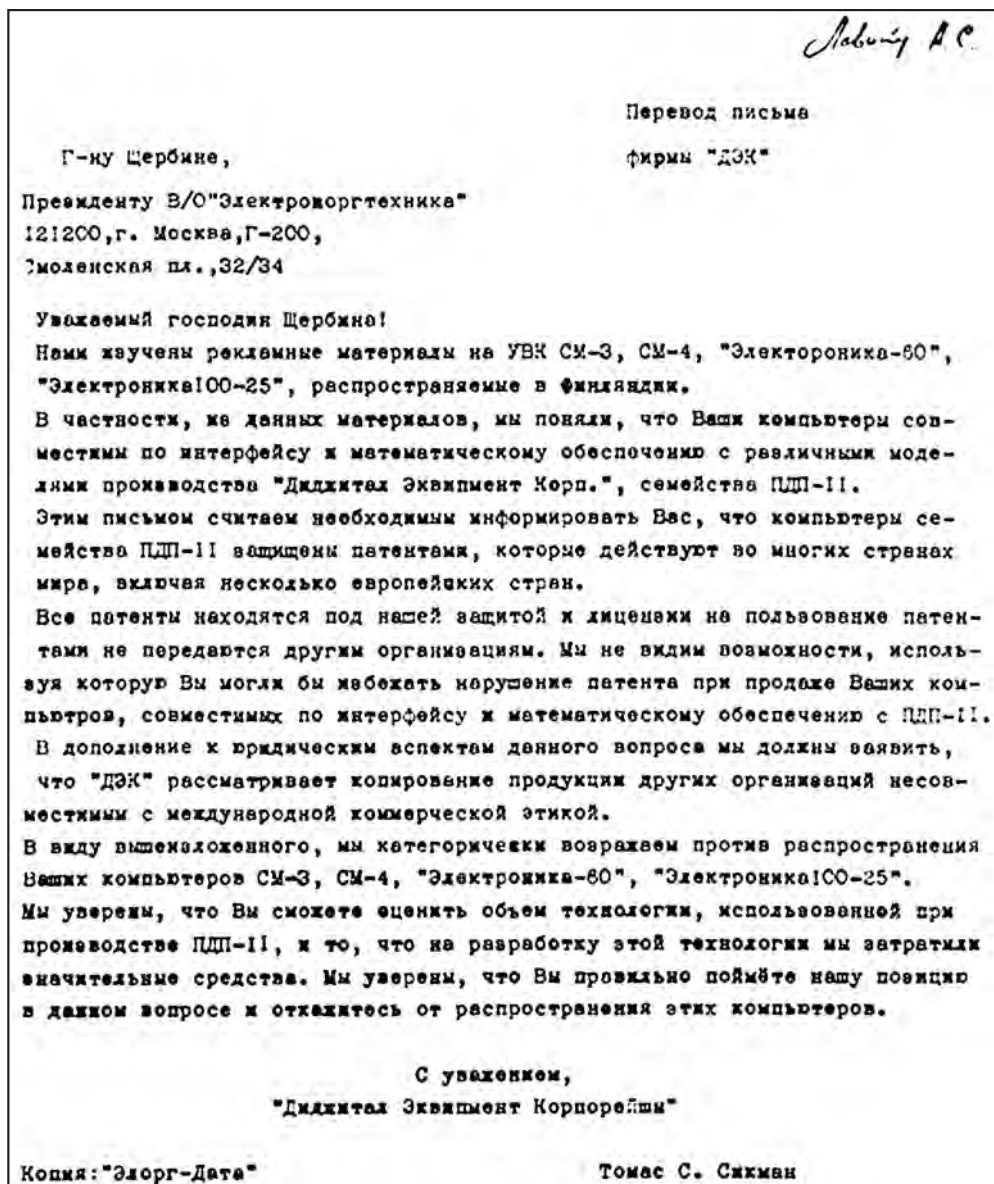


Рис. 47. Перевод письма фирмы DEC

рубежных интегральных схем и микроЭВМ. Они предпочли делать функциональные аналоги, программно совместимые с ЭВМ корпорации DEC.

16-разрядные PDP-11-совместимые микропроцессоры

Микропроцессоры типа VM1

В 1981 г. в НИИТТ на основе однокристалльной ЭВМ K1801BE 1 сделали однокристалльный МП — K1801BM1 (рис. 48). С целью расширения области его применения была заложена возможность реализации в нём системы команд (СК) либо НЦ, либо PDP.

Первая партия K1801BM1 была выпущена с СК НЦ (190 команд, адресуемая единица — слово 16 бит), вскоре запрещённой. Далее VM1 выпускались только с СК, полностью соответствующей СК микроЭВМ LSI-11 и «Электроника-60» (64 команды, адресуемая единица — байт, 8 бит).

Таким образом, БИС K1801BM1, как и последовавшие за ним K1801BM2 и K1801BM3/VM4, вопреки распространённому мнению, не были ни прямыми, ни косвенными аналогами БИС микропроцессоров фирмы DEC. Все они были однокристалльными (у DEC — многокристалльные) и имели встроенную системную магистраль МПИ (отличающуюся от Q-bus и Q-bus-22 фирмы DEC и ПО «Электроника» мультипроцессорностью). МП имели совершенно другие структурные и схемотехнические решения.

Конструктивно для разных условий эксплуатации МП и периферийные БИС для них выполнялись в различных корпусах с соответствующей вариацией в обозначениях БИС.

Микропроцессоры типа VM2

В 1982 г. в НИИТТ разработан 16-разрядный МП K1801BM2 (главный конструктор — В.Л. Дшхунян, разработчики: В. Науменков, А. Рыжов, И. Бурмистров, Г. Куров и др.). От VM1 он отличался расширенной СК (72 команды), полностью совместимой с СК микроЭВМ LSI-11/2 и «Электроника-60М». В VM2 был реализован отсутствующий в аналогах конвейер, обрабатывающий одновременно три последовательные команды. Позже были разработаны КМОП-варианты микропроцессора — 1806BM2, H1806BM2, 1836BM2 и H1836BM2 — для различных видов монтажа и условий эксплуатации, а также специальный вариант

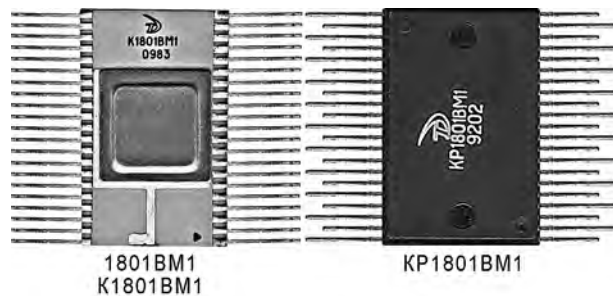


Рис. 48. Микропроцессоры типа VM1

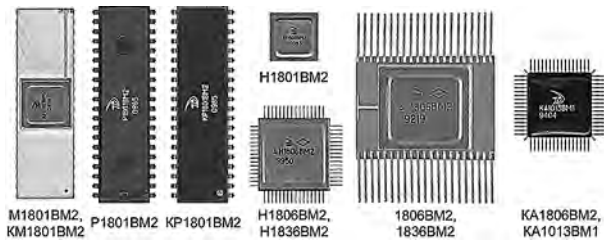


Рис. 49. Микропроцессоры типа VM2

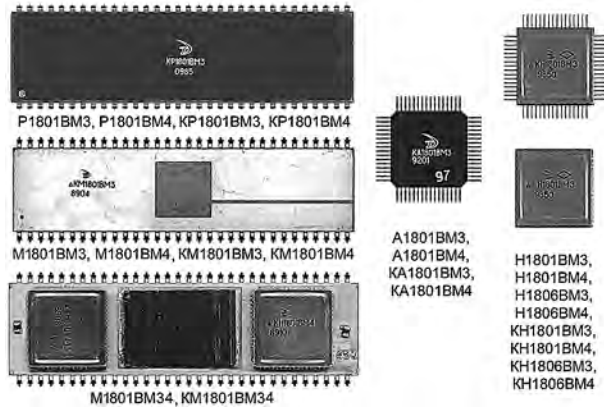


Рис. 50. Микропроцессоры типа VM3/VM4

для карманной ПЭВМ «Электроника МК-85» — KA1013BM1 (рис. 49).

Микропроцессоры типа VM3 и VM4

В июне 1983 г. в НИИТТ разработан МП K1801BM3 (рис. 50) (главный конструктор — В.Л. Дшхунян, разработчики: П. Машевич, С. Коваленко, В. Горский, Р. Волков, Ю. Фортинский и др.).

В него введены диспетчер памяти с физическим адресом в 22 бита и адресным пространством до 4 Мбайт, а также быстрая магистраль ОЗУ, узел предварительного разбора команд, конвейер команд, порт для арифметического сопроцессора с плавающей запятой (позже созданного — K1801BM4) и многое другое. VM3 обрабатывал 8-, 16- и 32-разрядные данные с производительностью 1,5 млн оп/с. Имел восемь РОН и четыре линии запросов на прерывание.

Базовая СК (75 команд) включала все команды МП VM1 и VM2. Кроме того, ре-

ализованы команды расширенной 32-разрядной арифметики. С сопроцессором K1801BM4 выполняются команды 32-разрядной арифметики с плавающей запятой. Расширены возможности модификаций команд, общее число доступных пользователю команд превысило 400.

Была разработана также сборка K1801BM34 процессора VM3 и сопроцессора VM4 в виде такого же корпуса типа ДИП (см. рис. 50).

Комплект однокристалльных модулей

Микропроцессоры серий 1801/1806 стали ядром огромного комплекта однокристалльных функциональных модулей со встроенной системной магистралью МПИ (рис. 51).

Массово производились БИС однокристалльных ОЗУ 1К×16 бит (K1809PU1), ПЗУ 4К×16 (K1801PE 1 и K1809PE 1), УФРПЗУ 4К×16 (K573PФ3). В НИИТТ, НИИ НЦ, ЛКТБ «Светлана» и на многих других предприятиях в виде полузаказных БИС на основе базовых матричных кристаллов (БМК) 1801ВП1 (n-МОП), 1806ХМ1, 1515ХМ1, 1537ХМ1 и 1537ХМ2

(КМОП) было разработано огромное количество унифицированных и специальных периферийных функциональных модулей. Эти БИС в различных исполнениях производились «Ангстремом» (п-МОП и КМОП), ЛКТБ «Светлана» (п-МОП, серия К1809) и даже в Венгрии. Номенклатура таких модулей превышала 500 типов. Функциональная полнота модулей и встроенный МПИ предельно упростили построение различных систем и обеспечивали их высокие характеристики. В результате микропроцессорный комплект 1801/1806/1836 стал наиболее популярным и массовым в стране.

32-разрядные VAX-11-совместимые микропроцессоры

В 1985 г. НИИТТ приступил к разработке 32-разрядного микропроцессорного комплекта, архитектурно совместимого с ЭВМ VAX-11/750 фирмы DEC (главный конструктор — В.Л. Дшхунян, заместители главного конструктора — И. Бурмистров и В. Науменков, разработчики: Е. Максимов, Г. Полушкин, С. Шишарин, С. Хромов, С. Любимов, В. Прокопов, А. Рыжов, А. Румянцев и др.

В начале 1988 г. были освоены в производстве БИС центрального процессора КЛ 1839ВМ1 (рис. 52), контроллера динамической памяти КЛ 1839ВТ 1 и адаптера магистралей КЛ 1839ВВ1.

В 1990–1991 гг. начаты поставки БИС арифметического сопроцессора Л 1839ВМ2, контроллера статической памяти Л 1839ВТ 2, ПЗУ микропрограмм Н1839РЕ 1 и мажоритарный (2 из 3) элемент Н1839ВЖ1. Обмен между процессором, сопроцессором

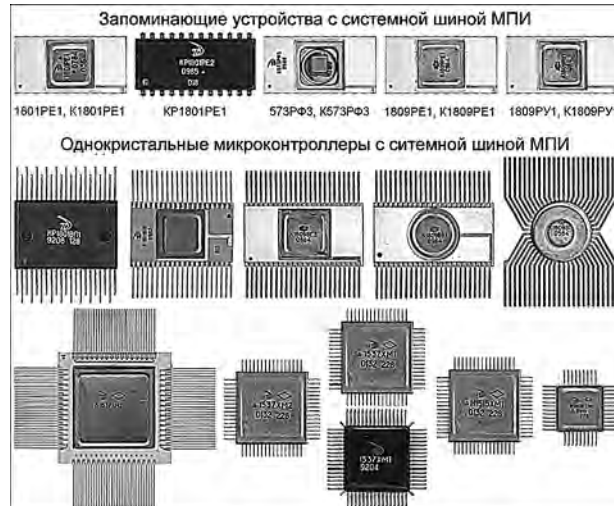


Рис. 51. Примеры однокристалльных модулей ЗУ и микроконтроллеров для микропроцессоров типа ВМ1–ВМ3/4

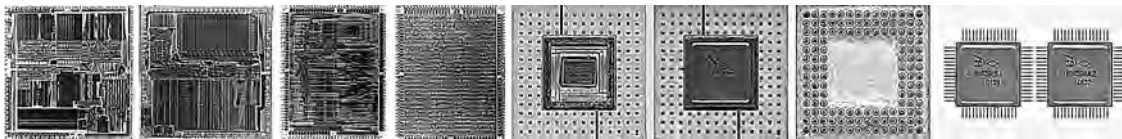


Рис. 52. Топологии кристаллов и корпуса БИС серии Л 1839



Рис. 53. МПК Л 1839 – типовая структура троированной ЭВМ

и память осуществляется по внутренней 32-разрядной магистрали, а связь с периферией — через МПИ, подключаемый к внутренней магистрали через адаптер КЛ 1839ВВ1. Комплект Л 1839 был существенно мощнее ЭВМ micro-VAX-I и превосходил micro-VAX-II — упрощённых вариантов ЭВМ VAX-11/750, выпущенных примерно в то же время корпорацией DEC. Он позволяет строить ЭВМ, программно совместимые с VAX-11/750, micro-VAX-I и micro-VAX-II корпорации DEC, с ЭВМ «Электроника-82» воро-

нежского ПО «Электроника», а также с СМ-1700 и СМ-1702 семейства СМ. ЭВМ обрабатывает семь типов 8-, 16-, 32- и 64-разрядных данных с фиксированной и плавающей запятой, имеет 14 методов адресации, 32 уровня прерываний, 16 системных и 16 общего назначения регистров. Адресуемая физическая память — 16 Мбайт, виртуальная — 4 Гбайт. Наличие 8-канального мажоритарного элемента обеспечивает возможность построения высоконадёжных троированных ЭВМ и систем (рис. 53). В 2003 г. БИС серии Л 1839 переработаны на новые топологические нормы.

PDP-11-совместимые 16-разрядные Одноплатные ЭВМ и модули

К началу 1980-х годов магистраль МПИ получила довольно широкое распространение в МЭП. Конструктивно это одинарная или двойная плата размером 135×240 и 280×240 мм, а также объединяющий их конструктив, получивший народное название «корзинка» (четыре ряда по две одинарных или одной двойной плате в каждом).

«Электроника НЦ-8001Д» (МС 1201.01)

На основе К1801ВМ1, КР565РУ3 и К1801ВП1-xxx на двойной плате в 1981 г. в НИИТТ разработана одноплатная микроЭВМ «Электроника НЦ-8001Д» («Д» — от DEC) (главный конструктор — В.Л. Дшхунян, разработчики: Ю. Отрохов, Ю. Борщенко, В. Артюшенко, С. Шишарин, С. Хромов, А. Козлов, Л. Ситник и др.). В системе МСВТ она имела обозначение НМС 11100.1. Вторая версия ЭВМ с ОЗУ КР565РУ6 — МС 1201.01.

«Электроника НЦ-8001Д» (рис. 54, слева) по СК идентична LSI-11 и ЭВМ «Электроника-60». На плате размещались: процессор К1801ВМ1; полная адресуемая память: системное и пользовательское ПЗУ К1801РЕ 1 (разъёмы для двух БИС),

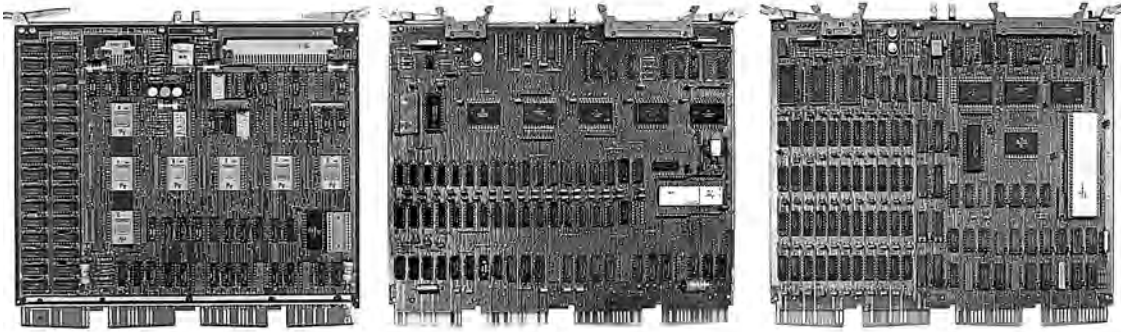


Рис. 54. Одноплатные ЭВМ «Электроника НЦ-8001Д, -ДМ и -ДА»

контроллер ОЗУ К1801ВП1–30 и ОЗУ 56 Кбайт; контроллеры НГМД «Электроника ГМД-70» или «Электроника ГМД-7012», выпускаемые ереванским НПО «Ани» (оба с 8-дюймовыми дискетами) и символьного дисплея 15ИЭ-00–013, интерфейс радиальный параллельный (ИРПП) СМ ЭВМ (для матричного печатающего устройства типа ТПУ ВВП-80–002, DZM-180 или им подобных) и интерфейс радиальный последовательный (ИРПС) СМ ЭВМ. В LSI-11 и «Электронике-60» всё это выполнялось на отдельных платах. На противоположной стороне платы размещался разъём системной магистрали МПИ с 16-разрядной адресной шиной. Быстродействие НЦ-8001Д — 500 тыс. оп/с. Для НЦ-8010Д разработаны и реализованы в ПЗУ версии языков программирования Фокал и Бейсик.

«Электроника НЦ-8001ДМ» (МС 1202.02)

На основе К1801ВМ2, КР565РУ6 и К1801ВП1-xxx, также на двойной плате, в марте 1982 г. в НИИТТ была разработана одноплатная микроЭВМ «Электроника НЦ-8001ДМ» (см. рис. 54, в центре) (МС 1201.02). Главный конструктор — В.Л. Дшхунян, ведущие разработчики: Ю. Отрохов, Ю. Борщенко, В. Артюшенко, С. Шишарин, С. Хромов, А. Козлов, Л. Ситник и др. По составу и характеристикам она была идентична ЭВМ НЦ-8001Д, за исключением микропроцессора: НЦ-8001ДМ построена на основе К1801ВМ2 с соответствующим удвоением производительности и расширением системы команд: МС 1201.02 была совместима с СК микроЭВМ LSI-11/2 и «Электроника-60М».

«Электроника НЦ-8001ДА» (МС 1201.03)

На основе К1801ВМ3, КР565РУ6 и К1801ВП1-xxx, также на двойной плате, в марте 1984 г. в НИИТТ была разработана одноплатная микроЭВМ «Электроника НЦ-8001ДА»

(МС 1201.03) (см. рис. 54, справа). Главный конструктор — Ю. Отрохов, разработчики: Ю. Борщенко, В. Артюшенко, С. Шишарин, С. Хромов, А. Козлов, Л. Ситник и др. От предшественниц она отличалась процессором (К1801ВМ3 со всеми вытекающими последствиями), полной версией МПИ с 22-разрядной адресной шиной и типом БИС ОЗУ (КР565РУ5, что позволило разместить на той же плате 4 Мбайт ОЗУ с контролем по Хеммингу). МС 1201.03 была совместима с СК микроЭВМ LSI-11/73 и «Электроника-60-1».

Это только основные одноплатные ЭВМ на основе микропроцессоров серии 1801, в действительности их номенклатура была существенно шире. Общие объёмы выпуска одноплатных ЭВМ измерялись десятками тысяч единиц в месяц.

Одноплатные модули

Одноплатные периферийные функциональные модули со встроенным МПИ на одинарной или двойной плате разрабатывались и выпускались на предприятиях в Воронеже, Зеленограде, Ленинграде и др., причём не только подведомственных МЭП. Полную номенклатуру периферийных модулей, измеряемую десятками наименований, восстановить уже невозможно, да, скорее всего, и не нужно (рис. 55).

В заключение необходимо отметить, что одноплатные ЭВМ и периферийные модули, выпускаемые в течение многих лет, периодически совершенствовались, перерабатывались. В связи с этим появлялись их новые модификации либо с тем же наименованием, либо с другим. Объёмы производства одноплатных ЭВМ измерялись сотнями тысяч единиц.

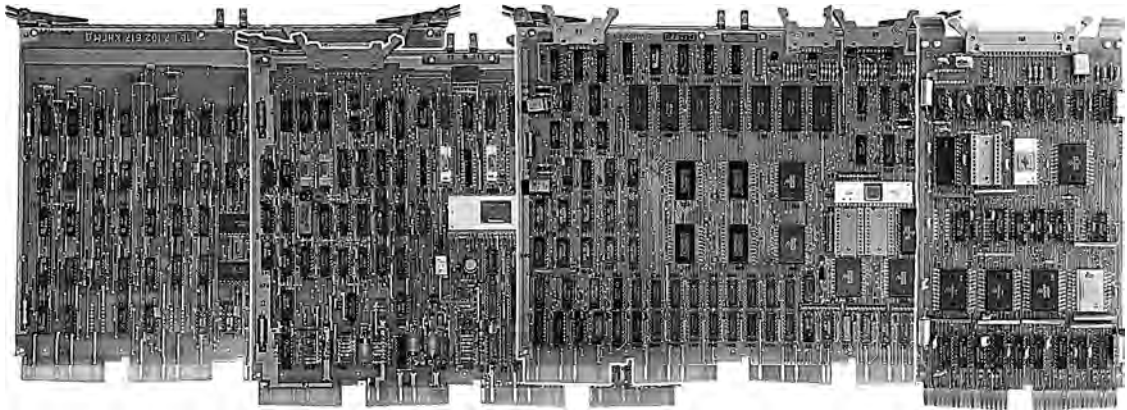


Рис. 55. Одноплатные периферийные контроллеры

Персональные ЭВМ

ДВК-1 и ДВК-2

В МЭП Фрязинским заводом им. 50-летия Октября выпускался символьный дисплей 15ИЭ-00-013 (рис. 56), состоящий из трёх конструктивных единиц: монитора, клавиатуры и блока электроники, в котором была установлена воронежская «корзинка». В ней использовалось только три ряда. Изменив навесной монтаж на разъёмах блока электроники, в него вставили ИЦ-8001Д и получили так называемый «Диалоговый вычислительный комплекс» — ДВК. Кстати, обозначения ДВК-1, ДВК-2, ДВК-3 и ДВК-4 — широко распространённые, но не официальные названия ЭВМ, поэтому в технической документации они не использовались. Правильнее считать их названиями типов ДВК, так как за каждым номером фигурировало по несколько моделей, различающихся не только комплектацией, но иногда и конструктивным исполнением, а также параметрами. Под ДВК-1 и ДВК-2 в разных вариантах понимаются ПЭВМ, построенные на основе символьного монохромного дисплея 15ИЭ-00-013; версии ДВК-3 имели монохромный графический дисплей, а все ДВК-4 — цветной графический дисплей. Это основные неизменные отличия, все другие носили временный характер при сохранении тенденции: чем выше номер ДВК (иногда с дополнительными буквами), тем на данный момент он мощнее по составу и характеристикам, тем раньше в его состав попали новые устройства.

Идея ДВК и его первые экземпляры родились в отделе В.Л. Дшхуняна, основной задачей которого было создание микропроцессорных БИС и одноплатных ЭВМ. Разработка технического проекта выполнялась в проекте «Электроника ИЦ-8020/1,2» (главный конструктор — В.Л. Глухман, разработчики: М. Хохлов, Б. Шевкопляс, Н. Буслаева, Л. Петрова, Э. Овсянникова-Панченко, Р. Темник и др.). Проект был завершён в ноябре 1982 г.

Разрабатывалось два варианта ДВК: ДВК-1 («Электроника ИЦ-8020/1») и ДВК-2 («Электроника ИЦ-8020/2»), отличающиеся друг от друга только комплектацией. ДВК-1 — это дисплей 15ИЭ-00-013-1 с платой ЭВМ, ДВК-2 — это ДВК-1 с подключёнными к нему НГМД «Электроника ГМД-70» и термопринтером 15ВВП80-002. Позже применялись и другие типы НГМД и принтера. Но часто требовались и другие модули. Добавили ещё один блок электроники для одноплатных модулей — получился ДВК-2М (рис. 57).

По сути, ДВК — это настоящий 16-разрядный ПК с ОЗУ 56К слов и быстродействием до 500 тыс. оп/с. Это было время зарождения ПК, их роль и назначение ещё не были понятны, число моделей и фирм на рынке росло как снежный ком, никакой



Рис. 56. Дисплей 15ИЭ-00-013 и ДВК-1. Внешне они ничем не различались

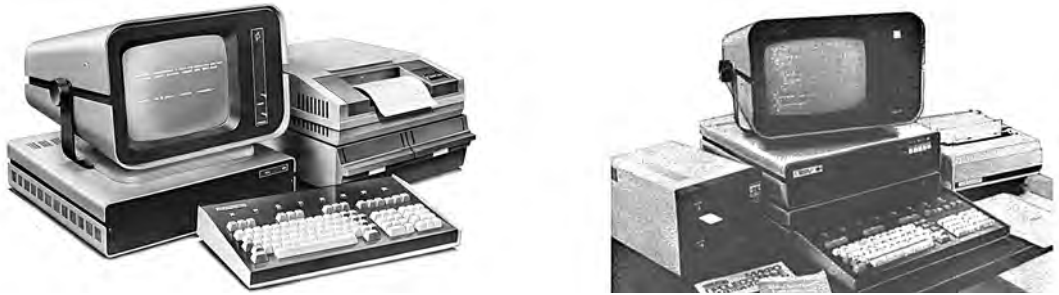


Рис. 57. ДВК-2 с 8-дюймовым НГМД и термопринтером (слева) и ДВК-2М с 5-дюймовым НГМД и матричным принтером (всё производства предприятий МЭП)

совместимости, никакой унификации. На этом фоне ДВК-1 сначала выглядел вполне респектабельно.

С самого начала на ДВК были поставлены ОС ДВК и тестовая мониторная система ТМОС ДВК. ОС ДВК сгенерирована на основе системы РАФОС СМ ЭВМ и практически совпадает с системой ФОДОС микроЭВМ «Электроника-60». Она обеспечивает возможность работы на языках Фортран, Ассемблер и Бейсик. ТМОС ДВК по функциям совпадает с ТМОС «Электроника-60».

ДВК-3 и ДВК-4 (МС 0507.x и МС 0502.x)

Параллельно с ДВК-1 и ДВК-2 проводились работы по созданию нового ДВК в специальном конструктиве. В те годы ПК в мире переживали этап максимальной интеграции: всё, что возможно, стремились поместить в один конструктив. Унифицированный моноблок ДВК-3 и ДВК-4 после нескольких итераций по доработке (рис. 58) был



Рис. 58. Варианты унифицированного моноблока ДВК-3 и ДВК-4 (в центре – со встроенным сверху принтером)

освоен в серийном производстве и на несколько лет стал базовым для различных вариантов ДВК-3 и ДВК-4 (рис. 59).

В 1984 г. СКБ НЦ было преобразовано в НИИ «Научный центр» с переводом в него всех подразделений НИИТТ, занимающихся разработкой вычислительной техники. В это же время было завершено строительство завода «Квант», куда были переведены цеха аппаратного производства «Ангстрема». Таким образом, через восемь лет было воссоздано разрушенное в 1976 г. образование — СВЦ с заводом «Логика», специализировавшееся на создании средств вычислительной техники.

В апреле 1984 г. был завершён проект «Электроника НЦ-8020/3» по разработке ДВК-3. Его первый вариант получил обозначение НМС 01901.1 (главный конструктор — Л. С. Кридинер, разработчики: Е. Бычков, Ф. Романов, М. Хохлов, В. Карповский, Н. Угрюмов, Р. Темник и др.).

С ДВК-3 и ДВК-4 широко применялись периферийные устройства разработки и производства предприятий МЭП (рис. 60, 61).

В моноблок ДВК-3 устанавливались: винницкий (ЦКБИТ) монохромный графический видеомонитор, «корзинка» сзади монитора (логический блок), два НГМД-6022 (с 5-дюймовым диском) под видеомонитором, блок питания под «корзинкой». Над



Рис. 59. Серийный вариант моноблока ДВК-3 и ДВК-4



Рис. 60. Примеры принтеров МЭП, слева – встраиваемый термопринтер для ДВК-3/4



Рис. 61. Примеры графопостроителей и дигитайзера МЭП



Рис. 62. Серийный вариант ДВК-3С и ДВК-4С с системным блоком

горловиной видеомонитора было предусмотрено место для разрабатываемого в ереванском НПО «Позистор» встраиваемого термопринтера. Кроме того, для ДВК (и «Электроники-60») разрабатывались графопостроитель ЭМ-7042А и дигитайзер — устройство ввода графической информации («сколка»).

Вскоре выявились недостатки моноблочного конструктива: низкая технологичность сборки, плохой тепловой режим, слабая электромагнитная защищённость, электромагнитная несовместимость двигателей вентиляторов «корзинки» и отклоняющей системы монитора, особенно цветного. Был разработан металлический

горизонтальный системный блок, включающий электронику и накопители (рис. 62), а монитор и принтеры имели автономную конструкцию (ДВК-3С и ДВК-4С). К тому же результату пришли и зарубежные производители — для ПК класса desktop.

ДВК производились более 10 лет, было изготовлено около 230 тыс. различных моделей. И если в качестве ПЭВМ они со временем были вытеснены IBM-совместимыми ПК, то в различных системах управления успешно работали ещё многие годы. У них было ценнейшее преимущество перед IBM-совместимыми ПК — защищённая память, исключающая возможность создания вирусов.

ДВК-5

С развитием микроэлектроники плотность компоновки аппаратуры неуклонно росла, что привело к появлению переносных компьютеров типа laptop с плоским экраном, предшественников современных ноутбуков (notebook). Тогда их называли «наколенными». Был начат эскизный проект такой ПЭВМ и в НИИ НЦ — ДВК-5. Его построение планировалось на основе киевского МП К1806ВМ34 и ангстремовских более интегрированных БИС памяти и периферийных контроллеров. Была начата проработка эскиза ДВК-5, в связи с отсутствием пока своего опыта — на основе одного из первых зарубежных лэптопов GRiD Compass 1101 (рис. 63). Однако завершён проект не был в связи с переходом на IBM-совместимые ЭВМ (об этом далее).

Бытовая ПЭВМ «Электроника БК-0010»

Как уже говорилось, в 1979 г. в рамках темы по разработке однокристалльной ЭВМ К1801ВЕ 1 сделали действующий образец ПЭВМ «Электроника НЦ-8010».



Рис. 63. Эскиз ДВК-5 и его прототип, лэптоп GRiD Compass 1101

В мае 1981 г. в НИИТТ был разработан эскизный проект (главный конструктор — В.Л. Дшхунян, разработчики: Н. Карпинский, А. Половянюк, И. Лозовой, Н. Трофимова, М. Дябин, В. Санжапова), завершённый созданием второго варианта ПЭВМ (рис. 64).

Это была двухмагистральная двухпроцессорная (два К1801ВЕ 1) ЭВМ с адресуемой памятью 256 Кбайт и комплектуемой оперативной памятью 64 Кбайт. Второй процессор управлял работой дисплея (25×64 символа, или 512×256 точек) с выходом на видеовход бытового телевизора. ВЗУ на бытовом магнитофоне на компакт-кассете имело скорость обмена 250 бит/с. Предусматривалось и сменное ПЗУ ёмкостью 32 Кбайт.

Продукт был в стране и в мире принципиально новый, ещё не понятный, что потребовало нескольких итераций. В это время произошёл «ДЕС-переворот», и было принято решение о серийном производстве этой ЭВМ на заводе «Экситон», входящем

в состав НПО НЦ (г. Павловский Посад Московской обл.). К работе подключились специалисты «Экситона»: С. Косенков (главный конструктор от «Экситона»), З. Счепицкий, А. Малинин, М. Мочалова, А. Чесноков и др. В результате совместной работы в 1983 г. появился окончательный вариант — «Электроника БК-0010» (БК – бытовой компьютер). В том же году БК-0010 поступил в продажу в фирменный салон-магазин «Электроника» по цене 650 рублей, а с 1984 г. завод «Экситон» приступил к его массовому производству, которое продолжалось до 1989 г.

В 1990 г. был выпущен БК-0011 (-0011М) с страничным ОЗУ ёмкостью 128 Кбайт и контроллером НГМД.

БК-0010/-0011 пользовался огромным успехом у потребителей, объединившихся в различные группы и общества для обмена опытом и программами. В Москве был организован Клуб пользователей персональных компьютеров БК, подобные сообщества существовали и в других городах страны. В 1993–1996 гг. выходил журнал



Рис. 64. Этапы создания бытового компьютера «Электроника БК-0010»



Рис. 65. Обложка журнала

«Персональный компьютер БК-0010 — БК-0011М» (рис. 65). Проводились ежегодные конкурсы «БК-мания».

Только «Экситоном» было выпущено более 125 тыс. ЭВМ: из них около 78 тыс. для розничной продажи и свыше 44,5 тыс. в составе комплектов для школьных классов. Всего в МЭП было выпущено более 162 тыс. БК-0010/-0011.

Школьная ЭВМ «Электроника НЦ-8011» («Тимур-А»)

С развитием персональных компьютеров встал вопрос о компьютеризации школ, и разработчикам НЦ-8010 в НИИТТ было поручено создание школьной ЭВМ с организацией серийного производства на заводах «Квант» и «Экситон».

ПЭВМ получила название «Электроника НЦ-Тимур-А» (главный конструктор — А. Н. Полосин, разработчики: Н. Карпинский, А. Половянюк, В. Сафронов, Б. Бекетов, А. Развязнев и др.). В первом

квартале 1985 г. изготовили 25 образцов «Тимура-А», проект планировалось завершить в конце 1985 г. изготовлением на «Кванте» 350 ПЭВМ. Но в середине 1985 г. Минпросвещения и Минздрав определились с требованиями к школьным ЭВМ. В августе было утверждено техническое задание на школьную ПЭВМ, получившую название «Электроника УК-НЦ». Работа по созданию «Тимура-А» плавно перешла в разработку УК-НЦ.

А из 25 «Тимуров-А» с цветным телевизором в качестве видеомонитора (640×288 точек) был скомплектован класс, установленный в одной из школ г. Шуяля.

Школьная ЭВМ «Электроника УК-НЦ» (МС 0511)

Примерно за год «Электроника УК-НЦ» была разработана (главный конструктор — А. Е. Абрамов, зам. главного конструктора — А. Н. Полосин, разработчики: Н. Карпинский, А. Половянюк, О. Семичастнов, Б. Бекетов, А. Развязнев И. Лозовой, М. Дябин, В. Сафонов, В. Дронов и др.). В конце 1986 — начале 1987 г. в составе комплекта для класса (ЭВМ учителя и 12 ЭВМ учеников) УК-НЦ прошла серьезные испытания и была принята межведомственной комиссией.

УК-НЦ (рис. 66) — это двухпроцессорная ЭВМ (два микропроцессора K1801BM2: центральный и периферийный). Имевшаяся в МПИ резервная линия использовалась в качестве адресной, что позволяло удвоить адресное пространство процессора K1801BM2.

УК-НЦ представляет собой моноблок со встроенными электроникой, клавиатурой (88 клавиш), блоком питания и разъёмами для подключения чёрно-белого или цветного видеомонитора, бытового магнитофона в качестве ВЗУ, принтера, устройств с интерфейсом типа С2 и локальной сети. На верхней панели ЭВМ имелось два гнезда



Рис. 66. Школьная ЭВМ «Электроника УК-НЦ» (MC 0511): плата, внутреннее устройство, внешний вид

для сменных кассет ПЗУ или внешних контроллеров для периферийных устройств. В донной части корпуса был отсек для дополнительного электронного блока.

УК-НЦ широко применялась как при компьютеризации школ, так и для других целей. Она выпускалась на пяти заводах МЭП: «Квант» (Зеленоград), «СЭМЗ» (Солнечногорск), «Мезон» (Кишинёв), «Мион» (Тбилиси) и «Нуклон» (Шяуляй). Всего было выпущено более 310 тыс. таких ЭВМ.

Карманная персональная ЭВМ «Электроника МК-85»

В 1984 г. министр поручил НИИТТ воспроизвести микрокомпьютер Cassio FX700P, получивший название «Электроника МК-85». По существу, это был карманный компьютер со встроенными ЖК-дисплеем и алфавитно-цифровой клавиатурой. FX700P имел параллельный 4-разрядный порт (12 контактов) для подключения периферийных устройств, воспроизводство которых было поручено другим предприятиям МЭП, но они с заданием не справились, и МК-85 остался без периферии.

Разработчики НИИТТ, рассмотрев образец FX-700P, предложили сделать такой же компьютер на основе уже имевшегося на предприятии и хорошо отработанного однокристалльного микропроцессора 1806BM2. Министр согласился с этим предложением, но потребовал полного внешнего сходства с аналогом (рис. 67).



Рис. 67. МикроПК «Электроника МК-85»

МК-85 обрабатывает числа с плавающей запятой, разрядность мантиссы — 10, разрядность порядка — 4 десятичных разряда. Объём энергонезависимой памяти: у МК-85 — 2 Кбайт, у МК-85М — 6 Кбайт. Это обеспечивает возможность реализации BASIC-программ в 1221 и 5317 шагов соответственно.

Для МК-85 на основе МП 1806ВМ2 и БМК 1515ХМ-1 был разработан микроконтроллер КА1013ВМ1. Его архитектура и вычислительная мощность соответствовали мощности мини-ЭВМ PDP-11 или СМ-3. Впоследствии это, а также программная совместимость с ДВК существенно расширили область применения МК-85.

МК-85 стоил всего 145 рублей и буквально сметался с прилавков фирменных магазинов «Электроника». МК-85 серийно выпускался «Ангстремом» с 1986-го и до 2000 г.; всего было выпущено около 150 тыс. ПК в разных вариантах. Было разработано несколько прикладных вариантов МК-85, в частности МК-85Б — Банковский — для шифрования авизо, остановивший поток рассылаемых фальшивок, и МК-85С — Сгурто — для других криптографических задач.

Итоги развития МСВТ с архитектурой PDP-11

МЭП был основным в стране производителем персональных компьютеров разных классов. По неполным данным, в течение 1979–2000 гг. предприятиями министерства выпущено и поставлено потребителям более 850 тыс. разработанных в Зеленограде ПК, больше, чем всеми другими ведомствами, вместе взятыми (табл. 2).

Таблица 2

Объём производства персональных компьютеров разработки зеленоградского НЦ⁵

Тип ПК	1979–1980	1981–1985	1986–1990	1991–1995	1996–2000	Итого
НЦ-80-10 – БК-0010/11	8	11275	147793	3026	-	162102
Тимур – УК-НЦ	-	25	290774	21367	-	312166
ДВК	-	7838	200421	19383	-	227642
Итого	8	19138	638988	43776	-	701910
МК-85		150000				150000
Итого						851910

⁵ Без учёта производства воронежским, смоленским и другими заводами МЭП, достоверных данных о которых автор не имеет.



Рис. 68. Первые зеленоградские учебные классы

Комплекты учебной вычислительной техники (КУВТ)

Первый зеленоградский класс для студентов и школьников установили летом 1983 г. в специальном помещении в общежитии МИЭТ (рис. 68, слева). Класс был оборудован 12 рабочими местами учащихся (РМУ) на основе ДВК-1 и НГМД-7012.

В марте 1985 г. в НИЦ был утверждён состав двух типовых комплектов для школ — Комплектных классов технических средств (ККТС):

- ККТС-1 (рис. 68, в центре) на основе ДВК-2М (рабочее место преподавателя — РМП) и 12 шт. ДВК-1М (РМУ);
- ККТС-2 (рис. 68, справа) на основе ДВК-2М (РМП) и 12 шт. БК-0010Ш (РМУ).

Такие классы открывались в школах и детских садах Зеленограда, Павловского Посада и некоторых школах Москвы. Было установлено по несколько десятков ККТС-1 и ККТС-2.

В середине 1985 г. в стране было введено понятие КУВТ — комплект учебно-вычислительной техники. Были утверждены единые требования к КУВТ и узаконено существование шести типовых КУВТ. Три из них — КУВТ ДВК (вариант ККТС-1), КУВТ-86 (вариант ККТС-2) и КУВТ УК-НИЦ — зеленоградского происхождения. Для оснащения школ были приняты в качестве типовых также КУВТ «Агат» (НИИВК, Минрадиопром), «Корвет» (НИИсчётмаш, Минрадиопром) и японский «Yamaha».

КУВТ ДВК

КУВТ ДВК выпускался с 1986 г. заводом «Квант» (Зеленоград) и Фрязинским заводом имени 50-летия СССР (г. Фрязино Московской обл.) в течение двух-трёх лет, пока не было развёрнуто массовое производство КУВТ УК-НИЦ.

КУВТ-86

КУВТ-86, разработанный в «Экситоне», имел несколько модификаций, различавшихся вариантами РМП на основе ДВК-2М, УК-НИЦ или БК-0011 и РМУ на основе БК-0010/-0010Ш/-0011/-0011Ш.



Рис. 69. Фрагмент КУВТ УК-НЦ

КУВТ-86 производились с 1986 по 1989 г. заводами: «Квант» (Зеленоград), «Экситон» (Павловский Посад), «Мезон» (Кишинёв), «Мион» (Тбилиси) и «Нуклон» (Шяуляй). Всего было выпущено более 4000 классов. «Экситон» поставил в школы страны 3 695 КУВТ различных типов (1985 — 50; 1986 — 982; 1987 — 1 032; 1988 — 897; 1989 — 734). Минимальная комплектация КУВТ составляла 12 РМУ, то есть только для школ заводом было

изготовлено и поставлено более 44 500 ЭВМ типа «Электроника БК-0010/0011».

КУВТ УК-НЦ (МС 0202)

КУВТ УК-НЦ (рис. 69) был разработан в 1985–1986 гг. в НИИ НЦ специально для учебных классов и удовлетворял всем требованиям, предъявляемым тогда к школьным ПЭВМ. УК-НЦ применялся и в РМП, и в РМУ. Все ЭВМ (РМП и до 16 МУ) объединялись двухпроводной кольцевой ЛВС. К любому РМУ можно было подключить кассетный магнитофон в качестве накопителя на магнитной ленте, а с применением дополнительного контроллера — и КНМЛ. В любую ЭВМ можно было вставить кассету ПЗУ с программами или информацией.

КУВТ УК-НЦ выпускался с 1987 по 1992 г. заводами «Квант» (Зеленоград), «СЭМЗ» (Солнечногорск), «Экситон» (Павловский Посад), «Мезон» (Кишинёв), «Мион» (Тбилиси) и «Нуклон» (Шяуляй).

Всего заводами МЭП для компьютеризации учебных заведений было произведено более 500 тыс. ПЭВМ, или более 38 тыс. комплектных классов.

Вычислительные системы на основе PDP-11-совместимых ЭВМ

Объём статьи не позволяет представить всю гамму прикладных систем, разработанных в НИИТТ/НИИ НЦ и производившихся «Ангстремом», «Квантом» и другими заводами на основе 16-разрядных микропроцессоров типов VM1–VM3/4. Перечислим основные из них:

- Системы числового программного управления (ЧПУ) «Электроника НЦ-16-31», «Электроника НЦ-80-31», «Электроника НЦ-82-31», «Электроника НЦ-85-31», МС 2106.

- Многофункциональные телеграфные коммутаторы «Электроника НЦ-Курумоч», «Электроника НЦ-80–32».
- Бортовые авиационные и космические компьютеры «Электроника-703», «Электроника НЦ-40Б», «Электроника НЦ-84Б» и «Электроника НЦ-96Б», программно-аппаратный комплекс «Нептун» и др.
- Блоки полупроводниковой памяти «Электроника НЦ-64К», «Электроника НЦ-256К», «Электроника НЦ-816К».
- Системы автоматизации проектирования и настройки аппаратных и программных средств «Электроника НЦ-603», «Электроника НЦ-803».

Случались и курьёзные разработки, например подарки Л.И. Брежневу, В.В. Гришину и др.

VAX-11-совместимые 32-разрядные ЭВМ

Одноплатная микроЭВМ «Электроника-32»

В 1989 г. в НИИТТ на основе микропроцессорного комплекта 1839 была разработана первая одноплатная 32-разрядная микроЭВМ «Электроника-32» (главный конструктор — С.А. Шишарин).

Фактически это был одноплатный вариант ЭВМ VAX-11/750. На двойной типовой плате конструктива «Электроники-60» и «Электроники-82» размещались процессор, системное ПЗУ, 4 Мбайт ОЗУ, разъём для его расширения до 4 Гбайт и последовательный порт ИРПС СМ ЭВМ (рис. 70).

Была выпущена опытная партия в несколько десятков ЭВМ, которые использовались в составе вычислительных комплексов в системах автоматизации проектирования, в том числе в составе разрабатываемой в НИИ НЦ инженерной рабочей станции «Электроника НЦ-ИРС-32». Но реформы в стране, приведшие к прекращению производства ЭВМ в Зеленограде, остановили её дальнейшее развитие.

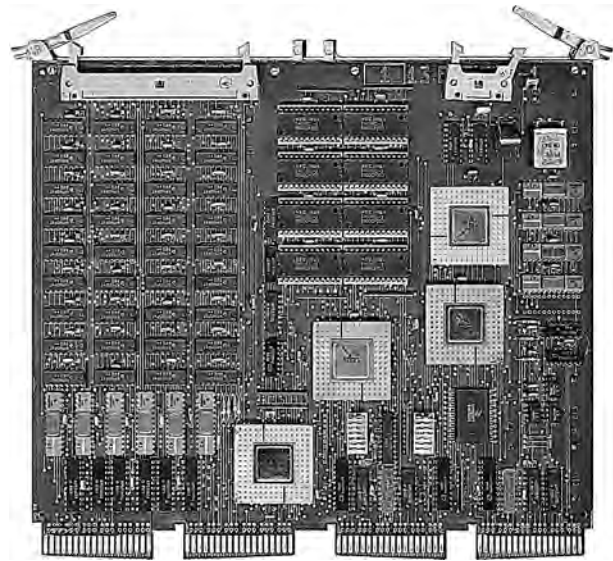


Рис. 70. 32-разрядная микроЭВМ

Электроника VAX/PC – «двуликий Янус»

К концу 1980-х годов широкое распространение получили IBM-совместимые ПК. Проникли они и в Зеленоград — вотчину ДВК. Чтобы иметь возможность пользоваться продуктами обоих направлений вычислительной техники, разработчики НИИТТ решили создать 32-разрядную ЭВМ, способную работать в операционных системах и DEC, и IBM. В качестве базовой была выбрана IBM-совместимая ЭВМ, для чего была разработана версия ЭВМ «Электроника-32», но конструктивно выполненная в виде слота для IBM PC с шиной PCI (рис. 71).

Установка этих ЭВМ в IBM-совместимый ПК превращала его в компьютер «два в одном». Требовалось только жёсткий диск разбить на два логических диска и произвести форматирование каждого из них в соответствующем формате, поскольку у DEC и IBM они разные. После этого обе ЭВМ могли работать параллельно, одновременно используя общий парк периферийного оборудования и обмениваясь информацией через системную шину PCI. Пользователю только оставалось с клавиатуры переключать видеомонитор на отображение работы того или иного процессора, но при необходимости это делалось и автоматически.

Слоты многие годы находились в эксплуатации, пока работали ПК с шиной PCI. Последняя «Электроника VAX/PC-2» была демонтирована в «Ангстреме» в 2006 г. ЭВМ вызвали определённый интерес у зарубежных специалистов (там прецедентов создания подобных устройств не было), а один экземпляр ЭВМ «Электроника VAX/PC-2» даже приобрёл музей компьютеров в США.

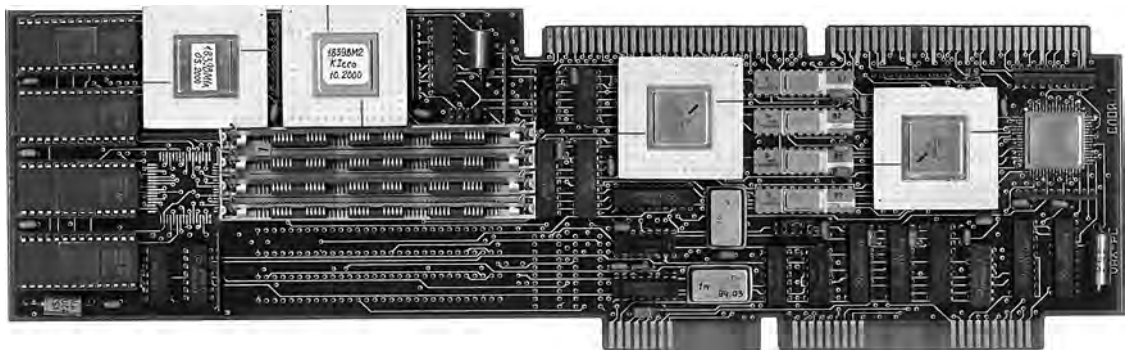


Рис. 71. Электроника VAX/PC-2

Инженерная рабочая станция «Электроника НЦ-ИРС-32»

В 1980–1990 гг. для разработки БИС и ЭВМ в МЭП использовались адаптированные зарубежные и собственные САПР. Наиболее мощные из них работали на ЭВМ «Электроника-82» — клоне ЭВМ VAX-11/750 фирмы DEC. В 1989 г. в НИИ НЦ начался проект создания их архитектурного аналога — ЭВМ «Электроника НЦ-ИРС-32» (рис. 72).

Основу ИРС-32 составляли две одноплатные ЭВМ «Электроника-32». Обе ЭВМ имели общее адресное пространство объёмом 8 Гбайт. Конструктивно ИРС-32 выполнялась в виде напольного блока типа Tower, в котором размещались: две «Электроники-32», платы ОЗУ, графический контроллер высокого разрешения с собственной видеопамятью, внешние ЗУ на гибких (НИИТМ, Зеленоград), жёстких (НИИТОП, Горький) и оптическом (НИИ «Пульсар», Москва) дисках, контроллеры принтера, плоттера и дигитайзера, сетевая Ethernet-карта, общий блок питания.

ИРС-32 представляла собой 32-разрядную двухпроцессорную систему с возможностью обработки 8-, 16-, 32- и 64-разрядной информации с фиксированной и плавающей запятой. Быстродействие — около 10 млн операций сложения 32-разрядных чисел в секунду. Микропрограммируемая система команд — 304 команды, 21 метод адресации, 32 РОН, 32 уровня прерываний. Связь между процессорами и с памятью — по быстрой 32-разрядной шине. Связи с периферийными устройствами — по МПИ.

В 1991 г. была изготовлена опытная партия ИРС-32 в количестве 10 комплектов, но без оптического диска и штатного видеомонитора (ЦКБИТ, Винница), разработка которых запаздывала. Началась отработка схемотехники и конструкции ИРС, постановка на неё программного обеспечения «Электроники-82». Но в это время МЭП прекратил своё существование, финансирование пресеклось, и работы над ИРС-32 постепенно прекратились.

IBM-переворот

Во второй половине 1980-х доминирующее положение IBM-совместимых ПЭВМ в мире стало очевидно всем. ПЭВМ с архитектурой PDP-11 никто в мире, кроме МЭП в СССР, не выпускал, даже DEC, ушедшая с рынка ПК после неудачной попытки (повторённой в Воронеже в виде ПК «Электроника-85»). Организовать достойную программную поддержку



Рис. 72. «Электроника НЦ-ИРС-32» с графопостроителем (слева), дигитайзером (справа) и принтером (на столе)

своим ПЭВМ МЭП не смог. Основной довод сторонников воспроизводства зарубежных ЭВМ (использование программного обеспечения оригиналов) работать перестал – не было в мире оригиналов. В связи с этим в 1989 г. в МЭП, в том числе в Зеленограде, дальнейшее развитие PDP-11-совместимых ПЭВМ было прекращено и начаты работы по созданию IBM-совместимых ПК.

В 1989 г. в НИИ НЦ был разработан первый такой компьютер СОМРАС-РС на киевском микропроцессоре K1810BM86, функциональном аналоге i8086. На основе полученного опыта сформирована огромная отраслевая комплексная программа развития нового направления – IBM-совместимых ПК. Были разработаны прототипы первых двух 16- и 32-разрядных моделей ПК-16 и ПК-32 (рис. 73) и программа по организации их производства. Программа предусматривала решение всех проблем по созданию ПК:

- воспроизводство новейших зарубежных БИС, всей номенклатуры полупроводниковых приборов, резисторов, конденсаторов, соединителей, переключателей и других компонентов в микроминиатюрном исполнении для поверхностного монтажа;
- воспроизводство всей гаммы новейших периферийных устройств для ПК;
- модернизацию действующих и организацию новых заводов для массового производства всего этого и многое другое.

Иными словами, была сформирована программа создания новой индустрии, включающей многие десятки НИИ, КБ и заводов с широчайшей внутриотраслевой кооперацией, направленная на создание в МЭП всей гаммы изделий, необходимых для производства и комплектации ПК. Программа была подготовлена, согласована со всеми многочисленными исполнителями и руководителями и представлена министру на утверждение в августе 1991 г. В это время в стране произошёл путч ГКЧП, за ним последовали развал СССР и ликвидация МЭП со всеми его программами. На этом развитие массовых средств вычислительной техники в стране и в Зеленограде было завершено, но разработка многочисленных специальных ЭВМ, выпускаемых тогда небольшими партиями, продолжалась.



Рис. 73. Прототипы ПК-16 и ПК-32

«Последний из могикан» советской компьютерной индустрии

Начатые в стране в середине 1980-х годов реформы, с одной стороны, постепенно разрушили МЭП вместе с его технической политикой, с другой — вынудили предприятия самим заботиться о своей судьбе, то есть искать своих потребителей. На примере одного такого поиска мы и остановимся. В 1990 г. начальник отделения микропроцессоров НИИТТ П. Машевич, находясь в командировке в Чехословакии, увидел в магазине Sinclair-подобный компьютер Didaktik Game, словацкий клон ZX Spectrum, в то время мирового хита компьютерной техники. Он посетил изготовителя компьютера фирму Didaktik Skalica. Ознакомившись с компьютером, П. Машевич предложил заменить 15 применённых в нём ИС средней интеграции одной полузаказной БИС. Для работы ему передали электрическую схему и образец Didaktik Game.

В результате в НИИТТ на основе БМК КА1515ХМ1 был разработан многофункциональный периферийный контроллер ТЗ4ВГ1 (позже — КР1515ХМ1–216). Для экспортных поставок БИС маркировался как ULA1.

Это была полностью оригинальная БИС, в которой были реализованы некоторые собственные решения. Например, видеопамять, отдельная и со своим контроллером в английском и чехословацком компьютерах, была схемотехнически объединена с ОЗУ с единым контроллером. Как только БИС поставили в компьютеры, те сразу же заработали. В результате Didaktik Skalica на несколько лет стала стабильным потребителем продукции завода «Ангстрем», и не только контроллера ТЗ4ВГ1, а всего выросшего вокруг него комплекта БИС. Позже была разработана и поставлялась БИС ТЗ4ВГ2 с контроллерами флоппи-диска и принтера.

Разрабатывать контроллер для Z80 и не иметь этот микропроцессор было бы нелогично. Поэтому одновременно была организована разработка аналога Z80 (главный конструктор — Ю.Л. Отрохов). Разработанный n-MOP микропроцессор ТЗ4ВМ1 (КМ1858ВМ1, КР1858ВМ1) — полный функциональный аналог микропроцессора Z80А. Для полноты комплекта в него ввели БИС ДОЗУ КР565РУ5 (64К×1) и БИС ПЗУ (16К×8) типа ТЗ4РЕ 1 (КР1013РЕ 1), содержащую прошивку встроенного ПО (интерпретатор BASIC и др.) для ZX Spectrum-совместимых компьютеров.

В таком составе комплект поставлялся Didaktik Skalica и многим другим потребителям. На его основе в Didaktik Skalica были разработаны и производились домашние компьютеры «Didaktik-M» и «Didaktik Компакт» со встроенным флоппи-диском и портом для принтера. Для «Ангстрема» на тот период этот комплект являлся одним из наиболее массовых продуктов.

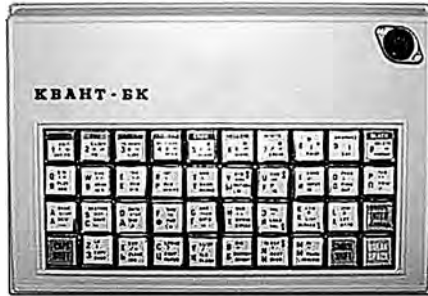


Рис. 74. Вариант 1 бытового компьютера «Квант-БК»



Рис. 75. Бытовой компьютер «Квант-БК» (МС 5030)

Этот же комплект вырубил и завод «Квант», рынок которого в 1990-е годы рухнул. Но это было время пика синклеромании в стране, и грех было этим не воспользоваться. В 1991 г. «Квант» заказал НПП «Кристалл», где были разработаны ДВК и УК-НЦ, ZX Spectrum-совместимый компьютер «Квант-БК» (главный конструктор — В.Е. Осипов). Первый вариант «Квант-БК» (рис. 74) сделан в покупном корпусе, а второй — в специально разработанном УКНЦ-подобном корпусе (рис. 75) со встроенным дисководом НГМД-6021, выпускаемым соседним заводом «Элак».

В этих модификациях «Квант-БК» выпускался примерно до 1995 г. и хорошо продавался. Конец этому благополучию положил завод «Элак». Имея запас НГМД на складе и видя, что они регулярно приобретаются «Квантом» и «Кристаллом» (других потребителей уже не было), «Элак» втрое поднял цены на накопители. Результат оказался печален для всех: покупать «Квант-БК» перестали.

На этом и закончилась история бытового компьютера «Квант-БК», названного в интернете «последним из могикан советской компьютерной индустрии».

Итог советского периода

Итак, мы кратко рассмотрели историю отечественного инновационного центра микроэлектроники советского периода.

Пришло время подвести итог этому периоду. Итог необходим не только и не столько для того, чтобы восхвалять или критиковать прошлое (а ведь нам есть и чем

гордиться, и о чём сожалеть!). Итог нужен, прежде всего, для понимания нашего дальнейшего поведения. Для понимания положительных и отрицательных явлений и решений в его развитии, для создания предпосылок формирования отношения властных и деловых структур страны к отечественной микроэлектронике и электронике в целом. Главное, нужно понять ошибки, чтобы не повторять их в будущем.

Начав практически с нуля (на месте южной промзоны было всего одно строение — силосная башня), но, опираясь на хорошо развитые в стране полупроводниковые и иные технологии и достижения, СССР смог создать мощную отечественную самодостаточную, функционально полную комплексную инфраструктуру микроэлектроники.

Перед её создателями, пришедшими в отрасль основном из аппаратостроительных предприятий, стояла конкретная задача: создать принципиально новые интегральные технологии для производства в виде микросхем тех устройств, которые раньше они делали из дискретных элементов. Что делать — было ясно. Главная задача — как? И эту задачу действительно пришлось решать с нуля, решать самостоятельно. И решили её успешно.

С позиций, что делать и как делать, и следует оценивать технический уровень советской микроэлектроники, поскольку между уровнем развития технологий и выпускаемых микросхем существовал явный разрыв: продукт (микросхемы) от технологий в основном отставал.

Попробуем разобраться в причинах этой парадоксальной ситуации.

О пресловутом отставании элементной базы

Рассказывая о вычислительной технике и иной радиоэлектронике, разработчики систем управления, радиолокаторов, компьютеров и других радиоэлектронных систем частенько «забывают», что именно уровнем развития комплектующих изделий определяется технический уровень их продукции. А если и вспоминают, то в основном для того, чтобы недостатки своих изделий списать на пресловутую «отсталость элементной базы».

Что же было на самом деле? Номенклатура ИЭТ весьма обширна и разнородна — от простейших резисторов до сложнейших микросхем. С самого момента зарождения электронной промышленности в стране в 1961 г. министр А.И. Шокин стремился реализовать принцип её опережающего развития относительно запросов потребителей на основе инициативных разработок отрасли. Но далеко не всегда потребители адекватно воспринимали эти инициативы. Так, 1 февраля 1973 г. на заседании

Таблица 3

Оценка МО технического уровня ИЭТ

Год разработки	Соответствие технического уровня разработок ИЭТ мировому, %	
	Отстаёт	Соответствует + опережает
1974	10,0	90,0
1976	9,0	67,0 + 24,0 = 81
1977	3,0	77,0 + 20,0 = 97
1980	12,9	87,1
1981	3,1	96,9
1982	4,0	96
1983	13,0	87
1984	5,3	94,7

Военно-промышленной комиссии (ВПК) при СМ СССР А.И. Шокин привёл следующий пример [15]: «МЭП инициативно разработал СВЧ-приборы миллиметрового диапазона, опережающие зарубежный уровень, но 5–6 лет эти приборы остаются не востребованными разработчиками РЭА — они не видят аналогов за рубежом и не хотят рисковать. Пример СВЧ ЭВП миллиметрового диапазона — не единственный». Именно инициативные разработки МЭП соответствовали мировому уровню, а нередко и превосходили его. Чтобы продемонстрировать преимущества созданных ИЭТ, недооценённых потребителями, МЭПу часто приходилось разраба-

тывать и аппаратуру на их основе. Сохранились [15] оценки уровня разработок ИЭТ, которые давало заказывающее 16 ГУ МО на ежегодных отчётах МЭП в ВПК, и выглядят они весьма достойно (табл. 3).

И если за мировой уровень принимать не рекордсменов, а некоторый спектр перспективных для применения в создаваемой аппаратуре изделий, что вполне справедливо, то многие наши ИЭТ этому спектру вполне соответствовали. Динамика развития отечественной электроники на основе такого подхода представлена на рис. 76. Здесь мировой уровень обозначен некоторой серой полосой совокупности параметров, верхняя граница которой соответствует рекордным характеристикам, а нижняя отделяет характеристики изделий, современных соответствующему периоду, от характеристик устаревших изделий. Характеристики основных отечественных изделий электроники представлены более тёмной узкой полосой. Кривая наглядно показывает, что в целом технический уровень отечественной электроники соответствует спектру характеристик мирового уровня, иногда проваливаясь вниз, а иногда и прорываясь в лидеры.

Все вышесказанное о техническом уровне отечественной электроники относится к разработкам и началу производства новых ИЭТ. Хуже обстояло с организацией их массового производства: МЭП всегда находился в состоянии острого дефицита мощностей серийных заводов, поэтому количественно их не хватало.

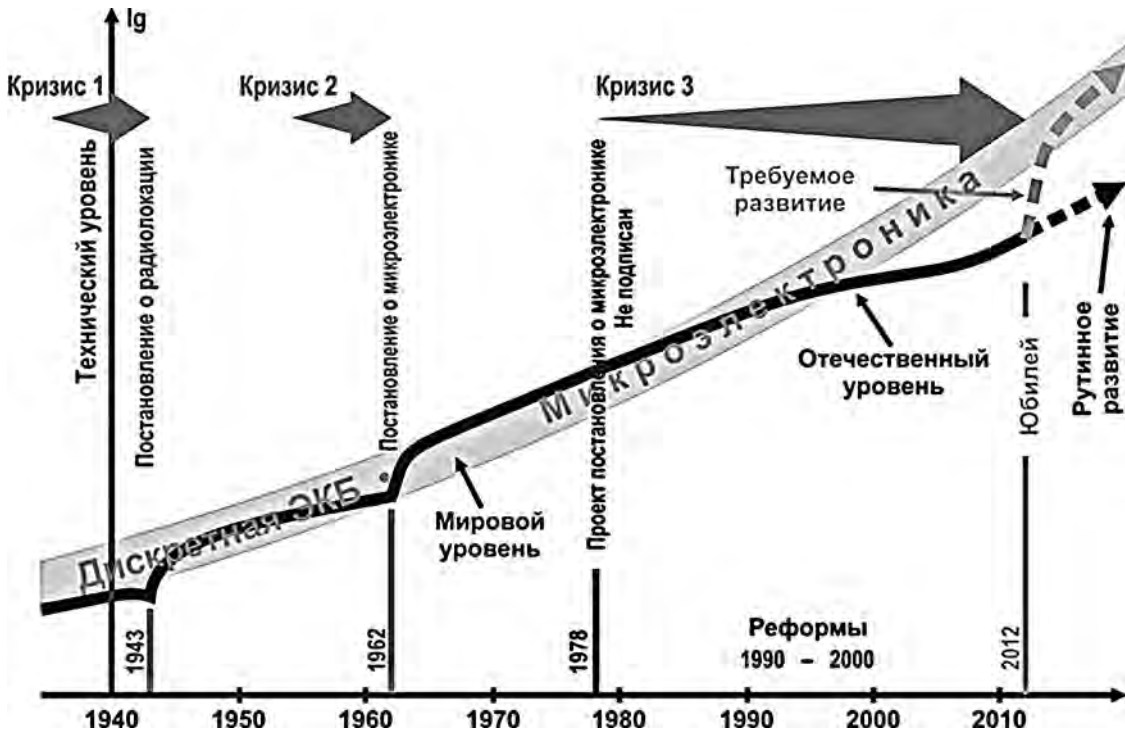


Рис. 76. Динамика развития отечественной электроники

Вынужденное «натуральное хозяйство»

Основой электронной промышленности являются новые технологии. В этом её принципиальное отличие, например, от аппаратостроения, в основе которого лежат новые архитектурные и схмотехнические решения. А микроэлектронные технологии требуют сверхчистых материалов, сверхсложного и сверхпрецизионного технологического оборудования, особых сверхчистых и без вибраций производственных помещений... Причём всё это нужно только микроэлектронике, то есть в относительно небольших количествах, невыгодных (в советском ценообразовании) производителю.

Эта особенность привела к тому, что профильные министерства (химики, металлурги, машиностроители, приборостроители, строители и др.) отказывались от разработок и производства для МЭП специальной продукции, соответствующей их специализации. А централизованная плановая система, которая вроде бы должна была решить эту

проблему волевым решением, не сработала. Государство не смогло (или не сочло нужным) заставить министерства выполнять свои профессиональные функции.

А в условиях противостояния двух систем в форме «холодной войны» с «балансированием на грани войны» (термины тех лет) импортировать что-то передовое не удавалось, только второстепенное. Страны НАТО во главе с США создали специальный международный комитет КОКОМ, который строго следил, чтобы ничего передового, стратегически важного в СССР и его союзникам не поставлялось.

В результате МЭПу приходилось всё делать самому. И он прекрасно справлялся с этой задачей, создавая новые технологии и всё необходимое для их промышленной реализации, строя опытные (для отработки новых разработок) и серийные заводы.

Но на тиражирование этих заводов в нужных количествах средств министерства не хватало. А государство средства на финансирование строительства заводов всё урезало и урезало, вследствие чего объём производства микросхем всё меньше и меньше соответствовал потребностям страны⁶.

Поэтому на заводы профильных инновационных центров, например зеленоградского по микроэлектронике, изначально задуманные как опытные, директивными документами было возложено серийное производство продукции, что, естественно, вело к снижению эффективности инновационных центров по созданию новой продукции.

Руководство МЭП предпринимало все возможные меры, чтобы исправить положение. Вот примеры выступлений А.И. Шокина на заседаниях ВПК, записи о которых сохранились у В.М. Пролейко [15]:

19.03.1975. *«МЭП вынужден производить более 1000 типов материалов и более 100 типов вынужден закупать по импорту».*

13.08.1975. *«Мы не можем получить от МРП, МПСС, МОП их стандартной метрики и оптики».*

7.04.1976. *«МЭП производит для себя всё технологическое оборудование, включая металлорежущие станки, и более 1000 наименований материалов, включая бескислородный кремний».*

⁶ Здесь для молодёжи, не знающей советских жизненных реалий, требуется пояснение. Основная прибыль, получаемая отраслями, перечислялась в госбюджет. Часть её, распisanную по статьям расходов, Госплан СССР возвращал затем в отрасли. Сколько вернуть – определялось высшими властными структурами, которых с 1980-х годов проблемы электроники, как небезызвестную крыловскую героиню под дубом, не очень-то волновали.

13.04.1977. «МЭП сегодня — 12 500 типов ИЭТ, 20 млн типономиналов, 340 тыс. договоров на поставку. Объёмы производства в 10-й пятилетке в полтора раза превышают суммарный объём четырёх пятилеток. МЭП сегодня в связи с уровнем микроэлектроники способен производить РЭА любой сложности. 100 типов материалов для МЭП закупаются за рубежом, хотя ещё на XXIII съезде КПСС было решено создать в СССР производство всего комплекса материалов для электронной промышленности. В МЭП самая низкая зарплата и худшее обеспечение среди МООП».

7.03.1978. «Сохраняется крупный дисбаланс: строят 20 заводов по производству цветных телевизоров и только один завод (вместо 10 необходимых) по производству ИС. Этот единственный завод микроэлектроники строится в Кишинёве уже 10 лет. О дисбалансе я говорю последние четыре года, а об отсутствии в МЭП необходимых материалов — много лет».

4.04.1981. «По-прежнему трудности с поставкой материалов для МЭП, поставкой из МПСС метрики. Мы не смогли добиться такого же отношения к микроэлектронике, как в США, где она объявлена высшим приоритетом».

24.02.1983. «В США со времён Картера высший приоритет отдаётся электронике, а МЭП СССР не обеспечен материалами и метрикой».

4.04.1984. «В стране никто, кроме МЭП, не производит электронные материалы. МЭП уже выпускает более 1000 наименований материалов, а более 100 получает по импорту.

Инициатива МЭП по разработке современных видов РЭА закончилась тем, что МО (Покровский, Иващутин, Белов) переадресовывают рода войск на заказы, которые должны выполнять МРП и МПСС, на МЭП. Это приведёт к развалу МЭП».

20 февраля 1985 г. А.И. Шокин комплексно коснулся принципиальных вопросов, определяющих уровень электроники:

«1. Технология: МЭП имеет 150 проекционных литографических установок стоимостью по 160 тыс. руб. А электронная промышленность США имеет 3200 установок стоимостью по 1 млн долл. Ежегодно США направляет 23 млрд долл. на развитие микроэлектроники.

2. Материалы: в МЭП поставляются материалы, которые не имеют ни ГОСТов, ни ТУ. На входном контроле заводов цветных кинескопов бракуется до 60% материалов. Глинозём для корпусов ИС не имеет ТУ. Ферритовые порошки не поставляются. Из 113 типов материалов, поставляемых по импорту, только на 47 типов подписаны контракты. Нельзя снабжать электронную промышленность материалами, качество которых никто не гарантирует.

3. *Оборудование: МЭП выпускает оборудование на 800 млн руб. в год. Электронной промышленности требуется оборудование с годовым выпуском в 3 млрд руб., МОМ, МРП, МПСС, Минприбор требуют поставки оборудования из МЭП на 5 млрд руб. Но наша главная задача — разрабатывать и производить для обороны и народного хозяйства СССР электронные приборы.*

4. *Радиоаппаратуростроение: МЭП за прошедший период 11-й пятилетки произвёл на основе микроэлектронных технологий РЭА на 4 млрд руб. Характеристики этого класса РЭА так понравились генеральному заказчику — Министерству обороны, что многие из родов войск стали заказывать РЭА номенклатуры МРП, МПСС, Минприбора, МЭТП прямо в МЭП. Но повторяю: это не наше дело, наша главная задача — разработка и производство современных высоконадёжных ИЭТ.*

5. *Положение электроники как традиционной третьесортной комплектующей отрасли (а не определяющей, как в США).*

6. *Нам не учитывают наши работы, пока не сданы конечные системы вооружения. Мы вынуждены производить ИЭТ разработки 1935 и даже 1928 года из-за нежелания производителя РЭА модернизировать её.*

7. *Электроника требует другого, государственного отношения к её развитию».*

Как видим, МОМ, МРП, МПСС, Минприбор и др., вместо того, чтобы обеспечивать МЭП оборудованием для производства необходимых им ИЭТ, уже требуют от МЭП поставки оборудования, соответствующего их специализации. А военные начали заказывать аппаратуру в МЭП. Комментарии, как говорится, излишни. Ситуация не поддаётся никакому пониманию. Но так было.

Даже этого короткого экскурса на заседания ВПК достаточно, чтобы понять невыносимость условий, в которых развивалась отечественная электронная промышленность. Тем не менее, несмотря на тяжелейшие условия, под руководством А.И. Шокина она развивалась самыми высокими в стране темпами (табл. 4, составленная на основе материалов книги А.А. Шокина [5]).

Их таблицы видно, что в дореформенный период темпы роста объёмов производства в МЭП всегда были значительно выше, чем в промышленности страны в целом, к 1990 г. — почти в 34 раза (!). При том что рост численности производственного персонала в МЭП был всего в 3,5 раза, а выработка на одного работающего — почти в 10 раз выше, чем в промышленности в целом.

Следовательно, эффективность производства в электронной промышленности была примерно в 10 раз выше, чем в среднем по промышленности в стране (и при

Оценка темпов роста объёмов производства относительно 1961 г.

Годы	Объёмы производства			Численность персонала			Относительный рост выработки на одного работающего:		
	Вся пром.	МЭП	МЭП/пром.	Вся пром.	МЭП	МЭП/пром.	Вся пром.	МЭП	МЭП/пром.
1961	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,0	1,00	1,0
1965	1,51	2,47	1,64	1,21	2,09	1,73	1,25	1,18	1,44
1970	2,27	7,51	3,31	1,40	3,46	2,47	1,62	2,17	1,34
1975	3,25	23,00	7,08	1,58	4,65	2,94	2,06	4,95	2,40
1980	4,03	54,80	13,60	1,71	5,53	3,23	2,36	9,91	4,20
1985	4,84	103,60	21,41	1,75	5,94	3,39	2,77	17,44	6,30
1990	5,52	185,30	33,57	1,68	5,86	3,49	3,29	31,78	9,66

этом, как отметил А.И. Шокин: «В МЭП самая низкая зарплата и худшее обеспечение среди МООП»).

Именно благодаря высочайшей эффективности работы отечественной электронной промышленности наша страна занимала уверенные, а часто лидирующие позиции в важнейших отраслях науки и техники. 13 августа 1975 г. на заседании ВПК министр общего машиностроения С.А. Афанасьев заявил: «Только благодаря МЭП с надёжностью ИС в 1 отказ на 100 миллионов и миллиард часов нам удалось создать новые ракеты». А в 2009 г. свою статью, посвящённую 100-летию А.И. Шокина, Ж.И. Алфёров начал словами [1]: *«Я очень высоко оцениваю советскую электронику, созданную под руководством её министра, Александра Ивановича Шокина в 60–80-е годы прошлого века. В 1970–1980-е годы существовали только три страны с развитой электроникой: США, Япония и СССР. Но по многим направлениям советская электроника занимала передовые позиции...»*

И всё же многие ИЭТ МЭП разрабатывал и производил по зарубежным аналогам, программируя этим отставание от мирового уровня. В народе этот процесс уничижительно назывался «передиром», официально — «воспроизведением».

Всегда ли так было, почему и как это происходило?

Всегда ли так было?

Рождение мировой микроэлектроники состоялось в 1962 г. и было связано с началом серийного производства первых полупроводниковых интегральных схем (ИС) фирмами Fairchild (серия “Micrologic”), Texas Instruments (серия SN-51) в США и РЭПП (полупроводниковой ИС Р12–2 и серии ГИС «Квант» на её основе) в СССР [2]. В СССР это событие ознаменовалось ещё и выходом Постановления ЦК КПСС и СМ СССР № 831–353 от 8 августа 1962 г. о развитии отечественной микроэлектроники и создании её инновационного центра — Центра микроэлектроники в будущем Зеленограде.

На вновь создаваемые предприятия микроэлектроники и в Зеленограде, и в других регионах страны пришли высококвалифицированные инженеры из радиоэлектронных предприятий, прекрасно понимающие свою задачу: создание новых интегральных технологий и соответствующих им конструкций изделий микроэлектроники. Но в этих вопросах отечественного опыта тогда почти не было, а о зарубежном опыте, который тоже был ещё ничтожно мал, информацию можно было почерпнуть только из редких и скудных публикаций — на свободном рынке микросхем ещё не было. Первые полупроводниковые ИС фирм Fairchild и Texas Instruments с 1962 г. поступали только для военных и космических программ, а первые из известных ГИС, анонсированные IBM в 1964 г., использовались ею только для новых ЭВМ системы IBM-360. И это всё, что имелось тогда в мире.

В этих условиях и началось создание советской микроэлектроники. Вновь образуемые коллективы сразу приступали к разработкам изделий принципиально нового тогда класса продукции, и, как правило, это им удавалось не хуже, чем их зарубежным коллегам. Некоторые примеры отечественных пионерских проектов мы уже рассмотрели.

Список отечественных изделий микроэлектроники первых лет весьма внушителен. В основном это оригинальные разработки, не имеющие прямых зарубежных аналогов. По своему техническому уровню большинство из них либо не уступали зарубежным образцам, либо превосходили их, как, например, ГИС «Талисман» из НИИТТ (см. рис. 20) с многослойным керамическим корпусом, за рубежом тогда ещё не известным. Иными словами, отечественная микроэлектроника в первые годы своего существования и технологически, и по параметрам изделий в целом соответствовала мировому уровню. Однако её золотой век, когда микроэлектронщики могли творить самостоятельно и использовать свои потенциальные возможности, продолжался недолго. В какой-то момент пришлось переходить на воспроизводство зарубежных образцов.

Почему?

Раскрутив за два-три года маховик создания микроэлектроники, МЭП вскоре оказался в кризисной ситуации. На него обрушился шквал заявок на создание и поставку широчайшей номенклатуры ИС. Многие потребители ИС занимались производством зарубежных образцов РЭА, выпускаемых самыми различными фирмами. И они требовали воспроизводства комплектующих изделий, в том числе ИС, применённых в оригиналах аппаратуры, причём часто через постановления ЦК КПСС и СМ СССР, обязательные к исполнению. Аналогично поступали и те, кто разрабатывал оригинальную аппаратуру. Они заказывали не ИС по электрической схеме заказчика, с такой-то функцией и такими-то параметрами, а называли зарубежный аналог и требовали в точности его воспроизвести. Так, в 1971 г. от потребителей поступило более 3 тыс. заказов на воспроизводство ИС при возможностях МЭП выполнить около 150 разработок. В перспективе такая практика приводила к необходимости воспроизводства всей мировой номенклатуры ИС, а значит, к воспроизводству всех многократно дублированных разными фирмами технологий, мирового парка разнообразного (и также многократно дублированного) технологического оборудования (а оно в микроэлектронике очень сложное и очень дорогое), особо чистых материалов и т. п. Эта абсурдная задача не по силам ни одной стране, тем более скромному по своим возможностям МЭП.

Решение проблемы могло быть только одно: резкое ограничение непомерных запросов аппаратурщиков до возможностей микроэлектронщиков. Это требовало большой работы с потребителями, фактически постоянного и тяжёлого сотрудничества и борьбы с ними. И форма такого «сотрудничества в борьбе» была найдена — ежегодная заявочная кампания, описанная выше.

Заявочную кампанию по изделиям микроэлектроники проводил зеленоградский Научный центр — головной в отрасли по микроэлектронике. А проведение заявочной кампании по разделу «Микропроцессоры» от их появления и до ликвидации МЭП было одной из моих служебных обязанностей. И за все эти без малого два десятка лет ни от одного потребителя не поступило ни одной заявки на разработку микропроцессора с заданными функциями и характеристиками. Все заявки были на воспроизведение конкретных зарубежных аналогов, причём самых разных. Та же картина наблюдалась и по другим разделам: «Память», «Логика», «ЦАП–АЦП», «Операция»...

Так, под давлением потребителей оригинальные разработки в МЭП постепенно были вытеснены и замещены воспроизводством зарубежных аналогов. И тут началось самое интересное: заказчики наперебой стали обвинять МЭП в «отставании

элементной базы». То есть в том, что заказанные ими же МЭПу аналоги зарубежных ИС появлялись у нас в стране позже, чем их оригиналы за рубежом. Назвать подобные обвинения иначе как абсурдными и аморальными просто нельзя.

Невостребованные возможности

Устав от аморальных обвинений в «отсталости» элементной базы и понимая, что «идуший следом никогда не догонит», МЭП в 1978 г. в форме отраслевого стандарта ОСТ 11 348.901–78 [18] (с 1987 г. — ГОСТ- 27394–87) разработал процедуру и технологию метода совместного проектирования БИС. В разработке стандарта активное участие принимали 22 ЦНИИИ МО и 16 ГУ МО (рис. 77, 78).

Расчёт был на интеллект аппаратурщиков, в то время ещё имевших (даже среди «передиравших» РЭА) огромный опыт создания систем на основе дискретных приборов и ИС низкой и средней степени интеграции. В это время МЭП вышел на уровень серийного производства микропроцессоров и других функционально сложных БИС, то есть вплотную приблизился к микроэлектронной реализации устройств. Предполагалось, что разработчики радиоэлектронных систем захотят реализовать свои заделы, свои оригинальные структурные и схемотехнические решения, свои ноу-хау (которых тогда было ещё много) в интегральном исполнении в виде БИС, захотят сохранить за собой приоритет новизны своих решений. Фактически ОСТ приглашал аппаратурщиков к творческому сотрудничеству с микроэлектронщиками (рис. 79). Он позволял создавать оригинальные БИС и тем самым избавиться от пресловутого воспроизводства и связанного с ним отставания и элементной базы, и РЭА.

Чтобы донести идею предлагаемого метода до потенциальных партнёров, в журнале «Электронная промышленность», в то время весьма популярном как среди микроэлектронщиков, так и аппаратурщиков, была размещена статья [19], обосновывающая и подробно описывающая суть метода.

Предложение строилось не на пустом месте. Этот метод уже был практически апробирован и отработан в Зеленограде при создании микропроцессоров серий К587, К588, К1802 и (с ГДР) К1883.



Рис. 77. Основные разработчики ОСТ 11 348.901-78. Слева направо: Б.М. Малашевич (СКБ НЦ), А.И. Шуклин (16 ГУ МО), Ю.Г. Щебаров (22 ЦНИИИ МО)

А через два десятка лет метод совместного проектирования получил распространение во всём мире в виде деинтеграции процесса создания ИС на этапы “Front-End” (этап архитектурно-схемотехнической разработки) и “Back-End” (этап конструкторско-технологической разработки) (см. рис. 79).

Но ОСТ опередил своё время. Отечественные аппаратурщики оказались психологически не готовы к участию в создании БИС — серьёзных технических препятствий к тому не было. Они так и не смогли отказаться от порочной практики заказов воспроизводства зарубежных аналогов, обрекающей их на отставание от зарубежных конкурентов.

Только с появлением базовых матричных кристаллов (БМК) некоторые потребители начали потихоньку включаться в процесс создания полузаказных БИС, но весьма робко и очень медленно.

Таким образом, на вопрос: «Почему МЭП воспроизводил зарубежные ИС?» следует однозначный ответ: по требованию потребителей.

Рассмотрим, как осуществлялось воспроизводство?

Как, или Кажущаяся простота

Непосвящённым может показаться, что МЭП так легко скатился на воспроизводство, потому что этот путь значительно проще технологически. Якобы берётся чужая микросхема и повторяется «один в один», ничего придумывать и изобретать не нужно (часто пишут: «не смогли даже содрать точно!»).

Это абсолютно безграмотная, дилетантская позиция, потому что «содрать точно» принципиально невозможно. Потому что прежде чем приступить к «воспроизводству»

Для служебного пользования
Экз. В 47

<p>СОГЛАСОВАНО</p> <p>В/ч 25580 Командир <i>Р. П. Покровский</i> Р. П. Покровский "18" июня 1978 г.</p>	<p>УТВЕРЖДЕНО</p> <p>Организация п/я А-1501 Заместитель руководителя В. Г. Колесников "18" июня 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.XII.1981г.
Организация п/я Г-4515

<p>Заместитель руководителя Начальник отдела стандартизации Начальник сектора Начальник отдела Руководитель разработки, начальник лаборатории</p> <p>СОГЛАСОВАНО</p> <p>от В/ч 67947 Командир Заместитель командира Руководитель разработки Исполнители: от в/ч 25580-Б СОГЛАСОВАНО В/ч 25580-В</p>	<p><i>А. А. Васильков</i> А. А. Васильков <i>Д. С. Кацовский</i> Д. С. Кацовский <i>В. В. Терехов</i> В. В. Терехов <i>В. А. Шахнов</i> В. А. Шахнов <i>Б. М. Чаламович</i> Б. М. Чаламович</p> <p><i>Л. П. Галазов</i> Л. П. Галазов <i>И. Ф. Усольцов</i> И. Ф. Усольцов <i>Н. А. Бодрежковская</i> Н. А. Бодрежковская <i>И. С. Кручинкин</i> И. С. Кручинкин <i>В. Г. Езбаров</i> В. Г. Езбаров <i>А. И. Булкин</i> А. И. Булкин</p> <p><i>Е. А. Чоловский</i> Е. А. Чоловский <i>А. П. Гривачев</i> А. П. Гривачев <i>С. В. Якубовский</i> С. В. Якубовский <i>В. М. Продевкин</i> В. М. Продевкин</p>
---	---

Рис. 78. Лист утверждения ОСТ II 348.901-78

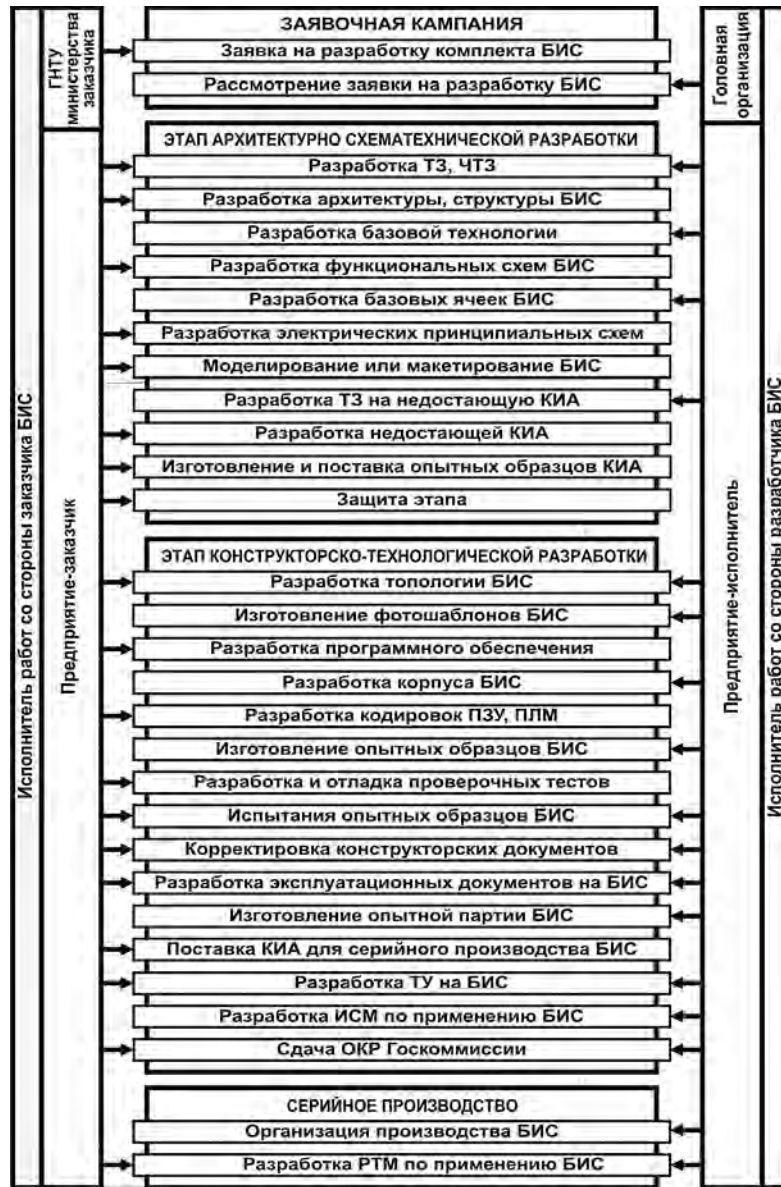


Рис. 79. Приложение 2 (обязательное) к ОСТ 11 348.901-78

какой-либо ИС, надо создать комплексную научную и производственную инфраструктуру, соответствующую техническому уровню воспроизводимой ИС. Подчеркнём — прежде!!!

Именно поэтому за рубежом «воспроизводством» занимаются только мощные полупроводниковые фирмы с технологическим уровнем, соответствующим уровню производителя оригинала. А они этим широко занимались и занимаются.

Значит, и МЭПу, прежде чем приступить к воспроизводству ИС, нужно было создать соответствующие:

- технологии,
- особо чистые материалы,
- сверхпрецизионное оптико-механическое и иное технологическое оборудование,
- контрольно-измерительное оборудование,
- системы автоматизации проектирования,
- системы управления технологическими процессами,
- и многое, многое другое.

И всё это растиражировать в необходимых для оснащения заводов объёмах.

На это требуются годы.

И только тогда, когда всё это сделано, опробовано и аттестовано, когда подтверждены возможности вновь созданной технологии, можно приступить к созданию (или «воспроизводству») ИС.

И уже неважно, будут ли они оригинальными или сделаны по аналогу, поскольку все они конструктивно и технологически оригинальны, так как полупроводниковые технологии у всех производителей разные и точно повторить сделанное на чужой технологии невозможно. Если взять комплект фотошаблонов ИС одной фирмы и запустить их в производство другой фирмы с таким же уровнем технологии, ничего не получится.

Всё вышеуказанное МЭПу приходилось делать самостоятельно, поскольку организованный странами НАТО международный комитет КОКОМ изолировал СССР от международной кооперации и строго следил, чтобы ничего прогрессивного в нашу страну не попадало, — шла «холодная война».

И эта сложнейшая инфраструктура создавалась практически одновременно с зарубежными фирмами. Из исторического факта, свидетельствующего о том, что ДОЗУ 64 Кбит фирма Intel и завод «Ангстрем» начали производить почти одновременно, в 1979 г. (Intel всего на несколько месяцев раньше), следует, что заниматься созданием необходимых для этого инфраструктур за несколько лет до того они начали тоже

практически одновременно и, естественно, независимо друг от друга, так как заимствовать ещё было нечего. Вопросы «что создавать» перед специалистами, освоившими предыдущий уровень технологии, не стояло. Им это было совершенно ясно. Трудности заключались в том, как получить нужные результаты, и каждая фирма решала эти вопросы сама. Поэтому технологии разных фирм уникальны, не взаимозаменяемы. Не зря главной проблемой, особо охраняемым секретом в эпоху именно микроэлектроники стало «знаю как» (know-how). Поскольку со «знаю что» обычно всё ясно. И советским микроэлектронщикам проблему «как» приходилось решать самостоятельно, естественно, используя все доступные источники информации о работах зарубежных конкурентов (те поступали так же — технический шпионаж всегда был, всегда будет, и никто от него никогда не отказывался). И проблему всегда решали своевременно.

Именно поэтому МЭП, как правило, был готов принимать заявки на воспроизводство зарубежных ИС сразу по их появлении на рынке. Именно поэтому советская микроэлектроника входила в тройку мировых лидеров, занимая почётное второе место по изделиям военного назначения и третье — по изделиям индустриального и коммерческого назначения, иногда вырываясь вперёд. И это в условиях фактической блокады нашей страны от мировых достижений науки и техники международным комитетом КОКОМ с его 250-страничным перечнем научно-технической продукции, запрещённой для поставки в СССР и его союзникам. И именно поэтому СССР был единственной в мире страной, обеспечивающей свои (и союзников) потребности в изделиях электронной техники всех видов и классов (США, Европа, Япония широко пользовались недоступной для СССР стараниями КОКОМ международной кооперацией, в том числе и для военных систем). Уровень развития советской микроэлектроники обеспечивал возможность создания и тиражирования лучших в мире ракет, самолётов, подводных лодок и много другого. А если иногда чего-то недоставало, то не более, чем в других отраслях.

Последствия

Навязанная и ежегодно подкрепляемая потребителями практика «воспроизводства», кроме задержки появления в нашей стране новых ИС, имела ещё два негативных последствия в самом МЭП.

Во-первых, многие руководители МЭП и его предприятий постепенно привыкли к этой практике, которая существенно облегчала им жизнь, в значительной степени избавляя их от ответственности за качество номенклатуры ИС. Они долго сопротивлялись. Например, 7 марта 1978 г., на заседании ВПК с отчётом МЭП за 1977 г. А.И. Шокин заявил: *«То, что нас заставляют разрабатывать аналоги зарубежных ИС, а не дают нам совершенные и перспективные системно- и схемотехнические*

отечественные решения для создания БИС, тормозит развитие как МЭП, так и МООП в целом» [15]. Но там же прозвучало и заявление Л.И. Горшкова, зам. председателя ВПК: «МЭП должен разработать аналоги более 100 типов зарубежных БИС».

Во-вторых, в большинстве НИИ и КБ МЭПа, разрабатывавших ИС, так и не были созданы коллективы, способные на самостоятельную архитектурную, структурную и схемотехническую разработку оригинальных ИС. Все силы были направлены на «срисовывание» топологий чужих ИС, восстановление из этих топологий электрических схем, переработку схем под возможности своей технологии (с неизбежной корректировкой схем), разработку своей топологии и т. п. Воспроизводство — это тоже своего рода профессия, наука и искусство.

«Можем мы и сами шевелить усами»

В МЭП были коллективы и специалисты, которые «воспроизводить» микропроцессоры и другие БИС не хотели да и не умели (это, как уже было сказано, тоже искусство и профессия), а разрабатывали их самостоятельно, потому что имели в своей предыстории богатый опыт создания различных ЭВМ и соответствующую квалификацию, опыт, научные заделы. В первую очередь, это коллективы СВЦ (переведённого затем в НИИТТ, а затем в НИИ НЦ) в Зеленограде и ЛКТБ «Светлана» в Ленинграде. Все их разработки были оригинальны, и именно они успешно конкурировали с зарубежными достижениями, будучи предметом гордости МЭП. В числе их разработок и ЭВМ с архитектурами НЦ и С5, и однокристалльные ЭВМ К1801ВЕ 1 и К586ВЕ 1 (табл. 5), и однокристалльные микромодули серий 1801, 1809, 1806, 1836, и светлановские фрагментно-модульные БИС — предшественники IP-блоков и систем на кристалле (СнК) и многое другое.

Если бы предприятиям МЭП не помешали закрепить первый опыт создания оригинальных ИС и если бы потребители включились в процесс создания ИС в части перспективной номенклатуры и схемотехники, наша микроэлектроника и радиоэлектроника развивались бы по иному пути. Но этого не произошло. В первую очередь — по вине потребителей, навязавших «воспроизводство» аналогов, во вторую — по вине руководителей МЭП и большинства его предприятий, которые либо не смогли, либо не захотели противостоять этому давлению.

В результате многие предприятия МЭП оказались в нелепой ситуации — их продукция отставала от их возможностей. Они разрабатывали и внедряли новые полупроводниковые технологии, оборудование и материалы, обычно соответствующие мировому уровню, а иногда и опережающие его. Они прекрасно разрабатывали топологии ИС, успешно выпускали ИС в массовом производстве (к сожалению, в недостаточных объёмах). И умея всё это делать в целом не хуже зарубежных коллег

Сравнительные характеристики однокристальных ЭВМ

Характеристика	TMS 9940	K1801BE1 (ИЦ-80Т)	K586BE1 (С5-31)
Разрядность данных, бит	1, 8, 16	1, 8, 16, 32	1, 8, 16
Разрядность АЛУ, бит	8	16	16
Число команд	58	404	132
ОЗУ, бит	128×8	128×16	128×16
ПЗУ, бит	2Ю×8	1К×16	1К×16
Время сложения, мкс	3.2	3.1	2.0
Число уровней прерываний	4	5	3
Ввод-вывод	32 программируемые линии	16 бит магистраль, 32 бит последоват. канал ввода-вывода	16 бит магистраль, 5 каналов ввода-вывода, 8-бит последоват. канал

(во всяком случае, до 1980-х годов), они были *вынуждены* «воспроизводить» чужие изделия, то есть двигаться вперёд со значительным отставанием от своих возможностей. Многолетней практикой заказов «воспроизводства» зарубежных ИС потребители сами «рубят сук, на котором сидели». И срубили: эта практика не позволяла реализовать потенциальные возможности ни микроэлектронщикам, ни аппаратурщикам.

Подводя итоги, нельзя не отметить, что ни одно из достижений отечественной радиоэлектроники и вычислительной техники (их было множество, а могло быть много больше, если бы не практика «воспроизводства») не было бы возможно без соответствующих и *опережающих* достижений отечественной электронной промышленности, о которых так часто забывают.

А помнить о них необходимо.

Во-первых, свою историю нужно знать, чтобы понимать свои возможности и не повторять ошибки, чтобы пресечь зарождение комплекса неполноценности, который из-за нашей забывчивости уже, к великому сожалению, зародился и развивается.

Во-вторых, чтобы новые поколения, ориентируясь на дела отцов и дедов, стремились не только восстановить комплексную самодостаточную отечественную микроэлектронику, но и вывести её на мировой уровень (см. рис. 76).

А без своей микроэлектроники в диапазонах микро- и наноразмеров нашей стране не обойтись. Это одно из необходимых условий жизнеспособности России.

Закат

«В начале 1978 г. в НЦ были подготовлены предложения о мерах по развитию разработки и новых мощностей производства ИС в стране, в которых были намечены рубежи по созданию и выпуску новых поколений СБИС, материалов, оборудования, САПР, контрольно-измерительной аппаратуры в МЭПе. Была обоснована необходимость привлечения министерств, отвечающих за получение различных материалов (Минхимпром, Минцветмет, Минчермет), создание оптико-механического оборудования (Минобронпром), контрольно-измерительного оборудования и мощных перспективных САПР (Минрадиопром, Минпромсвязь, Минприборостроения). Предполагалось построить в Зеленограде в 1979–1983 гг. 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, имеющими хорошую высшую школу. В течение первой половины 1978 г. все документы были подготовлены, согласованы с участниками и соисполнителями и направлены в правительство. Однако рассмотрение предложений было отложено на несколько лет, в основном по настоянию руководства Москвы, из-за приближающейся Олимпиады-80, и время было упущено. <...> Правительство сначала отодвинуло сроки подписания Постановления, а затем, подписав его, значительно урезало финансирование, необходимое для строительства новых НИИ и заводов, реконструкции и перевооружения имеющихся мощностей, сократило объём обеспечиваемых работ и отодвинуло сроки реализации ряда проектов. Это решение сильно затормозило развитие микроэлектроники в нашей стране» [20].

В результате примерно с 1980 г. началось прогрессирующее технологическое отставание отечественной микроэлектроники. Кроме недостаточной государственной поддержки, негативное влияние оказало и отвлечение имеющихся ресурсов отрасли на разработку и массовое производство непрофильной продукции, в том числе вычислительной техники. Фактически произошло коренное изменение специализации МЭПа, противоречащее его изначальному назначению. Эта позиция публично была сформулирована министром МЭП В.Г. Колесниковым в конце 1980-х годов на заседании расширенной Коллегии МЭП, в подготовке и проведении которой я участвовал. Коллегия была посвящена программе развития МСВТ. Во вступительном слове министр сказал: «УМЭПа

имеются три главных направления: микроэлектроника, МСВТ и видеотехника». Из трёх главных два для МЭП непрофильные по определению. И это были не просто слова.

МЭП начал конкурировать с Минрадиопромом и Минприбором на их полях — выпуске персональных компьютеров. Их МЭП выпустил больше, чем все другие ведомства, вместе взятые, а видеомагнитофоны выпускались только в МЭП. Значительная часть ресурсов министерства была направлена на создание в МЭП огромной аппаратостроительной индустрии — это десятки НИИ, КБ и заводов, создававших и тиражировавших МСВТ, видеотехнику, бытовую электронную аппаратуру. На их создание работало всё министерство. Откуда же брались необходимые для этого интеллект, людские, материальные и финансовые ресурсы? Естественно, за счёт профильной продукции, в том числе и за счёт микроэлектроники. Ведь ресурсы министерства были ограничены, и их, как мы уже отмечали, остро недоставало для развития необходимых мощностей серийного производства микросхем.

И в Зеленограде строились непрофильные для МЭП серийные заводы: «Квант» для персональных ЭВМ и «Элак» для накопителей на магнитных дисках. Причём «Квант» разместили *«на площадях строящегося завода «Микрон», где первоначально планировалось производство эпитаксиальных пластин»* [20], а «Элак» — на территории, ранее выделенной для развития «Элиона», выпускающего контрольно-измерительное и спецтехнологическое оборудование для производства ИС. А средств на новые производства для «Ангстрема», «Микрона» и «Элиона» не нашлось: правительство достаточных средств не выделило, а имевшиеся в МЭП использовались на непрофильные нужды. Аналогичная ситуация сложилась и в Воронеже (там был построен завод «Процессор» для производства мини- и микроЭВМ). В других регионах строились заводы для производства: компьютеров, матричных, струйных и термопринтеров; внешних ЗУ на гибких и жёстких дисках, на магнитных лентах; видеомониторов; графопостроителей, дигитайзеров и других устройств вычислительной техники.

В результате оптимальный момент для перевооружения отрасли был упущен, что и привело к неуклонному, всё возрастающему технологическому отставанию. А начатое в 1988 г. совместно с германской фирмой Meissner&Wurst строительство в Зеленограде нового производственного корпуса, ориентированного на субмикронные технологии, затянулось — и опять же из-за дефицита средств. Между тем *«немцы брались построить завод “под ключ” за три года»* [20]. В итоге в 1991 г. основной корпус завода построили и к концу 1993 г. оснастили всем инженерным оборудованием, но запустить в строй помешали проходившие в стране реформы. И только сейчас (2018 г.) он вроде бы начинает работать под именем АО «Ангстрем-Т».

Таким образом, можно констатировать, что развитие в МЭП аппаратостроения, наряду с другими причинами, сыграло резко негативную роль в судьбе отечественной микроэлектроники. Автору, отдавшему многие годы развитию вычислительной техники именно в МЭПе, нелегко смириться с таким выводом — выходит, что многие годы проработал «во вред». Но что было, то было.

Ещё более мощный удар по отечественной микроэлектронике нанесли реформы в стране в 1990-е годы.

Понеся большие потери, российская микроэлектроника всё же выстояла и в настоящее время постепенно восстанавливается. Но о восстановлении необходимой стране комплексной инфраструктуры микроэлектроники, обеспечивающей её и страны независимость от произвола Госдепа США, даже речи не идёт.

Современное состояние

В результате реформ (были же в них и положительные моменты, но, к сожалению, меньше, чем хотелось и могло бы быть) наша страна получила открытый доступ к рынку потребительской и индустриальной микроэлектроники и вычислительной техники. Необходимость «изобретать велосипеды» отпала, и это плюс. Любые БИС потребительского или индустриального применения можно купить по весьма умеренным ценам. Пока это выгоднее. И это делается многими фирмами России, разрабатывающими на основе покупных микросхем свои вычислительные и управляющие системы самых различных уровней сложности.

Однако в специальной, военной технике ничего не изменилось: Госдеп США строго лицензирует их поставки России. А неуклонно ужесточаемые санкции вообще запрещают поставки России стратегически значимых изделий. Так, с 27 августа Госдепартамент США прекращает выдачу лицензий на экспорт российским государственным компаниям... продукции двойного назначения, которая может быть использована в военных целях.

Если мы хотим сохранить свою страну, мы должны всё необходимое для стратегически значимых систем (СЗС) делать сами. Иначе в случае конфликта с бывшими «заклятыми врагами», а ныне с «заклятыми друзьями» (в данном случае это синонимы), наши СЗС могут начать вытворять всё что угодно, а не то, что нужно.

Необходимость обеспечения национальной безопасности требует использовать в СЗС микроэлектронику и вычислительную технику, гарантированную от встроённых аппаратных и программных диверсионных закладок. И гарантированные их поставки в течение длительного срока (специальная техника от короткоживущей

потребительской и индустриальной отличается в разы более длительными сроками существования — по 10 лет и более). Обеспечить эти гарантии можно, только имея полный контроль над созданием специальных микроэлектроники и вычислительной техники. Значит, их разработки необходимо проводить исключительно в нашей стране и под жёстким контролем приёмки Генерального заказчика. В связи с этим задача состоит не столько в импортозамещении (о чём говорят и что-то делают, не всегда понимая, что это такое), сколько в импортоисключении микроэлектроники в новых разработках СЗС.

Российской Федерации, чтобы гарантировать своё существование в качестве великой державы, необходимо строить свою комплексную, самодостаточную, независимую специальную микроэлектронику. Для этого нужно сделать шаг, аналогичный сделанному в 1962 г. А.И. Шокиным и Н.С. Хрущёвым, когда А.И. Шокин «со товарищи» поняли проблему, подготовили предложения по её решению и смогли убедить Хрущёва в необходимости её решения.

С современным эквивалентом Хрущёва проблемы вроде бы нет. Есть такой человек, который способен понимать и оценивать масштаб проблемы и при необходимости принимать радикальные решения. Но ведь кто-то, как тогда А. Шокин «со товарищи», должен подготовить ему соответствующие материалы.

А вот с этим-то как раз проблема: во властных структурах не видно современного «Шокина». И «сотоварищей».

Между тем трудно представить, чтобы в России их не было!

Явно их нет в Минпромторге РФ. Микроэлектроника — это прежде всего технология, а людей, глубоко понимающих эту технологию и её специфику, там, похоже, вообще нет.

В советское время ходил анекдот: *«Встречаются два друга:*

— *Чем занимаешься?*

— *Науку вбок толкаю.*

— *Как это?*

— *Вперёд — ума не хватает, назад — начальство не даёт».*

Нынешний Минпромторг микроэлектронику «вбок толкает».

В подтверждение этого приведу последнюю из трёх статей по проблемам микроэлектроники, опубликованных мною в марте 2016 г. в распространяемом в высших властных и деловых структурах страны информационно-аналитическом издании «Советник Президента» [21]:

Об отечественной электронике, или о пироги пекущих сапожниках

На сайте Минпромторга РФ опубликован приказ № 662 от 31 апреля 2015 г. «Об утверждении отраслевого плана мероприятий по импортозамещению в Радиоэлектронной промышленности РФ» (далее План). Ознакомление с ним обескураживает.

К такому выводу я пришёл на основе опыта формирования и координации реализации шести 5-летних отраслевых Комплексно-целевых программ (КЦП) развития микропроцессоров и компьютеров в МЭПе СССР. Сравнение оправданно, поскольку эффективность системы планирования разработок в МЭП была высокой. Наша микроэлектроника входила в тройку мировых лидеров.

Возник вопрос о причинах низкого качества Плана. Или Планов? Ведь он не мог быть утверждён без согласования в рабочем порядке в органах Правительства, Совета безопасности или Аппарата Президента. И всех удовлетворил. Значит, он типичен в России, а причина его низкого качества носит общесистемный характер? Чтобы убедиться, я рассмотрел и Федеральную целевую программу «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники» (ЭКБ и РЭ) на 2008–2015 гг. Вывод подтвердился.

Рассмотрим основные недостатки этих документов, сравнивая их с КЦП.

Важной частью КЦП была пояснительная записка. В ней проводился анализ и прогноз состояния вида продукции в стране и за рубежом, перспективные требования потребителей, стоящие перед отраслью задачи... На его основе строилось дерево целей КЦП, разрабатывались научно-техническая концепция и комплекс мероприятий по её реализации. Формировались функционально-параметрические ряды унифицированных изделий... Далее следовал перечень разработок по созданию конкретных изделий с указанием их названий, параметров, исполнителей, заказчиков, сроков и стоимости разработок и других исходных данных, необходимых для достижения целей.

Что же в Плате?

Пояснительной записки нет. Значит, нет ничего вышесказанного. А кроме того, в ней необходимо было определить, что же из множества продукции радиоэлектроники подлежит импортозамещению, где оно принципиально важно и первостепенно, где можно подождать, а где им вообще не нужно заниматься.

Следовало бы проанализировать и само понятие «импортозамещение» применительно к радиоэлектронике. Прямое импортозамещение применимо в основном для конечного продукта, поступающего потребителю. Но во многих случаях оно практически неприменимо для покупных комплектующих изделий (ПКИ), используемых при производстве других, более сложных изделий, так как требует наличия отечественного взаимозаменяемого аналога. Что при отсутствии межфирменной унификации многих видов импортируемых ПКИ в основном невозможно.

Поэтому понятие «импортозамещение» применительно к ПКИ в серийно выпускаемой продукции в большинстве случаев бессмысленно. Нужно либо смириться с применением в какой-то аппаратуре импортируемой ПКИ, либо заново создавать эти ПКИ в стране, либо перепроектировать аппаратуру на основе отечественной ПКИ. Значит, нужно определить, что из производимой радиоэлектроники можно оставить в покое, а что — перепроектировать. Для перепроектируемой и вновь создаваемой аппаратуры понятие «импортозамещение» заменяется на «импортоисключение». А для его реализации необходима КЦП по созданию оптимальной современной номенклатуры унифицированных ПКИ на основе функционально-параметрических рядов. Это, на мой взгляд, и должно быть главной задачей Плана, но именно этого в нём нет.

План выполнен в виде таблицы, содержащей восемь граф. Информация об исполнителе, объёме и источниках финансирования, технических характеристиках, этапах разработки и т.п. формой не предусмотрена.

План включает 534 работы, разбросанные в 30 группировках. Группировки разномаштабны, а некоторые, например «Базовые станции» или «Информация уточняется», непонятны. В графе «Максимальная плановая доля импорта к 2020 г.» два типовых ответа: «Нет данных» (18 поз.) и «Информация уточняется экспертным органом» (226 поз.), т.е. по 244 позициям Плана (45,7%) цель фактически не поставлена?!

Многие работы неконкретны: лазеры (402), матрицы (403), усилители мощности (502), аттенуаторы (504), переключатели (505) и т.п. Присутствуют работы по созданию изделий, очевидно не требующих импортозамещения, например для видеодомофонов (поз. 86–88).

Есть в Плане работы, противоречащие его задаче. Так в поз. 110, 113, 116, 118, 122, 124, 126–128 предусмотрено создание коммуникационного оборудования «на базе **иностранной ЭКБ**», т.е. импорта.

В отличие от Плана, ФЦП ЭКБ и РЭ [ФЦП «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники»] — документ, существенно более серьёзный и по форме, и по содержанию. Наверное, потому, что создан на 6–7 лет ранее. Но и в ФЦП есть ряд принципиальных недостатков системного характера:

- нет классификации ЭКБ и РЭ, соответственно, нет и комплексности в планировании их развития;
- отсутствует анализ и прогноз развития ЭКБ и РЭ в стране и за рубежом. Соответственно, не определён планируемый технический уровень ЭКБ и РЭ;
- не определено, какие ЭКБ и РЭ обязательно должны выпускаться отечественной промышленностью, выпуск каких можно допускать на зарубежных фабриках по российским проектам, а какие в планируемые ФЦП сроки следует импортировать;

— не сформированы современные функционально-параметрические ряды унифицированных ЭКБ, требования к их составу и характеристикам.

И План, и ФЦП отличаются фрагментарным характером, в них отсутствует комплексный подход к решению проблемы в целом.

Системные проблемы

Остановлюсь на трёх из множества системных проблем⁷, на мой взгляд, важнейших:

- техническая некомпетентность менеджмента,
- неумеренная коммерциализация,
- деградация системы управления.

Естественно, эти причины действуют далеко не повсеместно, но, к сожалению, достаточно широко, чтобы серьёзно тормозить развитие промышленности.

Под технической некомпетентностью менеджмента я понимаю массовое движение экономистов, юристов, социологов и представителей прочих неподходящих профессий (часто называемых «эффективными менеджерами») на руководящие должности в научных и промышленных предприятиях, в отраслевых органах. Не владея тонкостями ноу-хау руководимых производств, «эффективные менеджеры» управление технологическими процессами подменяют управлением денежными потоками, часто становясь «эффективными разрушителями» — им более подходит название, данное сатириком М. Задорновым — «кое-какеры». Беда в том, что «кое-какеры» искренне считают, что, нахватавшись специальных терминов и поверхностных представлений об отрасли, они могут эффективно управлять сложными научно-производственными комплексами. В 1960-х годах подобной болезнью переболели США. Но там быстро поняли очевидное (понимание очевидного часто запаздывает), что обучить менеджменту технических специалистов относительно легко, а «эффективных менеджеров» обучить технике практически невозможно.

Под неумеренной коммерциализацией промышленного производства и отраслевой науки я понимаю требования быстрой и максимальной доходности в любой деятельности при определённом пренебрежении к качеству выполнения работ. Например, при проведении конкурсов на разработки часто выбирается не лучший проект, а самый дешёвый. Разрушительны и так называемые «оптимизации», практически сводящиеся к бездумной минимизации затрат и повышению производительности «труда» персонала, зачастую с ликвидацией технологически необходимых этапов работ.

⁷ Криминальные и коррупционные проблемы в статье не рассматриваются.

Под деградацией системы управления отраслевой наукой и промышленностью я понимаю уничтожение или искажение в ходе реформ ряда этапов формирования и обеспечения реализации программ развития и соответствующих им аналитически-координационных структур.

Иллюстрация

Проиллюстрирую на хорошо мне известных примерах крупнейших отечественных предприятий микроэлектроники – зеленоградских «Микрона» и «Ангстрема», которые, благодаря технически грамотному управлению, не только выжили в лихие 1990-е годы, но и развили свои производства, успешно конкурировали в своих секторах мирового рынка.

«Микроном» в течение всего российского периода руководили, при очевидной поддержке собственника, специалисты, выросшие на предприятии, знающие и его специфику, и специфику его рынка. В результате «Микрон» поступательно развивается.

А вот «Ангстрему» с «баринном» не повезло. Его собственники (сначала один, потом другой), желая поставить своих людей, вынудили высокопрофессионального руководителя уйти с предприятия. Однако преемник с задачей не справился. Начались смены руководителей, как правило, из «кое-какеров». За 9,5 лет сменилось 10 руководителей, каждый со своей командой, средний «срок жизни» руководителя 11,4 месяца. И каждый начинал с революционных реформ, неадекватность которых приводила к новым назначениям. Результат очевиден – «Ангстрем» в долгах. А ведь это основной в стране производитель так ныне востребованной специальной микроэлектроники!

В целом в радиоэлектронике (и не только) ситуация аналогична: где руководят специалисты, ситуация лучше, где «кое-какеры» – катастрофична. Радиоэлектроника всё же развивается, но не благодаря существующей в стране системе управления, а вопреки ей. Благодаря труду ещё оставшихся в Минпромторге и предприятиях отрасли опытных специалистов-электронщиков.

Что же делать

Поделюсь хорошо мне известным положительным опытом прошлых лет в части развития микроэлектроники.

Для формирования и обеспечения реализации КЦП и годовых планов в МЭП существовала небольшая инфраструктура:

- Главное научно-техническое управление МЭП (ГНТУ), определяющее и обеспечивающее реализацию технической политики в отрасли по всем её направлениям;
- головные предприятия по видам продукции. В микроэлектронике это зеленоградский НИИ «Научный центр» (НИИ НЦ);
- главные конструкторы направлений и Советы главных конструкторов видов продукции в направлениях.

В части микроэлектроники эта инфраструктура требовала 10–15 человек в НИИ НЦ и 3–5 человек в ГНТУ. Всего до 20 высококвалифицированных специалистов и небольшое количество помощников, фактически выполнявших роль аналитически-координационного центра, который, привлекая интеллект предприятий отрасли и институт главных конструкторов, эффективно управлял созданием новой техники.

В ходе реформ эти аналитически-координационные центры были ликвидированы: «кое-ка-керы» сочли их содержание «излишними издержками» и «неэффективными расходами». В результате, сэкономяв копейки, разрушили систему.

На аналитике и координации экономить нельзя!!!

Сейчас напрямую повторять кратко описанную инфраструктуру невозможно – условия иные. Но построить нечто подобное, современное, жизненно необходимо.

Итог

В России есть один всем известный пример, подтверждающий справедливость сказанного. Пока министром обороны был выпускник «института советской торговли», «человек с опытом работы в сфере экономики и финансов», состояние Вооружённых сил страны вызывало сострадание. Но как только во главе был поставлен системно мыслящий профессионал, положение очевидно улучшилось.

Хотелось бы, чтобы нечто подобное произошло и с промышленностью, достойной отдельного министерства во главе со своим «Шойгу» из системно мыслящих профессионалов.

К величайшему сожалению, при вновь избранном Президенте РФ в новом Правительстве РФ этого не произошло.

16 марта 2016 г.

Б.М. Малашевич

Зеленоград электронный

Начало

Создание в будущем Зеленограде национального Центра микроэлектроники было определено Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР № 831–353с от 8 августа 1962 г.

Центр микроэлектроники изначально задумывался как единая функционально полная комплексная научно-производственная инфраструктура микроэлектроники, подобной которой не было и нет до сих пор в мире, включающей НИИ и опытные заводы для создания как интегральных схем (ИС), так и специфичных для микроэлектроники материалов, сред и оборудования.

Во исполнение указанного и последовавших за ним постановлений были образованы следующие научно-исследовательские институты (НИИ) с опытными заводами:

- НИИ микроприборов (НИИ-335, НИИМП) (1962) с заводом «Компонент» (1964);
- НИИ точного машиностроения (НИИТМ) (1962) с опытным заводом «Элион» (1962);
- НИИ точной технологии (НИИ-336, НИИТТ) (1963) с заводом «Ангстрем» (1964);
- НИИ материаловедения (НИИ-361, НИИ МВ) (1963) с заводом «Элма» (1966);
- НИИ молекулярной электроники (п/я 2021, НИИМЭ) (1964) с заводом «Микрон» (1967);
- НИИ физических проблем (НИИФП) (1964);
- Московский институт электронной техники (МИЭТ) (1965) с опытным заводом «Протон» (1972);
- Центральное бюро по применению интегральных микросхем (ЦБПИМС) (1968);
- Специализированный вычислительный центр (СВЦ) (1969) с заводом «Логика» (1975).

Вначале предприятия Зеленограда формально между собой не были связаны и подчинялись 4-му Главку Государственного комитета по электронной технике (ГКЭТ) СССР. Объединение состоялось 28 декабря 1963 г. в виде Научного центра (НЦ) микроэлектроники с созданием его головного предприятия — Дирекции научного центра (ДНЦ).

К началу 1971 г. в НЦ работали 12,8 тыс. человек. А в 1976 г. на базе зеленоградских предприятий было создано Научно-производственное объединение «Научный центр» (НПО НЦ), включающее 39 предприятий в разных городах страны, персонал которых

в общей сложности насчитывал около 80 тыс. человек. В таком виде, но постоянно развиваясь, НПО просуществовало вплоть до разрушительных реформ 90-х годов.

В ходе реформ в стране все зеленоградские предприятия НПО НЦ претерпели радикальные изменения. В процессе приватизации ряд подразделений и групп специалистов отделились от основного коллектива, образовав самостоятельные предприятия. Появлялись и новые, создаваемые специалистами-энтузиастами. В условиях жёсткого кризиса не все из них смогли выжить, но многие, пережив тяжёлые времена, продолжают успешно работать и сегодня.

Каким же был электронный Зеленоград в те далёкие годы и каким стал сейчас? Начнём обзор с предприятий-патриархов отечественной микроэлектроники в порядке их создания, а затем перейдём к новому поколению.

Патриархи отечественной микроэлектроники

Первоначальной задачей НИИ микроприборов, образованного в 1962 г., было создание именно интегральных схем (ИС). Технологии для НИИМП должен был поставлять НИИТТ, спецтехнологическое оборудование — НИИТМ, спецматериалы — НИИМЭ. А первой продукцией «Компонента», созданного в 1964 г. в качестве опытного завода при московском НИИ радиокомпонентов (НИИРК), были трансформаторы.

Но жизнь поменяла планы и установила иное распределение ролей. Разделить разработки технологий и интегральных схем оказалось невозможно. Поэтому НИИТТ пришлось заняться разработкой сначала гибридных, а затем и полупроводниковых униполярных технологий и ИС, НИИМЭ (которого в первоначальном постановлении не значилось) — полупроводниковыми биполярными ИС, а завод «Компонент» в 1966 г. перешёл в подчинение НИИМП.

НИИ микроприборов с заводом «Компонент»

Основной специализацией НИИМП и «Компонента» стали разработка и производство ракетно-космической микроэлектронной аппаратуры и необходимых для этого специальных ИС. Это семейства бортовых компьютеров «Салют» (рис. 1)¹, станций спутниковой и авиационной связи семейств «Сургут» и «Сокол», космических оптико-электронных систем дистанционного зондирования Земли и многое другое.

¹ На групповых иллюстрациях приборы представлены в разных масштабах.



Рис. 1. Образцы продукции НИИМП и завода «Компонент»: БЦВМ «Салют-3М», «Салют-5М, –5В, –5Д»

В 1975 г. на основе НИИМП, заводов «Компонент», «Микроприбор» (г. Конаково Калининской области) и Солнечногорского электромеханического завода (СЭМЗ) (Московская область) было создано НПО «ЭЛАС».

НИИМП/«ЭЛАС» лидировал в отечественной, а нередко и в мировой космической микроэлектронике. Его бортовые компьютеры и системы были основным интеллектуальным компонентом многих отечественных космических аппаратов 1960-х и последующих годов.

В 1993 г., с началом кампании приватизации в стране, полагая, что НИИМП в целом при прогрессирующем развале экономики России не выживет, генеральный директор НПО «ЭЛАС» и директор НИИМП Г.Я. Гуськов предложил разделить его на ряд самостоятельных предприятий, каждое со своей тематикой. Что и было сделано.

В 1993 г. НПО «ЭЛАС» было преобразовано в научно-производственное акционерное общество закрытого типа, а в 2009 г. — в АО НПО «ЭЛАС».

АО НПО «ЭЛАС» <http://npoelas.ru/>

Основным видом деятельности НПО «ЭЛАС» являются разработка и серийное производство специальной космической микроэлектронной аппаратуры, станций космической связи, систем радиосвязи КВ- и УКВ-диапазонов, СВЧ-устройств авиационных и наземных РЛС, аппаратуры защиты бронеобъектов.

В состав НПО «ЭЛАС» ныне (2018 г.) входят:

— АО «НИИ микроприборов им. Г.Я. Гуськова» <http://nii-k.ru/>

НИИМП им. Г.Я. Гуськова специализируется в области создания и изготовления опытных образцов изделий радиоэлектронной техники, бортовых радиотехнических систем и средств связи (рис. 2).

— АО «Завод «Компонент» <http://zavodkomponent.ru/>

В 1993 г. завод «Компонент» был преобразован в АО «Завод «Компонент».



Рис. 2. Образцы продукции НИИМП

Предприятие обладает полным технологическим циклом современного производства изделий микроэлектроники и микроаппаратуры.

- АО «Солнечногорский электромеханический завод» <http://semzz.ru/>
АО «СЭМЗ» на протяжении многих лет специализируется в производстве станций спутниковой связи, микроэлектронных аэрологических радиолокаторов, комплексов технических средств связи. Изделия завода отвечают современным требованиям качества, надёжности и безопасности.
- АО «Завод «Микроприбор»» <http://заводмикроприбор.рф/>
Завод «Микроприбор» в г. Конаково Тверской области специализируется в производстве радиоэлектронной аппаратуры, в том числе в микроэлектронном исполнении, включая приборы и устройства технических комплексов орбитальных средств, техники радиосвязи и телесвязи, радионавигационного оборудования и т. п. (рис. 3).

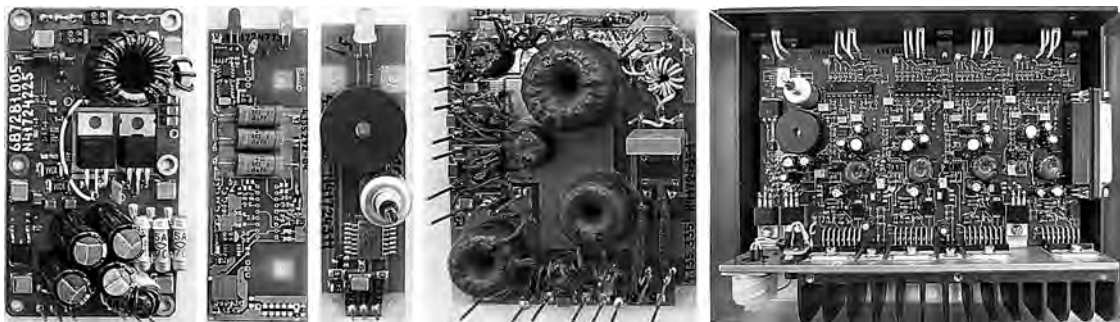


Рис. 3. Образцы продукции завода «Микроприбор»

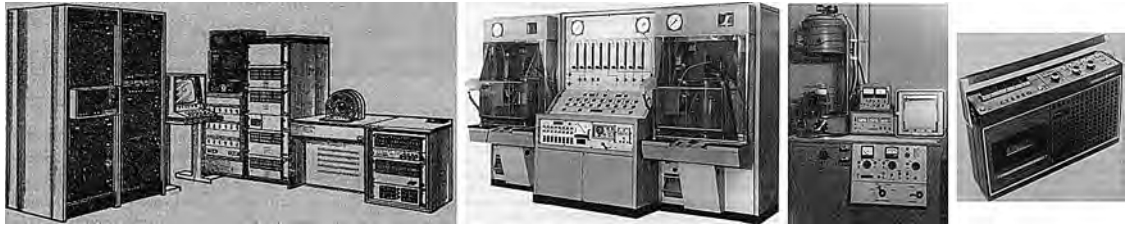


Рис. 4. Образцы продукции дореформенных НИИТМ и завода «Элион»

ОАО «НИИТМ» <http://niitm.ru/> с опытным заводом «Элион»

Научно-исследовательский институт точного машиностроения (НИИТМ) был основан в 1962 г. в Зеленограде как ведущее предприятие по созданию специального технологического оборудования (СТО) для микроэлектроники: диффузионного, напылительного, плазменного, эпитаксиального наращивания, окислительного, ионно-химического, магнетронного распыления, функционального контроля, сборочного оборудования и др. (рис. 4).

Как товар народного потребления (ТНП) в 1971 г. был разработан и массово выпускался (более 25 лет в различных модификациях) популярнейший в то время кассетный магнитофон «Электроника-302».

Не прекращал работу НИИТМ и после приватизации, разрабатывая по заказам и изготавливая в небольших количествах технологическое оборудование широкого спектра: приборы для исследовательских и промышленных целей, вакуумно-плазменные и физико-термические установки, а также кластеры на их основе для реализации технологических процессов нано-, микро- и радиоэлектроники, медицины, солнечной энергетики и т. д. (рис. 5).



Рис. 5. Образцы продукции НИИТМ

Завод «Элион» — Опытно-экспериментальный центр (ОЭЦ) ОАО «НПК «НИИДАР» <http://www.niidar.ru/>

Опытный завод «Элион», созданный в 1962 г., выпускал изделия, разрабатываемые НИИТМ. Его продукцией оснащались отечественные предприятия микроэлектроники.

В 1992 г. в ходе приватизации завод «Элион» был преобразован в ОАО «Элион».

Казалось, что это самое устойчивое предприятие в Зеленограде с универсальной оснащённостью, способное выпускать широчайший спектр продукции. Но «Элион» долго стагнировал и в конце концов прекратил своё существование.

В 2014 г. на производственные площади «Элиона» был переведён выводимый из Москвы опытный завод научно-производственного комплекса НИИ дальней радиосвязи (НИИДАР), здание которого подлежало сносу для жилищного строительства. При этом завод получил новое название — Опытно-экспериментальный центр (ОЭЦ) ОАО «НПК «НИИДАР». Основная его продукция — радиолокационные станции для систем ПВО и ПРО (рис. 6).



Рис. 6. Загоризонтная РЛС поверхностной волны «Подсолнух-Э»

НИИТТ с опытным заводом «Ангстрем» <http://www.angstrem.ru/ru>

НИИ точной технологии (НИИТТ) был образован в 1963 г.

Специализировался в области вначале гибридных, а затем и полупроводниковых (в основном на униполярных приборах) интегральных схем. Был головным в стране в области ИС памяти и микропроцессоров. Разрабатывал также микрокалькуляторы, микроэлектронные часы и игры и т. п. Именно в НИИТТ были созданы первые в стране ИС высокоинтегрированной (по тем временам) памяти, микропроцессоры, полужаказные БИС, микрокалькуляторы, персональные ЭВМ, системы числового программного управления (ЧПУ) станками и многое другое. Примеры ИТ-продукции НИИТТ и «Ангстрема» приведены в статье «Инновационный центр советской микроэлектроники», опубликованной в этой книге.

В 1993 г. НИИТТ и «Ангстрем» объединились, создав акционерное общество «Ангстрем», успешно пережившее лихие 1990-е годы благодаря выходу на зарубежный рынок. В эти годы в АО «Ангстрем» было создано новое полупроводниковое и сборочное производство.

Однако в ходе приватизации некоторые подразделения выделились в самостоятельные предприятия — «Ангстрем-Т», «Ангстрем-М» и др.

Остановимся на основных преемниках НИИТТ и завода «Ангстрем».

АО «Ангстрем» <http://www.angstrem.ru/ru>

АО «Ангстрем» — ведущий российский разработчик и производитель полупроводниковых изделий от дискретных транзисторов до современных микроконтроллеров и микропроцессоров (рис. 7). Компания обладает одним из самых мощных в России комплексов по созданию и производству полупроводниковых изделий: десять полноценных дизайн-центров (один технологический и девять приборных), на которых работает более тысячи сотрудников.

АО «Ангстрем» производит микросхемы как собственной разработки, так и в режиме Foundry по проектам заказчика.



Рис. 7. Образцы продукции компании «Ангстрем»

АО «Ангстрем-Т»

<http://www.angstrem-t.com/company/>

АО «Ангстрем-Т» — новое контрактное производство (Foundry) с топологическими нормами 90–250 нм, с перспективой перехода на уровень 65 нм и ниже, обеспечивающее полный производственный цикл производства микросхем и ряда IP-блоков для двух технологий (рис. 8):



Рис. 8. Здание «Ангстрема-Т» — последнее вложение СССР в микроэлектронику



Рис. 9. Образцы продукции НИИ МВ

- АТ 130НР, лицензированной компанией AMD по принципу “copy exact”;
- АТ 130LP, разработанной специалистами компании АО «Ангстрем-Т».

АО «НИИ МВ» с опытным заводом «Элма» <http://www.niimv.ru/>

НИИ материаловедения (НИИ МВ) образован в 1963 г., а в 1966 г. при институте был создан опытный завод «Элма» (Электронные МАтериалы).

НИИ МВ и завод «Элма» — основные разработчики и изготовители материалов для микроэлектроники, полупроводниковых приборов, оптоэлектроники, лазеров, приборов ИК-техники. Среди них монокристаллический кремний с возрастающим диаметром пластин (75, 100, 125, 150 мм), монокристаллы фосфида галлия, арсенида галлия, сапфира, галлий-гадолиниевого граната, монокристаллические ленты сапфира, структуры «кремний на сапфире», светочувствительные резисты, различные пасты, высококачественные вещества и газовые смеси на их основе, заготовки для фотошаблонов и др. (рис. 9).

В 1994 г. институт преобразован в АО «НИИ материаловедения».

АО «НИИ МВ» продолжает активные работы по созданию специальных материалов для отечественной микро- и нанoeлектроники.

Завод «ЭЛМА» <https://elmagroup.ru/>

Завод «ЭЛМА» не пережил реформ и, сохранив свои большие производственные площади, превратился в «ЭЛМА групп» — компанию, профессионально работающую в области управления и эксплуатации недвижимости.

АО «НИИМЭ» с опытным заводом «Микрон» <http://www.mikron.ru/>

НИИМЭ был образован в 1964 г., а опытный завод при нём — в 1967 г.

НИИМЭ и «Микрон» играли основную роль в стране в разработке и организации массового выпуска цифровых интегральных схем, быстродействующих запоминающих устройств и схем для их управления, специальных усилителей, микропроцессоров на основе биполярных структур.

В 1993 г. предприятия были преобразованы в ОАО «НИИМЭ и Микрон», а в 2016 г. — в АО «НИИМЭ» и ПАО «Микрон».

АО «НИИМЭ»

АО «НИИМЭ» проводит научные исследования и опытно-конструкторские работы по федеральным программам Минпромторга РФ, Минобрнауки РФ, ГК «Роскосмос», а также инициативные работы за счёт собственных средств.

В компании имеется ряд КМОП-технологий уровня 65, 90 и 180 нм с 6–8 слоями металлизации для производства микропроцессоров и микроконтроллеров, RFID-чипов, аналоговых схем управления питанием и других типов интегральных схем.

ПАО «Микрон»

ПАО «Микрон» занимается проектированием, производством и реализацией интегральных микросхем, ведёт разработку и поставку законченных системных решений в области Интернета вещей, основанных на отечественных электронных компонентах и программных продуктах.

Основная продукция компании: микросхемы управления питанием, дискретные полупроводниковые приборы, микроконтроллеры для смарт-карт, RFID-метки, инлеи и карты и др.

Осуществляется и контрактное производство по проектам заказчиков.

НИИФП <http://niifp.ru/>

Совершенно особую роль среди зеленоградских научных предприятий играл НИИ физических проблем (НИИФП), образованный в 1964 г. с основной задачей — вести фундаментальные исследования в области микроэлектроники.

В НИИФП впервые разработаны и переданы в другие НИИ, КБ и заводы жидкокристаллические индикаторы, приборы с зарядовой связью (ПЗС), ЗУ на цилиндрических магнитных доменах (ЦМД), интегральные приборы на соединениях A_3B_3 , A_3B_5 , полупроводниковые лазеры, приборы на основе джозефсоновских переходов, сквиды, автоэмиссионные катоды, энергонезависимые запоминающие устройства и многое другое. Заложены основы создания изделий на базе субмикронной



Рис. 10. Синхротрон НИИФП

технологии, нанотехнологии, молекулярной технологии, вакуумной микроэлектроники, микромеханики, использования синхротронного излучения для аналитики, прецизионного эксперимента, биосовместимых покрытий и решения задач физики твёрдого тела.

НИИФП стал местом рождения ещё одного предприятия — Специализированного вычислительного центра — СВЦ (см. ниже).

19 декабря 1994 г. Постановлением Правительства РФ № 1398 институт преобразован в ФГУП «Научно-исследовательский институт физических проблем имени Ф.В. Лукина» (ФГУП «НИИФП им. Ф.В. Лукина»).

В структуру НИИ входит Исследовательский технологический комплекс с синхротроном (рис. 10) — источником синхротронного излучения для решения актуальных задач микроэлектроники, медицины и других областей науки.

МИЭТ с экспериментальным заводом «Протон»

Московский институт электронной техники (МИЭТ) образован в 1965 г. В 1972 г. при нём создан опытный завод «Протон».

С первого же учебного года МИЭТ применял в своей деятельности прогрессивные методы обучения. Сочетание глубокой фундаментальной подготовки со значительным объёмом производственной практики непосредственно на предприятиях, участие большинства преподавателей в конкретных научных исследованиях, привлечение к образовательной деятельности специалистов Научного центра позволили в короткие сроки создать новые курсы, программы, учебные планы, учебники и учебные пособия для обучения в области микроэлектроники и реализовать передачу новых знаний студентам в режиме реального времени.

Экспериментальный завод «Протон» при МИЭТ прочно утвердился в качестве одного из лучших производственных комплексов Министерства образования СССР.

В настоящее время МИЭТ получил статус Национального исследовательского университета — НИУ «МИЭТ», а «Протон» представлен в виде АО «Завод ПРОТОН» и ООО «Протон».

НИУ МИЭТ <https://www.miet.ru/>

Всего за прошедшие годы вузом подготовлено свыше 25 тыс. специалистов, более 1200 кандидатов и докторов наук. Выпускники МИЭТ составляют сегодня основной кадровый и научный потенциал предприятий микроэлектроники.

В состав университета входят шесть институтов и 8 факультетов:

- Институт микроприборов и систем управления (МПСУ),
- Институт nano- и микросистемной техники (НМСТ),
- Институт перспективных материалов и технологий (ПМТ),
- Институт биомедицинских систем (БМС),
- Институт проектирования приборов и систем (Cadence),
- Институт военной подготовки (ИВП),
- Факультет микроприборов и технической кибернетики (МПТК),
- Факультет электроники и компьютерных технологий (ЭКТ),
- Факультет прикладных информационных технологий (ПрИТ),
- Факультет (институт) экономики, управления и права (ИнЭУП),
- Факультет иностранных языков (ИНЯз),
- Факультет дизайна,
- Факультет дистанционного обучения (ДО),
- Факультет обучения иностранных граждан (ОИГ),

а также Научно-инновационно-производственный комплекс (НИПК).

АО «Завод ПРОТОН» <http://www.zproton.ru/>

В 2004 г. «Завод ПРОТОН» преобразован в акционерное общество. Сегодня это современное высокотехнологичное производство, оснащённое высокоавтоматизированным технологическим оборудованием и поточными линиями. Специализация —



Рис. 11. В цехах АО «Завод ПРОТОН»

производство вычислительной техники, электронных узлов и блоков, гражданского и специального назначения (рис. 11).

ООО «Протон»

ООО «Протон» осуществляет производственную деятельность с 2003 г. С 2014 г. выпускается продукция в интересах Министерства обороны РФ.

АО «ЦКБ «Дейтон» <http://www.deyton.ru/>

В 1968 г. в Зеленограде было создано Центральное бюро применения интегральных микросхем (ЦБПИМС), преобразованное в 1977 г. в Центральное конструкторское бюро (ЦКБ) «Дейтон» в составе НПО «Научный центр».

Главными его задачами являлось наведение порядка в применении интегральных микросхем в аппаратостроении. Для этого необходим был порядок и в микроэлектронике: оптимизация номенклатуры ИС на основе их функционально-параметрических рядов, систем параметров, систем требований к устойчивости к внешним воздействиям, системы требований к надёжности и качеству и многое другое. Анализировались причины отказов ИС в аппаратуре с обратной связью с разработчиками ИС. Для решения этих задач с привлечением предприятий создавалась соответствующая нормативная база в виде государственных и отраслевых стандартов, руководящих материалов по применению, проводилось согласование всех технических заданий (ТЗ) на разработки и технических условий (ТУ) на изделия микроэлектроники. Создавались и велись доступные потребителю базы данных по номенклатуре ИС, по нормативным документам и т. п.

В 2000 г. предприятие было преобразовано в ФГУП «Центральное конструкторское бюро «Дейтон», а в 2003 г., в результате приватизации — в ОАО «Центральное конструкторское бюро «Дейтон».

АО «ЦКБ «Дейтон» обеспечивает предприятия, организации и учреждения радиоэлектронной промышленности информацией об отечественных изделиях электронной компонентной базы и материалах к ним, оказывает консультативные и образовательные услуги, выполняет в широком спектре научно-исследовательские работы в интересах разработчиков, производителей и потребителей ИС.

СВЦ

Специализированный вычислительный центр (СВЦ) создан в 1969 г. на основе подразделения НИИФП (занимавшегося разработкой суперЭВМ) и его же вычислительного центра.

Первоначально перед СВЦ стояли две задачи:

1. Роль головного в Минэлектронпроме предприятия по автоматизированным системам управления (АСУ).
2. Разработка суперЭВМ 5Э53 для полигонной системы ПРО «Аргунь».

Первую задачу СВЦ выполнял все годы своего существования, разрабатывая не только соответствующие отраслевые программы и планы НИР и ОКР, но и конкретные автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП), системы автоматизированного проектирования (САПР), управления городским (Зеленоград, Москва) хозяйством и т. п.

Разработка суперЭВМ 5Э53 была в срок завершена и принята госкомиссией. Началась подготовка её производства на Загорском электромеханическом заводе Минрадиопрома. Однако в связи с прекращением работ по ПРО «Аргунь» были остановлены и работы по созданию 5Э53.

Затем разработки в СВЦ были перенаправлены на создание мини-ЭВМ, микропроцессоров, микроЭВМ и систем на их основе. Работы проходили успешно, в связи с чем опытное производство СВЦ в 1975 г. было преобразовано в завод «Логика», где и начался выпуск разработанных изделий (информация о них в статье «Инновационный центр советской микроэлектроники», опубликованной в этой книге).

Однако в июне 1976 г., в ходе преобразования НЦ в крупное НПО «НЦ», потребовалось головное предприятие. Существующая Дирекция НЦ оказалась для этого маловата и не имела статуса головной организации. Решили воспользоваться СВЦ, обладавшим этим статусом. В результате разработчиков ЭВМ и систем перевели в НИИТТ, всё производство «Логики» — в «Ангстрем», а сотрудников ДНЦ — в СВЦ. Открытое название — Специализированный вычислительный центр — заменили на Специальное конструкторское бюро «Научный центр» (СКБ НЦ, позже — НИИ НЦ). А закрытое наименование СВЦ (Р-6052) осталось у СКБ НЦ и НИИ НЦ. НИИ НЦ в ходе реформ обанкротился и прекратил своё существование. Завод «Логика», остававшийся некоторое время «бестелесным», получил новую задачу — выпуск особо чистых газов и жидкостей для полупроводниковых производств. И до сих пор продолжает удивлять непосвящённых нелогичностью своего названия — «Логика».

Новое поколение

Формат статьи не позволяет рассказать обо всех ныне действующих предприятиях зеленоградской электроники, поэтому мы ограничимся примерами, на мой взгляд и в меру моей осведомлённости, наиболее яркими, имеющими свои сайты, откуда и взята

информация. Но и о них расскажем предельно кратко, ограничившись названием компании, указанием сайта, специализацией и фотографиями образцов продукции, приведёнными на сайте (напомним, на групповых фото приборы могут быть представлены в разных масштабах). Подробности читатель может узнать на указанных сайтах.

Отличительной особенностью современной зеленоградской электроники можно считать то, что для повышения её эффективности в городе создан ряд специальных структур, таких как Особая экономическая зона «Зеленоград», Корпорация развития Зеленограда, Зеленоградский инновационно-технологический центр (ЗИТЦ), Зеленоградский нанотехнологический центр (ЗНТЦ), технопарк «Зеленоград», Специализированная территория малого предпринимательства, Бизнес-инкубатор, Центр развития предпринимательства и др. Не уверен, что в данном случае «количество переходит в качество», но что есть, то есть.

Что действительно представляется полезным, так это Инновационный территориальный кластер «Зеленоград», на нём и остановимся подробнее.

ИТК «Зеленоград» <http://www.technounity.ru/>

Созданный в 2012 г. Инновационный территориальный кластер (ИТК) «Зеленоград» — обособленная научно-индустриальная площадка со специализацией в области микроэлектроники и высокотехнологичного бизнеса. ИТК «Зеленоград» включает в себя более 170 образовательных учреждений, научно-исследовательских институтов, промышленных предприятий сферы информационных технологий, приборостроения, микро- и наноэлектроники, а также предприятий, их обеспечивающих (материалы, оборудование и др.). Организации и предприятия кластера работают в секторах приборов и оборудования промышленного применения, развивают компетенции и активно выходят на рынки медицинской техники, ИТ-систем безопасности и энергоэффективности, дизайна микроэлектронных изделий и др.

Ключевые проекты кластера «Зеленоград»

1. Создание инженерной инфраструктуры общего доступа для организации участниками кластера производств по освоению базовых нано- и микроэлектронных технологий.
2. Создание специализированного диагностико-метрологического центра общего доступа для оказания услуг по исследованиям, диагностике, измерениям ЭКБ, в том числе в нанометровом диапазоне.
3. Организация Зеленоградского открытого Центра прототипирования инновационной продукции.

4. Создание бизнес-инкубатора стартапов медицинской техники инфраструктурной компании, предоставляющей услуги по бизнес-планированию, разработке прототипов и пилотных партий медицинской техники, экспертизе и коммерциализации медицинских изделий.
5. Развитие системы адресной подготовки кадров под требования участников кластера.
6. Создание специализированной инфраструктуры открытого общегородского молодёжного инновационно-внедренческого центра и др.

А теперь перейдём к рассмотрению предприятий. Чтобы не мучиться проблемой рейтингов предприятий новой, постреформенной формации, приведём в алфавитном порядке основного слова их наименования.

ООО Фирма «Анкад» <https://ancud.ru/>

Фирма образована группой специалистов отделения НИИТТ, занимавшихся разработкой микропроцессоров. Более 20 лет «Анкад» успешно работает в сфере защиты информации, являясь на сегодняшний день одним из ведущих разработчиков в этой области. «Анкад» обладает широким спектром необходимых для работы лицензий.

Профиль деятельности «Анкада» — разработка, производство и поставка аппаратных и программных средств криптографической защиты информации, средств электронной цифровой подписи, средств защиты от несанкционированного доступа и разграничения доступа к компьютерным ресурсам, средств построения защищённых сетей передачи данных и обеспечения безопасности беспроводных телекоммуникаций, защита персональных данных, в том числе средствами УКВ- и спутниковой радиосвязи (рис. 12).

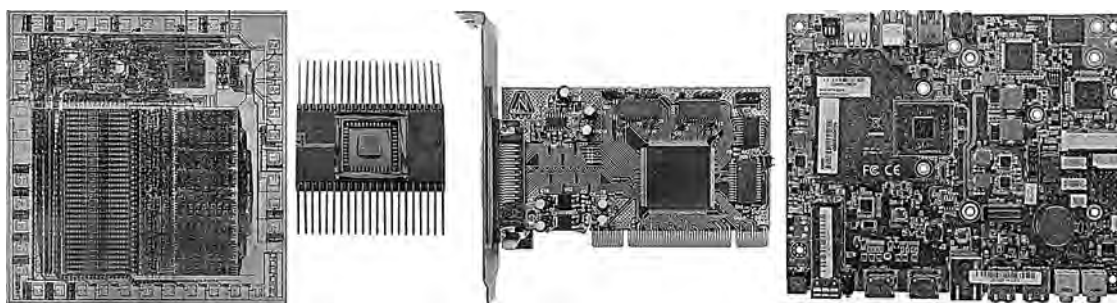


Рис. 12. Образцы продукции фирмы «Анкад»

ЗАО НПК «КБ Взлёт» www.kb-vzlet.ru
 «КБ Взлёт» специализируется в разработке и производстве медицинских электронных приборов типов аутогемотрансфузоров, кардиохирургических комплексов, вакуумных массажёров и др. (рис. 13).



Рис. 13. Образцы продукции КБ «Взлёт»

ООО «ЗИТЦ-МТ»
<http://www.zitc-mt.ru/index-ru.html>

ООО «Зеленоградский инновационно-технологический центр медицинской техники» (ЗИТЦ-МТ) основан в 2009 г. Специализируется в области развития и коммерциализации инновационного российского медицинского оборудования для поддержания жизни и здоровья людей (рис. 14). Имеет большой опыт разработки, сертификации, производства и технической поддержки медицинского оборудования.



Рис. 14. Автоматический дефибриллятор ООО ЗИТЦ-МТ

Холдинг «Информтест» <http://www.informtest.ru/>

Холдинг образован в 1996 г. группой компаний, занимающихся разработкой систем контроля и диагностики наземной электронной аппаратуры и аппаратуры контроля космических аппаратов, систем передачи данных и систем космической связи. Специализируется в создании систем контроля монтажа и систем функционального контроля электронного оборудования (рис. 15).

Холдинг «Информтест» и ООО «VXI-Системы» (производственное подразделение холдинга) с 1996 г. успешно сотрудничают с ведущими предприятиями, имеют лицензии Федерального космического агентства на космическую деятельность, сертифицированную систему качества по ISO 9001–2001 и по ГОСТ РВ 15.002–2003.



Рис. 15. Образцы продукции холдинга «Информтест»

ИППМ РАН <http://www.ippm.ru/>

Институт проблем проектирования в микроэлектронике (ИППМ) РАН, созданный в 1986 г., входит в состав Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН.

Основная задача института — выполнение фундаментальных научных исследований и прикладных разработок в области проектирования:

- систем автоматизации проектирования в микро- и нанoeлектронике;
- высокопроизводительных микроэлектронных вычислительных систем;
- перспективных устройств и ИС микро- и нанoeлектроники.

НПО «Квантрон» <http://www.kvantron.ru/>

НПО «Квантрон» — одно из ведущих предприятий по созданию лазеров и лазерных систем на парах металлов (рис. 16). «Квантрон» имеет собственную научную и производственную инфраструктуру для создания как лазеров, так и оборудования на их основе.

ООО «Дизайн Центр КМ211» <http://www.km211.ru/>

ООО «Дизайн Центр КМ211» предоставляет услуги по разработке ИС систем на кристалле (СнК) и их серийному производству на лучших зарубежных и российских фабриках.

Компания разработала уникальные микропроцессорные ядра с оригинальной архитектурой и выдающимися характеристиками, в том числе на основе:

- собственной мультимедийной платформы HYDRA (32-разрядные DSP-оптимизированные ядра, плавающая точка);
- собственной микроконтроллерной платформы KROLIK (8-, 16- и 32-битные ядра);



Рис. 16. Образцы продукции НПО «Квантрон»



Рис. 17. Образцы продукции ООО «Лаборатория радиомеханики»

- RISC-ядра KVARC (32-разрядного);
- набора периферийных IP-блоков, крипто- и видеоускорителей.

«Дизайн Центр КМ211» предлагает полный пакет услуг по организации массового производства микросхем и прототипированию микросхем на фабрике TSMC (крупнейшего в мире контрактного производителя микросхем) и других (завод «Микрон», UMC, NHGrace и т. д.).

ООО «Лаборатория радиомеханики» <http://lrm.ru/>

Специализация ООО «Лаборатория радиомеханики» — разработка, мелкосерийное и серийное производство на основе изделий микроэлектроники различных электронных и электронно-механических устройств по заказам потребителей. Возможности «Лаборатории радиомеханики» включают полный цикл разработки: схемотехнику, программирование, конструирование корпусов и других механических узлов (рис. 17).

ООО «Микролит» <http://www.microlit.ru/>

ООО «Микролит» создано в 2003 г. (рис. 18). Специализируется в контрактном производстве изделий электроники, включая:

- производство печатных плат любого уровня сложности — от единичных опытных образцов (прототипов) до крупных серий;
- поставку комплектующих элементов;
- все виды монтажа печатных плат;
- сборку, испытание и настройку РЭА, упаковку и проч.

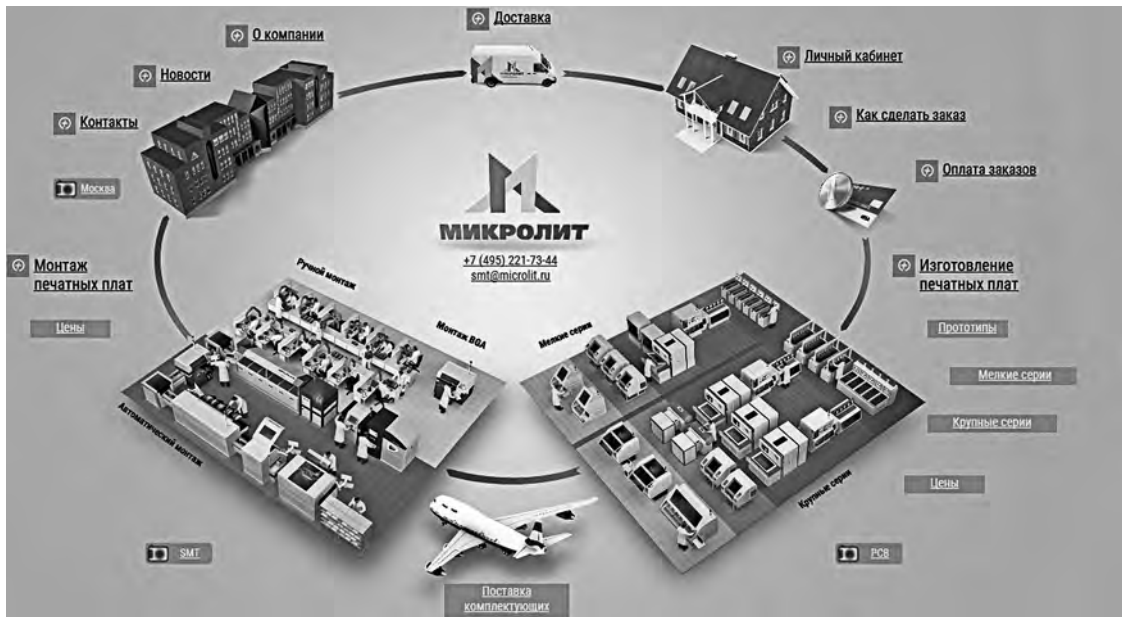


Рис. 18. Структура услуг ООО «Микролит»

АО «ПКК Миландр» <https://www.milandr.ru/>

Основная специализация АО «ПКК Миландр» — реализация проектов в области разработки и производства изделий микроэлектроники (микроконтроллеры, микропроцессоры, микросхемы памяти, микросхемы приёмопередатчиков, микросхемы преобразователей напряжения, радиочастотные схемы), универсальных электронных модулей и приборов промышленного и коммерческого назначения, разработки ПО для современных информационных систем и изделий микроэлектроники (рис. 19). Производство микросхем осуществляется на foundry-фабриках в России и за рубежом.



Рис. 19. Образцы продукции «ПКК Миландр»



Рис. 20. Образцы продукции ООО «МКС»

ООО «МКС» <https://mks.ru/>

ООО «Медицинские компьютерные системы» (МКС), образованное в 1993 г., специализируется в разработке и производстве высокотехнологичного медицинского диагностического и терапевтического оборудования: электрокардиографов, электроэнцефалографов, автоматических дефибрилляторов, реанимационных массажёров, приборов для биофизических исследований и др. (рис. 20).

АО «НИИТАП» <http://www.niitap.ru/>

Научно-исследовательский институт технологии и автоматизации производства (НИИТАП) организован в 1991 г. Специализация:

- разработка биполярных базовых матричных кристаллов (БМК) и полужаказных аналоговых БИС на их основе;
- разработка многокристальных модулей (МКМ) (рис. 21).

ГК «НТ-МДТ Спектрум Инструментс» <https://www.ntmdt-si.ru/>

Компания «НТ-МДТ» организована в 1990 г. группой специалистов НИИ физических проблем. В относительно короткий срок компания, состоявшая из небольшой группы энтузиастов, превратилась в крупный концерн с мировым именем.

Группа компаний «НТ-МДТ Спектрум Инструментс» (НТ-МДТ СИ) предоставляет своим заказчикам самое современное измерительное оборудование для промышленности и научных исследований на основе сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) в сочетании с оптическими методиками.

Приборы НТ-МДТ, обеспечивающие субнанометровое пространственное разрешение, применяются практически во всех

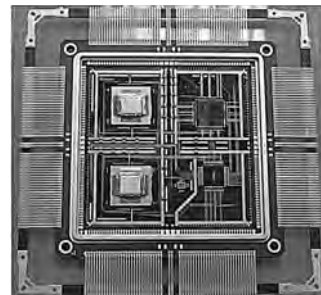


Рис. 21. 4-кристальный модуль (своеустойчивая ЭВМ) компании «НИИТАП»

областях науки и техники — от изучения структуры ДНК до диагностики состояния металла роторов паровых турбин. Комбинированные системы позволяют проводить спектральный анализ материалов с нанометровым разрешением, вплоть до идентификации отдельных молекул.

НТ-МДТ СИ — лидер в приборостроении для нанотехнологий, поставивший свыше 4 тыс. систем, установленных более чем в 60 странах мира. ГК «НТ-МДТ СИ» представлена собственными фирмами в России, Европе, США и Китае.

В центральном офисе в Зеленограде располагаются компании:

- ООО «НТ-МДТ Спектрум Инструментс» (ООО «НТ-МДТ СИ»), обеспечивающее поставку, запуск и обслуживание сканирующих зондовых микроскопов (СЗМ), систем, комбинирующих методы СЗМ и оптической спектроскопии (СЗМ-РАМАН, СЗМ-наноИК), комплектующих и расходных материалов к ним.
- ООО «НТ-МДТ», занимающееся исследованиями, разработкой и производством СЗМ, систем, комбинирующими методами СЗМ и оптической спектроскопии и разработкой программного обеспечения к ним.
- ООО «Научно-техническая компания» (ООО «НТК»), осуществляющее международные продажи, запуск и обслуживание сканирующих зондовых микроскопов (СЗМ), комплектующих к СЗМ и расходных материалов к ним (рис. 22).



Рис. 22. Образцы продукции компании «НТ-МДТ»



Рис. 23. Образцы продукции НПП «Оптэкс»

ФГУП «НПП «Оптэкс» <http://www.i-mash.ru/predpr/1386>

Научно-производственное предприятие «Оптико-электронные комплексы и системы» (НПП «Оптэкс») образовано в 1993 г. на основе подразделения НИИМП. Ныне это филиал Федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-производственный ракетно-космический центр «ЦСКБ-ПРОГРЕСС». НПП «Оптэкс» специализируется (рис. 23) в следующих областях:

- космические и наземные системы дистанционного зондирования, связи, экологического мониторинга, системы приёма, обработки и передачи данных, комплексы бортовой и наземной аппаратуры;
- системы и комплексы бортовой и наземной аппаратуры космических систем дистанционного зондирования поверхности Земли и космического пространства;
- управляющие вычислительные системы космических аппаратов и наземных объектов различного целевого назначения и др.

ООО «ПАРСЕК» <https://www.ooo-parsek.ru/>

Основное направление деятельности ООО «ПАРСЕК» — разработка и создание микроэлектронных приборов и устройств катодной защиты, систем и приборов для диагностики магистральных трубопроводов и коррозионного мониторинга для металлургической и энергетической промышленности (рис. 24).

ОАО «Практик-НЦ» <http://pnc.ru/>

«Практик-НЦ» — компания по производству электронных контрольно-измерительных приборов (рис. 25), таких как измерители микровлажности газов (гигрометры), газоанализаторы, измерители скорости воздушного потока (анемометры), системы пробоподготовки, аэродинамические установки, установки осушки газов, включая комплексные и индивидуальные решения.

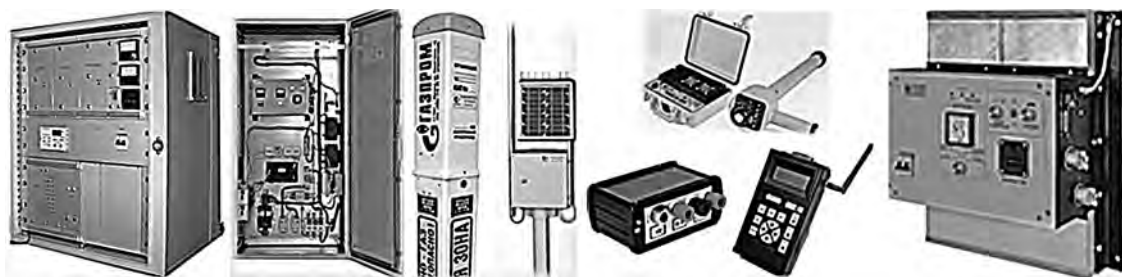


Рис. 24. Образцы продукции компании «ПАРСЕК»



Рис. 25. Образцы продукции компании «Практик-НЦ»

АО «РАДИУС Автоматика» <http://www.rza.ru/>

АО «РАДИУС Автоматика» — российское научно-производственное предприятие, реализующее полный цикл работ — от научных изысканий до серийного производства функционально полного комплекса оборудования релейной защиты и автоматики для сетей от 0,4 кВ до 220 кВ, а также средств испытаний и диагностики оборудования и линий электропередачи (рис. 26).



Рис. 26. Образцы продукции компании «РАДИУС Автоматика»

ФГУП СКБ «Радэл» <http://skbradel.ru/>

Основные направления деятельности ФГУП СКБ «Радэл»:

- проведение прикладных научных исследований, разработка и производство, монтаж, наладка, установка, ремонт, техническое и сервисное обслуживание систем и комплексов радиоэлектронной аппаратуры связи и управления специального назначения;
- проектирование систем подвижной радиосвязи;
- создание средств защиты информации, содержащей в том числе сведения, составляющие государственную тайну; разработка, производство, техническое обслуживание и распространение шифровальных средств и защищённых с использованием шифровальных средств информационных систем, систем и комплексов телекоммуникаций (рис. 27).



Рис. 27. RFID-продукция СКБ «Радэл»

ООО «РАСМО» <http://www.rasmo.ru/>

Компания «РАСМО» работает на рынке печатных плат с 2005 г. и нацелена на контрактное производство электроники.

«РАСМО» предоставляет заказчику возможность комплексного решения производственных задач на всех этапах изготовления электронных изделий — от разработки проекта до упаковки и доставки продукции.

ООО «Резонит» <https://www.rezonit.ru/company/>

ООО «Резонит» — непрерывно растущая и развивающаяся компания с сетью филиалов и представительств, основанная в 1997 г. выпускниками МИЭТ.

Специализация — изготовление печатных плат любого уровня и сложности (от срочного производства единичных плат и мелких серий до поставки крупных партий), монтаж печатных плат, продажа материалов для производства и монтажа печатных плат.

ООО «СМП Роботикс» <https://www.smprobotics.ru/>

Компания специализируется в области создания различных роботов (рис. 28), в том числе:

- видеосистем управления роботами, видеорегистраторов и компьютеров видеообработки для них;



Рис. 28. Образцы продукции ООО «СМП Роботикс»

- специализированных шасси, создаваемых под задачи потенциальных потребителей беспилотных наземных транспортных средств. Для оптимального решения задач исследуются вопросы применения как колёсных, так и гусеничных электрических шасси в диапазоне грузоподъёмностей от 40 до 100 кг.

АО «Сигма-Оптик» <http://sigma-optic.com/>

Специализация компании — разработка, изготовление и поставка высокотехнологичных средств измерений и диагностики, действие которых основано на достижениях акустики, оптики, акустооптики и электроники, в том числе: приборов для технологического контроля в микроэлектронике; акустических преобразователей и приёмников; приборов медицинского назначения; приборов для экологии и природопользования; для контроля и диагностики технологического оборудования систем добычи, хранения и транспортировки газа; для пищевой промышленности; для контроля и диагностики энергетического, технологического и металлургического высокотемпературного оборудования в процессе его эксплуатации (рис. 29).

АО «Дизайн Центр «Союз» <http://www.dcsouyz.com/>

АО «Дизайн Центр «Союз» создано в 2005 г. Основные направления деятельности: разработка, производство и поставка современных отечественных аналоговых и аналого-цифровых полужаказных и конфигурируемых микросхем, в том числе аналого-цифровых БМК, программируемых аналоговых микросхем, DC-DC-регуляторов.



Рис. 29. Образцы продукции АО «Сигма-Оптик»

ООО «СТК-ВИКОМ» <http://www.ipower.ru/>

Компания «СТК-ВИКОМ» занимается разработкой и производством источников питания для любых отраслей по требованиям заказчика и техническим спецификациям, в том числе системами питания, силовыми модулями, системами управления (рис. 30).

Продукция «СТК-ВИКОМ» широко применяется в области лазерных технологий, электрохимии, термической обработки, в транспорте и медицине как в России, так и в странах ЕЭС, США, Китае, Южной Кореи.

АО «НИИ «Субмикрон» <http://submicron.ru/>

Научно-исследовательский институт «Субмикрон», образованный 24 августа 1989 г., должен был стать основой Центра информатики и электроники (ЦИЭ) и «второй очереди Зеленограда». Однако в связи с наступившей в стране перестройкой этим планам не суждено было сбыться. Днём возрождения «Субмикрона» можно считать 19 января 2000 г., когда в компанию из НИИ «Научный центр» пришла большая группа опытных разработчиков во главе с В.Г. Сиренко, ядро которой было создано ещё в СВЦ, а затем в ходе реорганизации группа перемещалась в НИИТТ, НИИ НЦ.

Основным видом деятельности АО «НИИ «Субмикрон» является проектирование современными методами малых серий модулей для высоконадёжной, сбоеотказоустойчивой аппаратуры вычислительных комплексов космических и авиационных



Рис. 30. Образцы продукции компании «СТК-ВИКОМ»



Рис. 31. Образцы продукции НИИ «Субмикрон»

систем управления, спутниковой связи и навигации, систем приёма и обработки радиолокационной и гидроакустической информации (рис. 31).

Большинство отечественных космических аппаратов, самолётов и вертолётов оснащены изделиями «Субмикрона».

ГНЦ РФ НПК «Технологический центр» <http://www.tcen.ru/>

НПК «Технологический центр» был основан в июне 1988 г. как университетский исследовательский центр МИЭТ. В 2000 г. зарегистрирован как самостоятельная организация — Государственное учреждение «Научно-производственный комплекс «Технологический центр» Московского института электронной техники» (ГУ НПК ТЦ МИЭТ).

В 1994 г. ему присвоен статус Государственного научного центра (ГНЦ). НПК «Технологический центр» является единственным в России государственным научным центром, где осуществляются комплексные исследования и разработки в области микро- и нанoeлектроники, микро- и наносистемной техники и приборов специального назначения на их основе (рис. 32).

В 2011 г. НПК «Технологический центр» МИЭТ отнесён к 1-й категории (научные организации — лидеры).

НПК ТЦ МИЭТ располагает научно-исследовательской, проектной и производственной базой.

Исследования и разработки НПК «Технологический центр» ведутся по следующим направлениям:

- микроэлектроника,
- микро- и наносистемная техника и микродатчики,

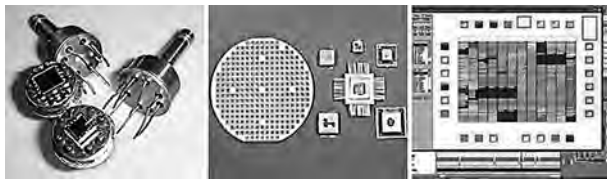


Рис. 32. Образцы продукции НПК «Технологический центр»



Рис. 33. Образцы продукции компании «ЭКСИС»

- микроэлектронная аппаратура,
- нанотехнологии.

ЗАО «ЭКСИС» <http://www.eksis.ru/>

ЗАО «Экологические сенсоры и системы» (ЗАО «ЭКСИС») создано на базе одного из подразделений ОАО «Практик-НЦ». Основным направлением его деятельности является производство измерительных приборов, пользующихся наибольшим спросом (гигрометры, анемометры, термометры электронные и т. п.) (рис. 33), а также их поставка конечным потребителям.

Группа компаний «ЭЛВИС»

Предприятия разрабатывают и производят ИС, в том числе системы на кристалле (СнК) и различные системы на их основе. ИС производятся на контрактных отечественных и зарубежных производствах уровня до 28 нм.

АО НПЦ «ЭЛВИС» <http://multicore.ru/> www.elvees.ru/

АО «Научно-производственный центр «Электронные вычислительно-информационные системы» (АО НПЦ «ЭЛВИС») разрабатывает микросхемы типа СнК на базе собственной платформы проектирования «МУЛЬТИКОР» (рис. 34). Среди них:

- процессоры «Мультикор»;
- радиационно-стойкие микросхемы для космических аппаратов;
- микросхемы для СВЧ-трактов широкополосных систем связи.

НПЦ «ЭЛВИС» специализируется также в областях:

- процессорных архитектур, аналого-цифровых и радиочастотных ИС,



Рис. 34. Примеры микросхем НПЦ «ЭЛВИС»

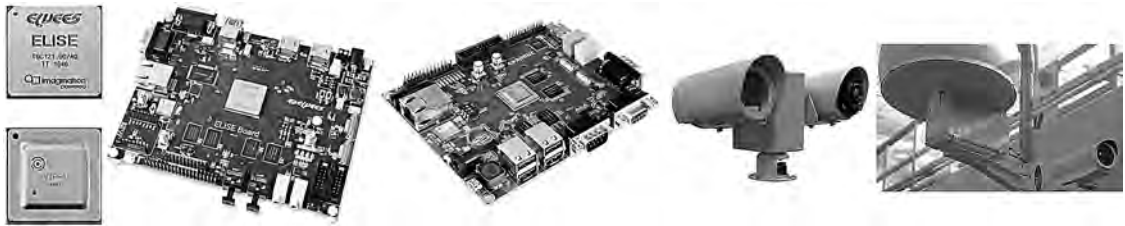


Рис. 35. Продукция компании «ЭЛВИС-НеоТек» – «мозг, глаза и уши» для разрабатываемых систем

СнК, искусственного интеллекта, компьютерного зрения, обработки радиолокационных сигналов;

- интегрированных систем безопасности: обнаружения и сопровождения наземных, надводных и воздушных целей «ЕНОТ», мониторинга и управления безопасностью, наблюдения и определения местоположения персонала на режимных объектах в реальном времени, контроля доступа и учёта рабочего времени, построения единых многофункциональных систем безопасности на базе платформы Senesys-M.

АО «ЭЛВИС-НеоТек» <http://elveesneotek.com/index.php?id=1>

«ЭЛВИС-НеоТек» — разработчик и производитель высокотехнологичных систем безопасности с применением технологий распознавания образов, компьютерного зрения, радиолокационного, видео-, тепловизионного наблюдения (рис. 35).

Объекты применения: аэропорты, морские порты, железные и автомобильные дороги, транспортная инфраструктура, безопасный город, охрана границы, ТЭК, объекты энергетики и др.

АО «Элвис-Плюс» <http://www.elvis.ru/>

Основным видом деятельности компании являются разработка и производство программно-аппаратных комплексных телекоммуникационных и информационных автоматизированных систем обработки, хранения и передачи информации в широком спектре уровней её защиты.

АО «НТЦ Элинс» <http://aha.ru/~olvvisu/profile.htm>

АО «Научно-технический центр ЭЛИНС» основано в 1991 г. Компания специализируется в создании стационарных и носимых средств вычислительной техники (процессоров, ЭВМ, микроконтроллеров, устройств ввода-вывода и связи, программного обеспечения и систем на их основе) для жёстких условий эксплуатации со средствами защиты информации (рис. 36).



Рис. 36. Специализированные управляющие и носимые компьютеры компании «НТЦ Элинс»

ООО «Компания «ЭЛТА»

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

Компания образована в 1993 г. Специализация — разработка, производство и поставка надёжных и простых в обслуживании высокотехнологичных электронных медицинских приборов, позволяющих проводить диагностику состояния здоровья в домашних условиях (рис. 37).



Рис. 37. Образцы продукции компании «ЭЛТА»

АО «ЭПИЭЛ» <http://epiel.ru/>

АО «ЭПИЭЛ» (ЭПИтаксиальные структуры для Электроники) — ведущее предприятие в России, специализирующееся на производстве эпитаксиальных структур на основе кремния и сапфира для широкого спектра интегральных схем, дискретных силовых приборов и многих других электронных компонентов (рис. 38).

Более 50 предприятий радиоэлектроники России являются потребителями продукции АО «ЭПИЭЛ». Компания осуществляет поставки в Европу, США, Канаду и страны Юго-Восточной Азии.



Рис. 38. Продукция компании «ЭПИЭЛ»



Рис. 39. Образцы продукции ГК ISBC

Группа компаний ISBC <http://isbc.ru/>

Центр исследований и разработок Группы компаний ISBC фокусируется на разработке RFID-технологий (преимущественно HF- и UHF-диапазонов) и программных продуктов для индустрии смарт-карт (рис. 39).

Заключение

Мы рассмотрели «патриархов» и 34 новых предприятия зеленоградской электроники из более чем 170 членов кластера «Зеленоград». Всех их в статье представить невозможно. Выбор был сделан по трём признакам: значимость предприятия, наличие у него сайта и желание представить разнообразие их специализаций, соответствующих электронике.

Этот обзор убедительно доказывает, что Зеленоград как создавался городом электроники, так сегодня им и остаётся, несмотря на поверхностную, несправедливую и вредную для страны оценку Зеленограда и всей отечественной микроэлектроники, в наши дни, к сожалению, популярную в высших властных и деловых структурах государства. А это означает, прежде всего, пренебрежение достоинством страны — опытом дедов, отцов и современников, создавших отечественную микроэлектронику, сохранивших её (увы, не без потерь) в ходе реформ и ныне отдающих свои силы и интеллект на её возрождение до уровня, требуемого для обеспечения безопасности страны.

Но их явно недооценивают. И это, на мой взгляд, может весьма негативно отразиться на дальнейшей судьбе как отечественной микроэлектроники, так и страны в целом.

Раздел 3

Машины

Ю.В. Рогачев

ЭВМ М4–2М – основа вычислительной сети СПРН¹

Предыстория появления М4–2М

В конце 1940-х годов член-корреспондент АН СССР Исаак Семёнович Брук (1902–1974) одним из первых в СССР оценил возможность и важность создания цифровых вычислительных машин. После обращения И.С. Брука в Президиум АН СССР в 1950 г. в Лаборатории электросистем Энергетического института им. Г.М. Кржижановского (ЭНИН) АН СССР был открыт заказ на разработку и изготовление автоматической цифровой вычислительной машины (АЦВМ) М-1.

В конце 1951 г. машина М-1 была изготовлена, в декабре успешно прошла испытания, и вскоре началась её плановая эксплуатация. Одним из первых, уже в январе 1952 г., на М-1 решал свои задачи академик С.Л. Соболев, в то время заместитель по научной работе в институте академика И.В. Курчатова. Им были проведены расчёты по обращению матриц большой размерности для задач, связанных с газодиффузионным обогащением урана.

В группу разработчиков АЦВМ М-1 входили младшие научные сотрудники Т.М. Александриды, А.Б. Залкинд, М.А. Карцев, Н.Я. Матюхин, конструктор И.А. Кокалевский и техники Л.М. Журкин, Ю.В. Рогачев, Р.П. Шидловский.

Опыт И.С. Брука по созданию первой электронной вычислительной машины в стране оказался удачным. В 1952 г. в Лаборатории электросистем группой разработчиков, руководимой Михаилом Александровичем Карцевым, была разработана быстродействующая ЭВМ М-2. Уже на следующий год она была введена в эксплуатацию и использовалась для расчётов ведущими институтами и конструкторскими бюро (КБ) СССР.

В 1956–1957 гг. другой группой разработчиков Лаборатории электросистем, возглавляемой Николаем Яковлевичем Матюхиным, была создана малая универсальная вычислительная машина М-3.

¹ Система предупреждения о ракетном нападении. – Ред.

В 1956 г. на базе Лаборатории электросистем ЭНИН в Академии наук СССР под руководством И.С. Брука была образована Лаборатория управляющих машин и систем (ЛУМС) АН СССР.

ЭВМ М-4 и М4-М

В 1957–1958 гг. в Советском Союзе в массовом производстве начали осваиваться первые типы транзисторов. Их применение вместо радиоламп сулило значительный прогресс в развитии вычислительной техники, резко повышая надёжность и быстродействие ЭВМ. Разработчики ЭВМ это чувствовали сильнее других. Поэтому в Лаборатории управляющих машин и систем АН СССР широко развернулись исследования характеристик транзисторов (надёжности, стабильности параметров, скорости работы и др.) в различных режимах их работы в электронных схемах ЭВМ. Разрабатывались различные варианты схемных решений элементов на транзисторах: статические, динамические, импульсные, потенциально-импульсные, потенциальные.

Вот только некоторые из этих работ, результаты которых в своё время были опубликованы:

- *Бельнский В.В., Иванов Л.В., Клыков Л.В.* Импульсные схемы систем элементов цифровых машин;
- *Чернов А.Н.* Узлы арифметического устройства с динамическим триггером на плоскостном кристаллическом триоде;
- *Бельнский В.В., Золотаревский В.И., Иванов Л.В., Кукушкина Н.А.* Потенциально-импульсная система элементов цифровых машин;
- *Карцев М.А., Рогачев Ю.В.* Потенциальные полупроводниковые элементы и построение из них логических схем.

Результаты этих исследований подтверждали надёжную работоспособность и возможность на освоенных в то время транзисторах построить электронные схемы для вычислительных машин с быстродействием свыше 10 тыс. операций в секунду.

В 1950-х гг. Радиотехнический институт (РТИ) АН СССР под руководством академика А.Л. Минца приступил к разработке двух радиолокационных станций — РЛС ЦСО-П и РЛС ЦСО-С (главный конструктор Ю.В. Поляк), предназначенных для контроля космического пространства.

Зная о создании ЭВМ в Лаборатории управляющих машин и систем АН СССР, А.Л. Минц обратился к И.С. Бруку с предложением разработать электронную вычислительную машину для управления и обработки информации этих РЛС. Предложение было принято, и в плане работ ЛУМС на 1958 год появилась новая тема — разработка ЭВМ М-4.

Техническое задание (ТЗ) на разработку ЭВМ М-4 утвердили директор РТИ А.Л. Минц и директор ЛУМС И.С. Брук. Руководителем разработки был назначен М.А. Карцев. Основные разработчики: Г.И. Танетов, Л.В. Иванов, Р.П. Шидловский, Ю.В. Рогачев, Г.И. Смирнова, Е.Н. Филинов, Е.С. Шерихов, В.П. Кузнецова.



А.Л. Минц



И.С. Брук



Ю.В. Поляк

Официально разработка М-4 началась в январе 1958 г. В состав машины вошли арифметическое устройство, устройство управления, оперативная и постоянная внутренняя память, устройства ввода-вывода, система питания и пульт. Помимо этого, в ней предусматривались два специализированных устройства — устройство сопряжения с аппаратурой РЛС и устройство отображения информации. Конструктивные единицы: шкаф, блок, субблок.

ЭВМ М-4 была однопроцессорной асинхронной одноадресной машиной. Система команд имела большой набор арифметических операций, операции управления и обмена. Связь с объектом управления осуществлялась по однопроводному шлейфу, из внешних устройств присутствовали фотоввод и «быстрая» печать.

Машина работала с 23-разрядными числами с фиксированной запятой (отрицательные числа представлялись в дополнительном коде). Кроме того, она содержала узлы приёма и выдачи информации с собственной буферной памятью и имела параллельный ввод-вывод информации по 14 каналам со скоростью более 6 тыс. чисел в секунду.

В машине М-4 была предусмотрена аппаратная реализация некоторых сложных арифметических операций (извлечение квадратного корня, двойное сравнение и др.). Для преобразования адресов служило специальное 10-разрядное арифметическое устройство.

В ЭВМ М-4, одной из первых в СССР транзисторных машин, использовались потенциально-импульсная система логических элементов, транзисторы, полупроводниковые (германиевые) диоды и электронные лампы.

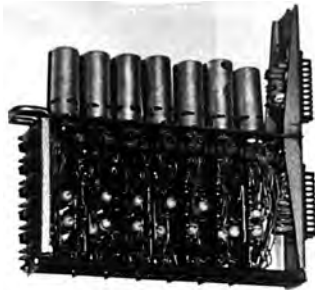
Машина имела три уровня конструктивных единиц: шкаф, блок и субблоки — транзисторный и ламповый. Для управления и контроля работы устройства использовалась специальная конструкция блока контроля.



Блок контроля



Транзисторный субблок



Ламповый субблок

Изготовление машины было поручено Загорскому электромеханическому заводу (ЗЭМЗ). В апреле 1958 г. на завод были направлены полный комплект конструкторской документации на машину и основные разработчики М-4 для сопровождения производства.

В сентябре 1958 г. ЛУМС АН СССР был преобразован в Институт электронных управляющих машин (ИНЭУМ) АН СССР, директором которого стал И.С. Брук.

Летом 1960 г. ЗЭМЗ изготовил два комплекта устройств машины М-4 и поставил их в Радиотехнический институт (РТИ). Здесь под руководством М.А. Карцева была завершена настройка первого комплекта М-4.

Основные технические характеристики ЭВМ М-4

- Система счисления — двоичная.
- Представление чисел — 23 разряда с фиксированной запятой.
- Быстродействие:
 - 50 тыс. сложений или вычитаний в секунду,
 - 15 тыс. умножений в секунду,
 - 5,2 тыс. операций деления или извлечения квадратного корня в секунду.
- Объём оперативной памяти — 1024 23-разрядных числа.
- Объём постоянной памяти — 1024 23-разрядных числа.

В январе 1961 г. первый комплект М-4 был отправлен на объект в районе озера Балхаш для стыковки и совместной работы с РЛС ЦСО-П. Туда же направлялись и разработчики М-4.

Объём работ и количество участников разработки непрерывно увеличивались. В институте была создана специальная лаборатория № 2, которую возглавил М.А. Карцев. В состав сотрудников лаборатории вошли (полный список): Г.И. Танетов, Л.В. Иванов, Р.П. Шидловский, Г.И. Смирнова, Е.С. Шерихов, Ю.В. Рогачев, В.П. Кузнецова, Р.П. Макарова, Ю.Е. Авалиани, И.З. Блох, В.М. Емелин, Ю.И. Галкин, В.А. Лазарев, В.С. Соколов, Г.В. Коростылев, З.Н. Гаврилина, Л.И. Пиastro, В.Я. Рожавский, Б.Л. Квин,

В.И. Никитин, А.Ф. Лапин, С.Н. Самсонов. Несколько позднее к ним присоединились В.А. Брик, Ю.Н. Мельник, Л.Я. Миллер, Л.Д. Степанов, Т.Н. Хомич, Е.А. Братальский, В.И. Самойлов, О.Н. Бибииков, Б.Н. Соловьев, Н.М. Сухова. Для отработки программного обеспечения на объекте к работе спецлаборатории № 2 подключились Е.В. Гливенко, Л.Н. Ковалева, В. Филиппов.

В январе 1961 г. И.С. Брук и А.Л. Минц утвердили дополнительное техническое задание на доработку второго комплекта ЭВМ М-4, предназначенного для управления и обработки информации РЛС дециметрового диапазона, — ЦСО-С.

Руководство проведением этой работы поручили Ю.В. Рогачеву. Предстояло разработать и включить в состав машины устройство первичной обработки информации (УПО) и контрольно-регистрирующее устройство на магнитной ленте. Доукомплектованная машина получила обозначение М4-М.

Функциональная схема УПО предусматривала наличие широкоформатных регистров, обеспечивающих параллельную обработку до 16 радиолокационных сигналов. В состав УПО входили: переключатель секторов, преобразователь кодов, накопитель, пороговое устройство, устройство перекодирования, устройство определения координат, буферная память и др.

При проектировании УПО была разработана принципиально новая потенциальная система логических элементов, основу которой составлял не триггер, а инвертор-формирователь уровней. Отличительные особенности этой системы элементов:

- высокая степень унификации элементов;
- унификация типов связей между элементами;
- использование радиодеталей массового производства без какой-либо дополнительной проверки или разбраковки;
- малая чувствительность в сравнительно широких пределах к изменениям параметров деталей и напряжений питания (кроме нескольких специально оговорённых мест);
- высокое быстродействие;
- широкие логические возможности, позволяющие создавать ряд оригинальных построений.

Были внесены и существенные технологические изменения. Унификация элементов и связей между элементами обеспечила возможность построения функциональных



Фрагмент шкафа ЭВМ М-4

схем УПО, формируя унифицированные ячейки (некоторое подобие появившихся позднее микросхем), что значительно повысило технологичность разработки, изготовления, настройки и эксплуатации устройства. Сложная монтажная плата транзисторного субблока заменялась набором из шести типов унифицированных ячеек.

В ноябре 1961 г. Загорский электромеханический завод получил конструкторскую документацию на УПО и внёс свой вклад в освоение этого устройства в производстве, впервые внедрив в технологию изготовления ячеек односторонние печатные платы.

В марте 1962 г. ЗЭМЗ изготовил и поставил УПО в ИНЭУМ. В это же время в ИНЭУМ из РТИ был перемещён и второй комплект М-4 для настройки и комплексной стыковки с УПО.

В июле того же года настройка УПО была завершена. Дальнейшее руководство работами по настройке машины М-4М было возложено на Г.И. Смирнову. Вместе с опытными инженерами спецлаборатории № 2 к этой работе подключились молодые специалисты Л.Я. Миллер и Л.И. Лушпин.

В июле 1962 г. первый комплект ЭВМ М-4 совместно с радиолокационной станцией ЦСО-П успешно выдержал государственные испытания, и на объекте в районе озера Балхаш началась их опытная эксплуатация по обнаружению спутников.

В ноябре 1962 г. вышло Постановление Совета Министров СССР о запуске ЭВМ М-4 в серийное производство.



М.А. Карцев

ЭВМ М4–2М – основа вычислительных комплексов СПРН

В процессе ввода в опытную эксплуатацию РЛС ЦСО-П, в котором принял активное участие М.А. Карцев, и ознакомления с дальнейшими планами построения единой территориальной системы РЛС дальнего обнаружения и контроля космического пространства стало очевидно, что назрела необходимость создания принципиально новой вычислительной машины, поскольку производительности М-4 оказалось недостаточно. Требовались более высокое быстродействие и надёжность. Таких требований техническое задание на проектирование ЭВМ М-4 не выдвигало: элементная база 1958 г. ещё не была к этому готова. М.А. Карцев подготовил проект технического задания на новую машину — ЭВМ М4–2М.

ЭВМ М4–2М — вычислительная машина с повышенными техническими и эксплуатационными характеристиками, способными

обеспечить построение вычислительных комплексов (ВК) обработки радиолокационной информации нескольких уровней: ВК управления, функционирования и обработки информации отдельной радиолокационной станции, ВК командного пункта территориального узла нескольких РЛС и ВК командного пункта всей системы контроля космического пространства — КП СПРН.

В марте 1963 г. новое ТЗ было утверждено, и решением ВПК Институту электронных управляющих машин (ИНЭУМ) была поручена разработка, а Загорскому электромеханическому заводу — серийное производство машин М4–2М. Главным конструктором назначался М. А. Карцев, а его заместителями — Ю. В. Рогачев, Л. В. Иванов и Р. П. Шидловский.

М4–2М была синхронной одноадресной машиной с арифметикой с плавающей запятой, с использованием ускорения умножения второго порядка, с активными и пассивными индикаторами в системе прерывания.

Машина включала шесть типов устройств: арифметическое устройство, вспомогательное арифметическое устройство, устройство управления, оперативную память (ОП), постоянную память (ПП), устройство управления внешними устройствами, а также пульт управления.



Ю. В. Рогачев



Л. В. Иванов



Е. В. Гливенко



Е. И. Цибуль



Ю.Н. Мельник

М4–2М выпускалась в виде трёх модификаций (5Э71, 5Э72 и 5Э73), различавшихся объёмами внутренней памяти, оперативная память — от 4096 до 16 384 слов, постоянная память — от 2×4096 до 2×8192 слова.

Разрядная сетка машины имела 29 разрядов. Арифметические операции выполнялись с плавающей запятой: один разряд был знаковым, 8 разрядов отводилось на порядок и 20 разрядов составляла мантисса числа. Система команд предусматривала операции с получением результата с 40-разрядной мантиссой. Машина обеспечивала быстроедействие 220 тыс. операций в секунду (оп/с). За один машинный такт в 4,5 мкс выполнялась любая операция: логическая, арифметическая или операция управления.

Формат команд М4–2М

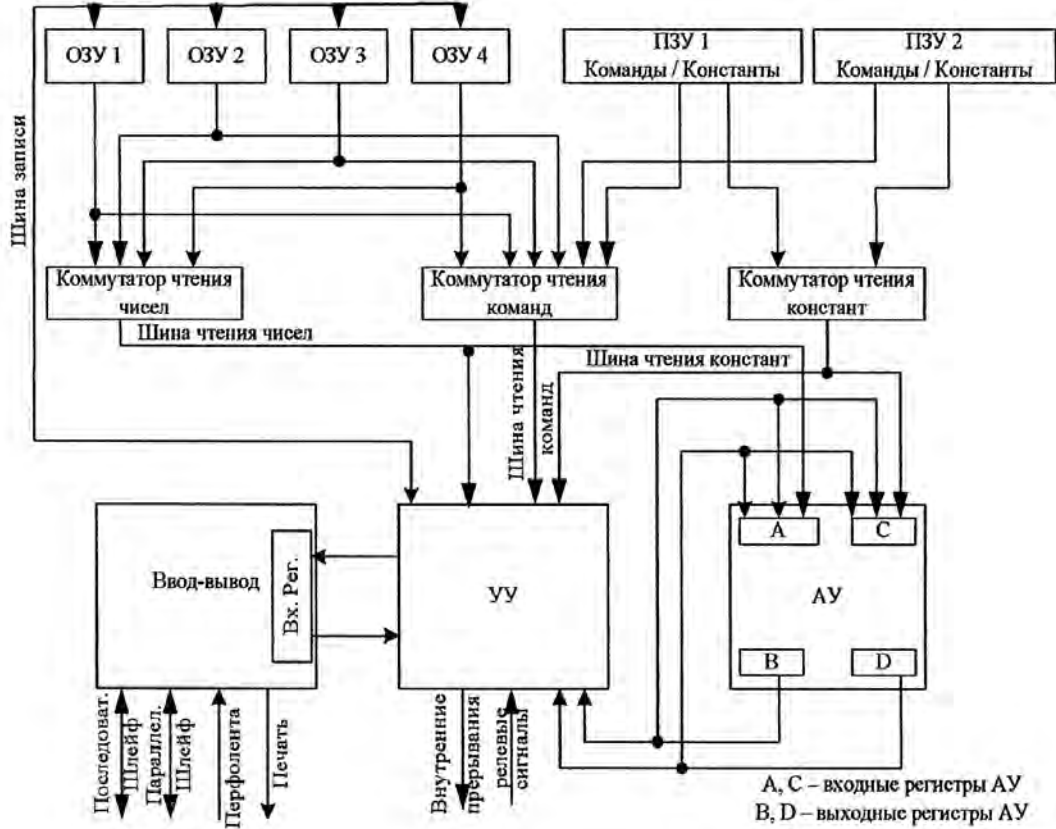
Инструкция (команда) М4–2М занимает 29 разрядов (разряды 0–28), которые делятся на поля, задающие коды управления. Поле 0 инструкции всегда занимает разряды 25–28 и является полем кода операции. Код операции 0 определяет инструкции управления, расшифрованные в табл. 1. Коды операций с 1-го по 15-й задают арифметические и логические операции, расшифрованные в табл. 2.

Инструкции управления, приведённые в табл. 1, имеют 7 полей (7 основных столбцов в табл. 1). В первом поле, состоящем из трёх разрядов (0–2), определяются инструкции приёма информации в регистры модификации адреса РМ (единица в одном из разрядов 0–2 определяет приём информации из регистра результата адресной арифметики РР в соответствующий регистр РМ).

Во втором поле, также состоящем из трёх разрядов (3–5), приводятся значения указанных разрядов, определяющие число, которое будет записано в регистре РР. Например, если разряды с 3-го по 5-й будут содержать код 100, то в регистре РР окажется число, представляющее собой сумму содержимого регистра адреса операнда РА и содержимого регистра РМ1. Если разряды с 3-го по 5-й второго поля инструкции управления будут содержать 000, то в регистр РР будет передано содержимое регистра адреса операнда РА.

Если в поле 3 в 6-м разряде инструкции управления стоит 1, будет осуществлена запись из регистра, указанного в поле 6, в оперативную память.

Коды в разрядах 21–24 поля 6 определяют, какая именно операция управления будет выполняться. Например, код 0001 указывает, что будет производиться



Блок-схема ЭВМ М4–2М: А, С – входные регистры АУ; В, D – выходные регистры АУ

по адресу в поле 5 запись в ОП из регистра РМ1 или запись из ЗУ (ОП или ПП) в РМ1 в зависимости от значений в полях 3 и 4.

Четвёртое и пятое поля из разрядов 7 и 8 определяют приём информации из оперативной и постоянной памяти в регистр, указанный в поле 6.

Шестое поле из разрядов 9–20 определяет адрес в оперативной или постоянной памяти, откуда будет производиться запись в регистр, или адрес в оперативной памяти, куда будет производиться запись из регистра.

В поле 0 (разряды 25–28 инструкции управления) код операции равен 0000.

Инструкции арифметического устройства

В табл. 2 приведены инструкции арифметического устройства, имеющие 9 полей.

В первом поле из трёх разрядов (0–2) определяется приём в регистры. Единица в нулевом разряде вызывает передачу содержимого регистра В в регистр D. Разряды 1 и 2 определяют, в какой регистр — РМ1 или РМ2 — будет передано содержимое регистра РР.

Во втором поле из разрядов 3 и 4 задаётся, что будет передано в регистр РР.

В третьем поле из разрядов 5 и 6 определяется, из какого регистра — В или D — будет производиться запись в оперативную память.

Единица в четвёртом поле (разряд 7) определяет передачу числа из ОП в регистр А.

Единица в пятом поле (разряд 8) определяет передачу константы (непосредственного операнда) из ПК в регистр С.

В шестом поле в разрядах 9–20 указывается адрес ячеек в ОП и ПП для выполнения операций, указанных в полях 3–5.

В поле 7 в разрядах 21 и 22 указывается, откуда производится приём информации в регистр А, а в поле 8 в разрядах 23 и 24 — откуда производится приём информации в регистр С.

В поле 0 задаются коды арифметических операций. Например, код 1000 указывает, что надо выполнить операцию умножения числа в регистре А на число в регистре С, а результат занести в регистр В.

Как показывает блок-схема ЭВМ М4–2М, блоки оперативной памяти связаны с устройством управления шинами по 29 разрядов. В устройстве управления эти шины объединяются в шину чисел (шину данных) и в шину команд. Таким образом, из оперативной памяти могли читаться и операнды, и команды. Это было удобно при отладке рабочих программ РЛС, так как вместо постоянной памяти, где обычно при эксплуатации хранятся такие рабочие программы, можно было использовать дополнительные шкафы оперативной памяти.

М4–2М имеет развитую систему прерывания — 12 активных и 12 пассивных индикаторов прерывания от внешних источников (объектов управления). Время реакции на активные прерывания составляло 2–3 машинных такта.

Связь с объектом управления и другими системами осуществляется по последовательному синхронному шлейфу с пропускной способностью 100 Кбит/с.

Был предусмотрен и параллельный шлейф для связи между ЭВМ при построении вычислительных комплексов из нескольких машин.

Таблица 2

Инструкции арифметического устройства, имеющие 9 полей

1 поле			2 поле		3 поле		4 поле	5 поле	6 поле		7 поле		8 поле		0 поле			
Прием в регистры			Операция РР		Запись		Прием из оперативной памяти	Прием из ПП	Адрес		Прием в регистр первого операнда А		Прием в регистр второго операнда С		Код операции			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9-20	21-22	23-24	25	26	27	28			
1	1	1	1 0 РР=РА+РМ1	0 1 В → ОП	1	1				1 0 В → А	1 0 В → С	П ← М						
Передача результата операции В → D	РР → РМ1	РР → РМ2	0 1 РР=РА+РМ2	1 1 D → ОП	ОП → А	ПК → С				0 1 D → А	0 1 D → С	0	0	1	0	С → В		
			1 1 РР=РА+Р- М1+РМ2	1 0 -			0	0	1	1	Отсутствие операции							
			0 0 РР=РА	0 0 -			0	1	0	0	A ⊕ C							
							0	1	0	1	C ≥ A							
							0	1	1	0	A ∧ C							
							0	1	1	1	A ≥ C							
							1	0	0	0	A × C = B							
							1	0	0	1	A - C = B							
							1	0	1	0	C - A = B							
							1	0	1	1	A + C = B							
		1	1	0	0	A × C (дв. т.)												
		1	1	0	1	A - C (дв.т.)												
		1	1	1	0	C - A (дв. т.)												
		1	1	1	1	A + C (дв. т.)												

Примечание. Обозначение «дв. т.» – операции с двойной точностью.



В.А. Брик



В.М. Емелин



Б.Л. Квин



Л.Я. Миллер

Работы по созданию М4–2М начались в конце 1962 г. Шла отработка элементной базы и конструкции, модернизировалась система потенциальных полупроводниковых логических элементов, построенная на современных высокочастотных транзисторах разной проводимости и мощности и способная обеспечить запуск машины в серийное производство без макетирования и изготовления опытного образца.

В электронных схемах использовались транзисторы П416 Б, П609 А, 2Т 301 Д, МП15 и МП10, стабилитроны Д808, диоды Д18 и Д219 А.

Уточнялась структура машины и её устройств.

Конструктивные единицы: ячейка, блок, шкаф.



Л.З. Либуркин



И.Н. Ушаков



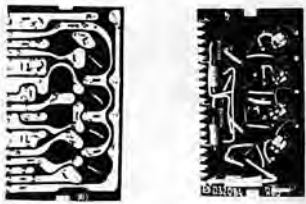
Г.Н. Смирнова



Г.Н. Пусенков

В состав машины входило шесть типов устройств и пульт управления:

- АУ — арифметическое устройство,
- ВАУ — вспомогательное арифметическое устройство,
- УУ — устройство управления,
- ОП — оперативная память,
- ПП — постоянная память,
- ВУ — внешнее устройство,
- ПУ — пульт управления.



Конструкция логических ячеек



Логический блок



Шкаф

В сентябре 1963 г. Загорский электромеханический завод получил полный комплект конструкторской документации на ЭВМ М4–2М. Ровно через год, в сентябре 1964 г., завод изготовил и выставил под настройку и испытания все устройства головного образца машины М4–2М.

Чёткая организация работ на заводе, активное личное участие в решении технических вопросов руководителей завода, служб и цехов — В. Г. Попова, А. Г. Шишилова, Н. В. Горшкова, К. В. Агафонова, В. М. Неймана, Л. И. Борисова, Ю. Н. Успенского, В. А. Мушников, А. И. Голубева, Н. Н. Антипова, А. Г. Мищенко, В. С. Мухтарулина, Е. А. Лопатина, Н. Снеткова, В. А. Бубенцова и других — обеспечили своевременный запуск машины в серийное производство.



Общий вид ЭВМ М4-2М (мод. 5371)



А.Г. Шишилов



Ю.Н. Успенский



В.А. Мушников



В.С. Мухтарулин

В ноябре 1964 г. комиссия Заказчика приняла головной образец в эксплуатацию. После успешного завершения испытаний представитель Министерства обороны В.Н. Байбаков, принимавший участие в приёмке М4–2М (мод. 5Э71), заявил, что впервые в его практике «так блестяще прошла сдача машины с первого предъявления».

К концу этого года ещё шесть комплектов М4–2М были приняты Заказчиком и отгружены на объекты их постоянной эксплуатации.

Основные технические характеристики ЭВМ М4–2М

- Система счисления — двоичная.
- Количество двоичных разрядов — 29.
- Представление чисел — с плавающей запятой.
- Быстродействие — 220 тыс. оп/с.
- Оперативная память, Кбайт:
 - 5Э71 — 30,
 - 5Э72 — 60,
 - 5Э73 — 120.
- Постоянная память, Кбайт:
 - 5Э71 — 60,
 - 5Э72 — 120,
 - 5Э73 — 120.

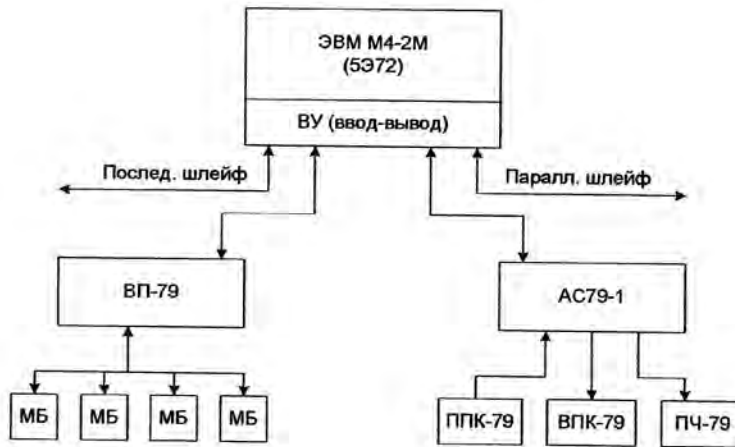
Примечания: 1. При замене матриц постоянной памяти с прошивкой на матрицы с электрической записью объем постоянной памяти (ПП) в каждой модификации увеличивается вдвое.

2. При совместной работе в вычислительном комплексе КП СПРН ЭВМ М4–2М и М4–3М суммарная производительность достигает 400–450 тыс. оп/с.

В успешное завершение разработки машины вложили свои знания, энергию, труд инженеры и техники спецлаборатории № 2, а также конструкторы института:

- по устройству управления и машине в целом: М.А. Карцев, Л.З. Либуркин, Т.В. Архангельская, В.Г. Кузьмич, Л.С. Гамынина, В.С. Иванова, И.Н. Ушаков, Л.Г. Воробьева;
- по арифметическому устройству: Г.И. Танетов, В.А. Брик, Ю. Борисов;
- по устройству оперативной памяти: Л.В. Иванов, В.М. Емелин, Ю.И. Галкин, Р.П. Макарова, И.З. Блох, Е.Н. Аболина, В.А. Лазарев, С.Г. Виноградов, В.Г. Антонов;
- по устройству постоянной памяти: Р.П. Шидловский, А.А. Кудинов, Г.М. Кабаенкова, С.А. Лебедев, Б.Н. Соловьев, А.Н. Панов, Л.Д. Сокол, В.Н. Зенин, Б.И. Слипченко;
- по внешнему устройству: В.П. Кузнецова, Б.Л. Квин, Б.Л. Золоторевский, Л.А. Талашова, Т.А. Чернова, В.И. Штеренберг, Ф.А. Свищева, В.И. Корабчевский;
- по системе питания и пульту управления: Е.С. Шерихов, Л.Д. Степанов, Л.А. Калинина, В.В. Лагранж, Г.Д. Калмыков, В.Н. Соболева;
- по разработке элементной базы, по организации выпуска конструкторской документации, по организации работ авторского сопровождения производства на заводах-изготовителях и ввода в эксплуатацию машин на объектах Заказчика — Ю.В. Рогачев;
- конструкторы: Е.И. Цибуль, В.В. Грязнов, А.И. Дементьев, Ю.И. Ларионов, А.В. Гольдберг, А.Г. Давыдов, Р.Н. Ермакова, Г.Г. Бабкина, Г.В. Антипова, В.М. Гажеев, В.Е. Гуськов, Ю.В. Тихонов, В.Н. Никулин.

Технические и эксплуатационные характеристики М4–2М соответствовали заданным требованиям, в том числе по надёжности. Но для обеспечения непрерывной, безотказной круглосуточной работы РЛС в режиме боевого дежурства потребовалось на базе ЭВМ М4–2М создать трёхмашинные (трёхлинейные) вычислительные комплексы повышенной готовности и надёжности. Для создания вычислительных комплексов командных пунктов радиолокационных узлов и командного пункта системы в 1965–1966 гг. на той же технической базе были разработаны системы внешних устройств СВУ-79–1, СВУ-79–2 и внешний вычислитель — ЭВМ М4–3М (5Э79).



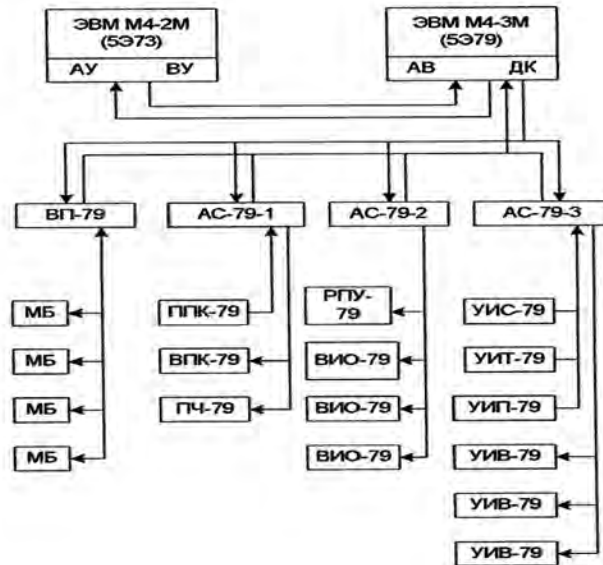
Линейка вычислительного комплекса КП радиолокационного узла:

- ВУ – устройство ввода-вывода (в современной терминологии – мост между интерфейсом внутренней памяти и портами шины ввода-вывода);
- ВП-79 – абонентское сопряжение внешней памяти на магнитных барабанах;
- МБ – магнитные барабаны;
- АС-79-1 – абонентское сопряжение перфокарточного ввода-вывода и печати;
- ППК-79, ВПК-79 – контроллеры перфокарточного ввода-вывода;
- ПЧ-79 – контроллер печатающих устройств.

Для управления абонентским сопряжением и контроллерами ввода-вывода командного пункта СПРН был создан внешний вычислитель ЭВМ М4-3М — программируемый мультиплексный канал ввода-вывода. Команда ЭВМ М4-3М имела 29 разрядов, так же как и команда ЭВМ М4-2М.

Устройства ВП-79 и АС-79-1-2-3 подключались к диспетчеру каналов ДК ЭВМ М4-3М посредством стандартной 29-разрядной шины ввода-вывода, аналогичной, например, сегодняшним ISA или PCI.

В 1965 г. круг работ разработчиков машины значительно расширился. Осуществлялись ввод в эксплуатацию вычислительных машин, их стыковка с радиолокационными станциями и отладка программ на объектах Заказчика в Казахстане (в районе озера Балхаш), в Восточной Сибири, в Прибалтике и в Заполярье. Обеспечивалось авторское сопровождение производства машин на заводе. Шла разработка новых устройств для построения вычислительных комплексов. Развернулись



Линейка вычислительного комплекса КП СРН:

- АС-79-2 – абонентское сопряжение контроллеров каналов передачи данных и средств отображения информации;
- РПУ-79 – контроллер каналов передачи данных;
- ВЮ-79 – контроллеры средств отображения;
- АС-79-3 – абонентское сопряжение средств управления;
- УИС-79, УИП-79, УИВ-79, УИТ-79 – контроллеры средств управления командного пункта.

и теоретические исследования новых направлений по дальнейшему развитию вычислительной техники в области архитектуры, элементной базы и технологии.

Разрастался коллектив разработчиков. Под руководством М.А. Карцева был создан отдел специальных разработок, в состав которого вошли спецлаборатория № 2 (руководитель Ю.В. Рогачев) и вновь созданные лаборатории: № 3 (руководитель Л.В. Иванов), № 4 (руководитель Р.П. Шидловский), № 5 (руководитель Е.В. Гливенко) и № 6 (руководитель Ю.Н. Мельник).

Отделу спецразработок была придана группа конструкторов под руководством Е.И. Цибуля.

Были определены направления деятельности лабораторий.

За спецлабораторией № 2 сохранялись общее руководство и организация работ по машинам и комплексам, а также разработка устройств управления, арифметических



В.М. Златников



Г.Н. Петрова



С.Г. Виноградов



В.Н. Зенин

устройств, внешних устройств машины и комплексов, пультов управления, источников вторичного питания и общего энергоснабжения.

Усилия спецлаборатории № 3 были направлены на разработку оперативных запоминающих устройств и на исследования перспективных направлений развития элементной базы ЭВМ.

Спецлаборатории № 4 поручалось исследование новых технических возможностей создания постоянных (долговременных) запоминающих устройств и их конкретная разработка.

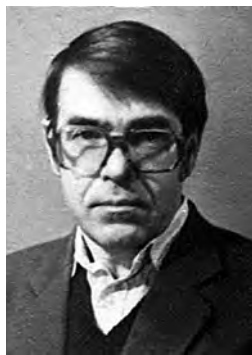
Спецлаборатория № 5 должна была заниматься разработкой, отладкой и вводом в эксплуатацию программного обеспечения вычислительных машин и комплексов, их стыковкой с программами пользователей.



А.Г. Коновалов



В.А. Колосов



В.В. Грязнов



В.С. Иванова

Спецлаборатория № 6 получила конкретное задание — разработку внешнего вычислителя (ЭВМ М4–3М) для вычислительного комплекса командного пункта системы.

В 1967 году постановлением СМ СССР отдел спецразработок ИНЭУМ из Министерства приборостроения СССР был переведён в Министерство радиопромышленности СССР в качестве Филиала № 1 ОКБ «Вымпел».

Продолжалась активная работа на всех радиолокационных узлах и на командном пункте СПРН. Основной состав научных сотрудников, инженеров, программистов и техников Филиала № 1 ОКБ «Вымпел» работал на объектах. На радиолокационных узлах в Казахстане и в Восточной Сибири ставились на боевое дежурство в составе РЛС «Днепр» ЭВМ модификации 5Э71. Командные пункты этих узлов оснащались вычислительными машинами модификации 5Э72 и системами внешних устройств СВУ-79–1. В Прибалтике и Заполярье в составе радиолокационных станций «Днепр-М» вводились в эксплуатацию ЭВМ 5Э72 и СВУ-79–1. На этих объектах разработчики ЭВМ занимались и отладкой рабочих программ РЛС. На командном пункте СПРН в Подмосковье отрабатывалось взаимодействие ЭВМ 5Э73 с внешним вычислителем и системой СВУ-79–2 в режиме приёма информации от радиолокационных узлов и выдачи результатов её обработки на устройства отображения.

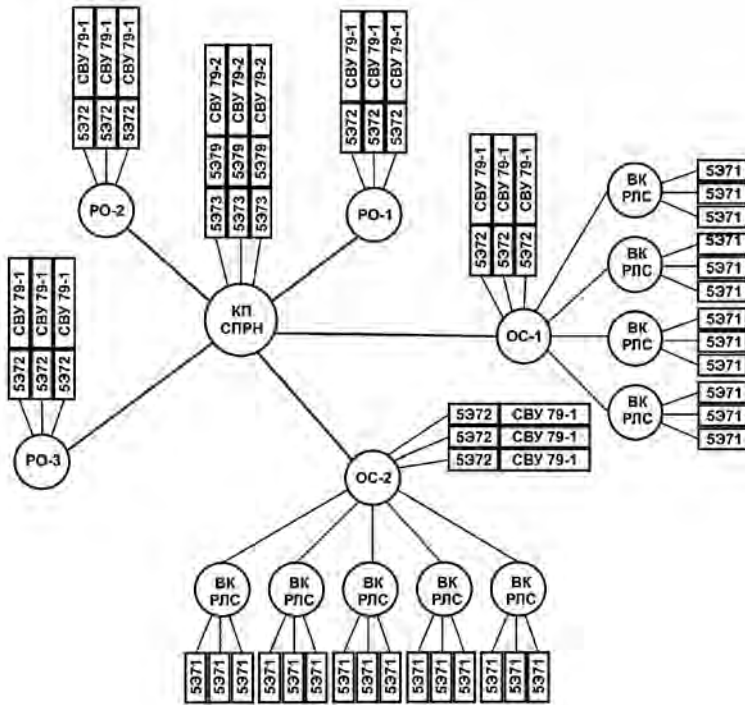
К 1969 г. работы по вводу в эксплуатацию вычислительных машин на объектах в Казахстане, Сибири, Заполярье и Прибалтике были завершены. На командном пункте в Подмосковье успешно прошли испытания вычислительного комплекса. Результаты испытаний показали высокую надёжность вычислительных средств, что впоследствии было подтверждено длительной эксплуатацией ЭВМ М4–2М (эти машины работали в составе РЛС «Днепр» свыше 30 лет). Среднее время их безотказной работы составляло более 900 часов, что на порядок превышало требования технического задания.



РЛС «Днепр» — основа первого этапа СПРН

На пяти радиолокационных узлах и командном пункте системы с 1965 по 1969 г. было введено в эксплуатацию свыше 50 ЭВМ М4–2М и М4–3М, соединённых каналами передачи данных длиной в десятки тысяч километров в единую вычислительную сеть.

В апреле 1967 г. успешно проведены государственные испытания под руковод-



Вычислительная сеть СПРН в 1971 г.

ством маршала артиллерии Ю.П. Бажанова, и первая РЛС «Днестр» радиолокационного узла ОС-2 в районе озера Балхаш была принята на вооружение Советской армии.

В 1967 году главному конструктору ЭВМ М4–2М М.А. Карцеву в составе авторского коллектива разработчиков РЛС «Днестр» была присуждена Государственная премия СССР.

В 1970 году под председательством заместителя начальника Генштаба генерала В.В. Дружинина успешно завершены испытания РЛС «Днестр-М», радиолокационных узлов РО-1, РО-2, СПД (системы передачи данных) КП СПРН, после чего они были приняты на вооружение Советской армии.

В 1971 году узлы ОС-1 и ОС-2 в составе четырёх РЛС «Днестр», четырёх РЛС «Днестр-М» и двух командных пунктов успешно прошли испытания совместно с системой ИС и были поставлены на боевое дежурство.

По результатам научно-исследовательских работ, внедрённым в создание машин серии М4–2М и М4–3М, были защищены диссертации: докторские (М.А. Карцев и Е.В. Гливенко) и кандидатские (Л.В. Иванов, Ю.В. Рогачев, Р.П. Шидловский, Ю.Н. Мельник, Е.А. Братальский, А.Ю. Карасик).

ЭВМ М4–2М находились в эксплуатации СПРН до середины 2000-х годов. Заместитель главного инженера Ленинградского производственно-технического предприятия Борис Александрович Андреев в 2012 г. вспоминал: «...Несколько слов насчёт ЭВМ М4–2М, год начала выпуска которой — 1964-й, конец выпуска — 1984-й. С 1971 года я лично принимал участие во вводе в эксплуатацию 9 этих ЭВМ сначала как инженер, а затем как руководитель пусконаладочной бригады. Эти ЭВМ были заменены на компьютеры IBM PC к середине 2000-х годов. Причём замена была произведена не переписыванием боевых программ, а созданием на IBM PC эмулятора команд ЭВМ М4–2М и загрузкой в IBM PC программы в кодах М4–2М. <...>

Отдельно хочется сказать о последовательном синхронном шлейфе с пропускной особенностью 100 Кбит/с ЭВМ М4–2М. Эта синхронная сеть разбивалась на 64, 128 или 256 каналов по 16 разрядов, и все устройства РЛС были синхронно привязаны к своим каналам и принимали или передавали в ЭВМ М4–2М соответствующую информацию в двоичном коде. Таким образом, это была одна из первых, если вообще не первая, промышленная сеть обмена информацией между ЭВМ.

Кстати, РЛС СПРН «Днепр» на базе ЭВМ М4–2М были полностью автоматическими, то есть обслуживающий персонал только наблюдал за работой РЛС, и все данные о её работе автоматически пересылались на командный пункт...

Отсюда можно сделать вывод, что ЭВМ М4–2М за свою долгую жизнь достойна «Книги рекордов Гиннеса».

Для заметок

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ИТ

Том 5

Руководитель проекта *М. Султанова*
Арт-директор *Л. Бенцуша*
Дизайнер *М. Грошева*
Компьютерная верстка *Б. Руссо*

Фотоматериалы предоставлены
ИСИ им. А. П. Ершова СО РАН, сайтами:
computer-museum.ru, it-history.ru,
агентствами ТАСС и East-News, АО «Ангстрем»,
музеем Скатинской средней
общеобразовательной школы, а также
взяты из книги С.М. Семенова и Н.П. Семеновой
«Академик Е.П. Велихов как явление»,
Международный объединенный биографический центр.

Подписано в печать 01.11.2017. Формат 84×108/16.
Бумага офсетная № 1. Печать офсетная.
Объем 15 печ. л. Тираж 1500 экз. Заказ №

ООО «Альпина Паблишер»
123060, Москва, а/я 28
Тел. (495) 980-53-54
www.alpina.ru
e-mail: info@alpina.ru

Знак информационной продукции
(Федеральный закон № 436-ФЗ от 29.12.2010 г.)

